



VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN GUATEMALA

ANÁLISIS DE IMPACTO Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN





Vehículos eléctricos en Guatemala

Análisis de impacto y propuesta de implementación

Fernando Anaya

Documento de Trabajo de OLADE – DTO 2018/003



Alfonso Blanco Bonilla
Secretario Ejecutivo

Andrés Schuschny
Director de Estudios, Proyectos e Información

Medardo Cadena
Director de Integración, Acceso y Seguridad Energética

Byron Chilibingua
Gerente del Proyecto OLADE - Canadá

Luis Guerra
Asistente técnico del Proyecto OLADE - Canadá

El presente documento fue realizado por Fernando Anaya, consultor de la OLADE y finalizado en septiembre del 2017. La coordinación ejecutiva y revisión técnica del documento estuvo a cargo del Ing. Luis Esteban Guerra de la OLADE. Las actividades vinculadas a este estudio contaron con el financiamiento de la Cooperación Canadiense en el marco del Proyecto de Cooperación: *Cambio Climático y Energía, Sub-proyecto: Asistencia Técnica para desarrollar las iniciativas de mitigación y adaptación al cambio climático en el sector energético.*

Las opiniones expresadas en el presente documento son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de las organizaciones mencionadas. Se autoriza la utilización de la información contenida en este documento con la condición de que se cite la fuente.

Las imágenes de la portada fueron tomadas de Pixabay.com y son gratuitas para uso comercial, de dominio público y no requieren atribución.

ÍNDICE

Resumen Ejecutivo	5
Capítulo 1: Introducción.....	9
Capítulo 2: El sector transporte en cifras.....	11
Capítulo 3: Caracterización del parque de vehículos particulares	19
Capítulo 4: Comercialización de vehículos particulares.....	31
Capítulo 5: Análisis de precios de comercialización de combustibles.....	37
Capítulo 6: Escenarios de penetración de vehículos eléctricos	43
Capítulo 7: Análisis de impacto de vehículos eléctricos	49
Capítulo 8: Propuesta de implementación.....	59
Capítulo 9: Clientes y comercializadores.....	67
Capítulo 10: Infraestructura de recarga.....	75
Capítulo 11: Red eléctrica	85
Capítulo 12: Conclusiones	89
Bibliografía.....	91



Resumen Ejecutivo

El presente informe analiza el impacto económico y medio ambiental de los vehículos eléctricos en Guatemala y describe las acciones propuestas para impulsar el desarrollo del mercado en el país. El estudio construye una línea base del consumo promedio y de las emisiones de CO₂ por tipo de vehículo particular entre 2007-2016, y propone cuatro escenarios de penetración de vehículos eléctricos para el período 2017-2030. Por otra parte, la propuesta identifica las principales barreras para la adopción de esta tecnología en el país, y sugiere una hoja de ruta para superar los obstáculos identificados y un mapa institucional con la distribución de responsabilidades entre las distintas entidades del Estado.

El sector transporte en cifras

El sector transporte representa el segundo consumidor de energía de Guatemala. Los reportes del 2016 del Ministerio de Energía y Minas, señalan que el consumo del sector alcanzó 63 mil barriles equivalentes de petróleo por día, lo que representa cerca del 27% del consumo total de energía del país. Este consumo aumentó 75% respecto al promedio del período 2005-2008, compuesto principalmente de la importación de diésel y gasolina. Este sector se encuentra entre los de mayor relevancia económica para el país. El transporte aporta anualmente cerca de Q40.000 millones, equivalente al 8% del PIB nacional y ubicándose como la cuarta actividad económica del país, con una tasa de crecimiento interanual de 10%¹.

Al mismo tiempo, el acelerado crecimiento del transporte le situó entre los sectores con mayor cantidad de emisiones de gases contaminantes. De acuerdo al inventario de emisiones del año 2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el sector genera 50% de las emisiones totales anuales de Guatemala, que representan 9 millones de toneladas equivalentes de CO₂ (TCO_{2e}). En los últimos cinco años, se presume que el aumento de las emisiones del parque vehicular es impulsado por el crecimiento de las importaciones de vehículos usados con más de diez años de antigüedad.

Caracterización del parque de vehículos particulares

Los vehículos de pasajeros particulares (incluidas motocicletas) representan 90% del total de vehículos del país. Al cierre de 2015, el parque vehicular de Guatemala superó 2,8 millones de unidades, lo que representa un incremento de 162% respecto a 2005. Los vehículos automotores representan el 54% del parque nacional, y se componen de automóviles de turismo (42%), pick-up (35%) y SUV (22%). Del total de estos vehículos, 98% cuentan con tecnologías que consumen gasolina y diésel. En 2016, los vehículos particulares consumieron el 56% de la energía total del sector transporte, abastecido esencialmente por gasolina superior y regular.

Según la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), la antigüedad promedio del parque de vehículos particulares alcanzó 21 años en 2016, seis años por encima de la edad promedio del parque nacional de vehículos. Dentro de la flota de vehículos particulares, el 81% de los vehículos se fabricaron entre el año 1986 y 2000.

El parque de vehículos se concentra en más del 45% en el departamento de Guatemala, mientras que el resto del parque se distribuye en porcentajes que varían entre 0,7% y 6,8%. La capital del país alcanza un índice de motorización de 316 vehículos por cada mil habitantes (veh/1000hab), casi el doble del promedio nacional. Le siguen los departamentos de Quetzaltenango y Escuintla, con índices de motorización de 183 y 167 veh/1000hab, respectivamente.

¹ Datos del año 2016 del Banco de Guatemala

Comercialización de vehículos particulares

En Guatemala la totalidad de los vehículos particulares provienen de importaciones, de los que más del 81% son usados. En 2016, la cantidad de vehículos importados al país alcanzó 170 mil unidades, lo que representa un aumento del 79% respecto al 2005.

Estados Unidos es el principal proveedor de vehículos de Guatemala, seguido por Japón. Ambos países agrupan cerca del 50% del mercado. No obstante, se identifica una sostenida pérdida de participación del mercado de estos países desde el año 2010 producto de la incorporación de vehículos procedentes de Tailandia, China, India y Corea del Sur.

Los automóviles de turismo y los SUV son los vehículos más económicos dentro de las unidades comercializadas en el país. El precio promedio de importación de un vehículo sedán nuevo es cercano a US\$23.000, mientras que para los SUV alcanza US\$32.000. Estos precios son más bajos que los costos de vehículos nuevos tipo pick-up (US\$36.000) y coupé descapotable (US\$37.000). En vehículos usados, los precios de los automóviles oscilan entre US\$6.000-8.000.

Escenarios de penetración de vehículos eléctricos

Para la estimación cuantitativa del impacto económico y medio ambiental de los vehículos eléctricos en Guatemala, se consideran cuatro escenarios: de referencia, pesimista, promedio y optimista. El escenario de referencia asume que la situación actual del parque nacional vehicular se mantiene inalterada y no involucra vehículos eléctricos hasta el año 2030. El escenario pesimista, definido en base al porcentaje de vehículos eléctricos que puede competir con los precios de adquisición de los vehículos de combustión interna, asume que se desplaza la venta del 20% de los vehículos nuevos de combustión interna por vehículos eléctricos entre 2017 y 2021, 50% entre 2022 y 2026, y 70% en el período 2027-2030. El escenario promedio contempla el desplazamiento de la venta del 30% de los vehículos nuevos de combustión interna por vehículos eléctricos entre 2017 y 2021, 70% entre 2022 y 2026, y 80% en el período 2027-2030. Además, el escenario considera la implementación de un programa de créditos blandos para recambiar vehículos con antigüedad igual o superior a 15 años. El escenario optimista plantea las condiciones de mayor penetración de vehículos eléctricos. Este escenario asume que se desplaza la venta del 80% de los vehículos nuevos de combustión interna por vehículos eléctricos entre 2017 y 2021, y 90% entre 2022 y 2030, contempla créditos blandos para vehículos existentes y la implementación de un programa de recambio vehicular para autos con antigüedad igual o superior a 30 años.

Análisis de impacto de vehículos eléctricos

El crecimiento del parque vehicular basado en la tendencia actual (sin vehículos eléctricos) sugiere un incremento de 150% en la demanda de combustible y en las emisiones vehiculares para el año 2030. En el escenario pesimista, la introducción de vehículos eléctricos muestra una reducción de 5% en el consumo de combustible y del volumen de emisiones de gases contaminantes, 12% en el escenario promedio, y más de 20% en el escenario optimista. Las proyecciones señalan que las reducciones esperadas son limitadas los primeros cinco años de apertura del mercado.

En 2030, la nueva demanda de electricidad para recarga de los vehículos eléctricos se ubica en 750 GWh en el escenario pesimista, 2.080 GWh en el escenario promedio, y más de 3.400 GWh en el escenario optimista. Para satisfacer el consumo eléctrico de los EV, las proyecciones señalan la necesidad de desplazar entre 1.000-2.500 MW de los futuros proyectos de electrificación nacional. Se estima que las emisiones, para atender la nueva demanda de electricidad, puede encontrarse entre 50-300 mil TCO₂.

Propuesta para apoyar el desarrollo del mercado de EV

La introducción de los vehículos eléctricos en Guatemala enfrenta importantes barreras de entrada. Para superar estas barreras, se recomienda implementar el mapa institucional y seguir la hoja de ruta planteada en base a tres líneas directrices: (i) Determinar/actualizar el valor agregado producto de introducir los EV y su infraestructura; (ii) Establecer políticas, regulaciones y negociaciones para el mercado de EV y la gestión energética y (iii) Gestionar y apoyar el uso de EV y la ampliación de su infraestructura de recarga y de servicios. La primera directriz consiste en la valoración del mercado e identificación de los obstáculos para la apertura del mercado y necesidades de los usuarios potenciales de los vehículos. La segunda directriz, considera elaborar un marco regulatorio y normativo para la instalación, funcionamiento y monitoreo de la infraestructura de recarga de baterías. Por último, la tercera directriz busca promover la adopción generalizada de los vehículos eléctricos, así como ampliar la infraestructura de recarga disponible.

Clientes y comercializadores

La falta de información sobre los aspectos técnicos y económicos de los EV obstaculiza la decisión de compra. Para superar esta barrera se recomienda desarrollar campañas publicitarias o proyectos demostrativos para facilitar la familiarización y aceptación de la tecnología. Además, se considera relevante generar información sobre la caracterización de los posibles propietarios y sus hábitos de conducción. Esta información serviría de insumo para el diseño de incentivos y elaboración de políticas y regulaciones del nuevo mercado.

El gobierno tiene la opción de articular los intereses de los distintos agentes del nuevo mercado. Específicamente, se observa la oportunidad para alinear los intereses de los comercializadores de vehículos nuevos y usados con el objetivo estratégico de introducir los EV como medida de reducción del consumo de combustible y de emisiones de CO₂.

Infraestructura de recarga

De acuerdo a la experiencia internacional, la mayor demanda de infraestructura de recarga se concentra en hogares y sitios de trabajo. En Europa, por ejemplo, se observa que los incentivos para la instalación de estaciones de recarga en sitios públicos y a fijación de tarifas preferenciales estimuló el desarrollo de los mercados de EV.

En general, existen tres opciones para efectuar la recarga de los EV: carga AC nivel 1 de 120V; carga AC nivel 2 de 240V; y carga rápida DC de 480V o superior. Para el caso de viviendas unifamiliares, la carga AC nivel 1 sería suficiente para los vehículos que recorren distancias menores a 50 millas. Esta opción no requiere de infraestructura adicional, sin embargo, el tiempo para la recarga de una batería promedio supera las 15 horas. La opción de carga AC nivel 2 probablemente se encuentra en la mayoría de las residencias unifamiliares de Guatemala y brindaría la opción de completar la recarga de los vehículos en cerca de 4 horas. Se presume que esta opción de recarga es la más viable durante los primeros años del mercado. Los cargadores DC de 480V o superior representan la alternativa más óptima por su velocidad de carga. Esta forma de recarga podría suministrar el 80% de la energía de las baterías en menos de 30 minutos.

Tanto el marco regulatorio como la fijación de tarifas son esenciales para el desarrollo del mercado. Para fomentar la inversión en infraestructura de recarga, se requiere estandarizar la interfaz de recarga, y celebrar acuerdos con las distribuidoras para definir tarifas de electricidad dirigidas a EV. Para las zonas residenciales donde los usuarios no cuentan con estacionamiento propio, se recomienda disponer estacionamientos públicos exclusivos para EV y diseñar incentivos para la instalación de infraestructura de recarga rápida en sitios de trabajo.

Red eléctrica

La adopción de EV en Guatemala no trae riesgos para la distribución, transmisión y generación de la red eléctrica del país. Por el contrario, su masificación permitiría desplazar el consumo de combustibles líquidos importados hacia el consumo de electricidad de producción nacional. Además, se identifica como una oportunidad de negocio para las generadoras dispuestas a aprovechar su capacidad instalada disponible en horario valle.

La experiencia internacional puede utilizarse de referencia en la definición de un reglamento técnico que rija la instalación, funcionamiento y monitoreo de las estaciones de recarga. La elaboración de un marco regulatorio permitirá establecer reglas claras para el nuevo mercado de los EV; y facilitará la coordinación entre los distintos agentes y la planificación de la demanda de potencia y electricidad proyectada.



Capítulo 1

Introducción

El parque vehicular de Guatemala creció de manera significativa en la última década. Este crecimiento representa un aumento de la dependencia de combustibles líquidos y de las emisiones de gases contaminantes. La introducción de vehículos eléctricos en el parque vehicular de Guatemala se evalúa como medida para reducir la dependencia energética, mitigar el volumen de emisiones de CO₂ y planificar el crecimiento de la demanda de electricidad. No obstante, el nuevo mercado requiere superar barreras de apertura y establecer un arreglo institucional a cargo de su regulación y monitoreo.

El presente informe tiene por propósito analizar el impacto económico y medio ambiental de los vehículos eléctricos en Guatemala y proponer las acciones para impulsar el desarrollo del mercado de los EV en el país.

El documento se organiza en doce secciones principales. La primera sección es introductoria. La sección 2 sintetiza la participación del sector transporte en el contexto energético, económico y ambiental de Guatemala. La sección 3 caracteriza el parque de vehículos particulares del país en los últimos diez años y contiene la línea base del consumo promedio de energía y emisiones de CO₂ por tipo de vehículo. La sección 4 se enfoca en la comercialización nacional de vehículos importados. La sección 5 analiza las tendencias de los precios de combustibles líquidos. La sección 6 describe los escenarios de penetración de vehículos eléctricos al año 2030. La sección 7 presenta la estimación de los impactos por escenario de penetración. La sección 8 resume la propuesta general para desarrollar el mercado de EV e incluye una hoja de ruta y mapa de distribución de responsabilidades entre las instituciones del Estado. La sección 9 describe las barreras para la adopción de EV. La sección 10 identifica las alternativas de recarga y la infraestructura requerida. La sección 11 describe la interacción entre los EV y la red eléctrica y aspectos relevantes para la elaboración de un marco regulatorio. Por último, la sección 12 aborda las conclusiones derivadas del análisis y propuesta.

Capítulo 2

El sector transporte en cifras

Las proyecciones de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2009), sugieren que el uso de combustibles líquidos en el mundo aumentará 80% entre los años 2005 y 2050 en un escenario base y más del doble en un escenario desfavorable. Dentro del consumo total, el transporte seguirá representado el 27% del total por estar ampliamente dominado por vehículos en base a combustibles fósiles. Además, la IEA señala que 47% del combustible total consumido por el sector transporte en el año 2006 correspondió a vehículos livianos, y proyecta que este consumo se duplicará para el año 2050.

El presente apartado describe el sector energía en Guatemala, haciendo énfasis en la participación del sector transporte como consumidor de combustibles derivados del petróleo. Igualmente, el capítulo analiza algunos indicadores económicos y medio ambientales de este sector.

2.1 Contexto energético: Participación del sector transporte

En 2016, el Consumo Total de Energía (CTE) de Guatemala alcanzó 236 mil barriles equivalentes de petróleo por día (mbepd), 69% por encima del promedio 2005-2008. Este consumo se orientó principalmente hacia el sector residencial con 140 mbepd, es decir 59,3% del total, manteniendo un alto uso de biomasa, esencialmente leña (90,9%), como energético principal. El uso restante del sector se compuso de productos derivados de petróleo (4,9%) y electricidad (4,2%).

El segundo consumidor fue el sector transporte con 63 mbepd, lo que representa 26,7% del CTE. Su consumo aumentó 75,4% sobre su promedio en el período 2005-2008, abastecido únicamente por combustibles líquidos.

En tercer lugar, se ubicó el sector industrial con 19 mbepd y 8,1% del total. Su consumo se diversificó en dos fuentes: derivados de petróleo (66,5%) y electricidad (33,5%). Por último, las actividades comerciales y de servicios, así como pérdidas y autoconsumo representaron 5,9% dentro del CTE. Para el sector comercial y de servicios -3,8% del total, su uso se compuso de electricidad (52,1%), leña (44%) y combustibles líquidos (3,9%); mientras que los otros sectores consumieron electricidad (62,9%) y derivados de petróleo (37,1%).

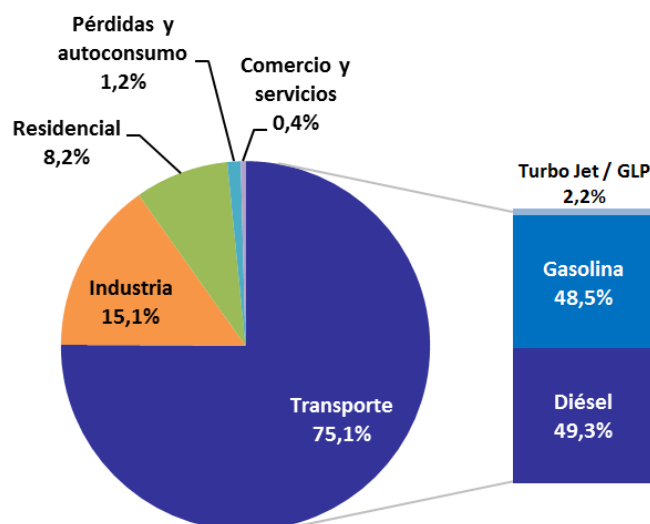
Según datos del Ministerio de Energía y Minas (MEM), el consumo final de productos derivados de petróleo alcanzó 84 mbepd para 2016, de los que 75% son atribuidos al sector transporte. El restante 25% se distribuye entre el sector industrial (15%), residencial (8%), y comercio-autoconsumo (2%).

El consumo del sector transporte se abasteció esencialmente de diésel y gasolina, cada uno con 31,1 mbepd y 30,6 mbepd, respectivamente. En conjunto, estos combustibles suministraron 97,8% de la energía total consumida por el sector. El resto fue proporcionado por kerosene - turbo jet (1,3 mbepd) y gas licuado de petróleo (0,1 mbepd). El gráfico siguiente resume la participación de los sectores dentro del consumo de combustibles derivados del petróleo.

Gráfico 2.1

Consumo de combustibles por sector 2016

Consumo final de derivados de petróleo en 2016: 84 mbepd



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Balance Energético 2016, MEM

2.1.1. Evolución del sector transporte

En los años 70, el consumo del sector transporte representaba 11% del CTE. El crecimiento del sector mostraba una baja tasa de crecimiento producto del alto porcentaje de población rural y escasa producción de combustibles. En esta misma década Guatemala sólo contaba con la refinería de Escuintla para procesar el petróleo crudo importado que abastecía 30% del CTE -el 70% restante era abastecido por leña. La refinería suministraba 12 mbepd, lo que representa el 86% de los combustibles líquidos consumidos en el país.

Para el período 1984-1987, el consumo del sector transporte creció 50% respecto al período anterior, alcanzando 9 mbepd. Se presume que este crecimiento fue resultado del descubrimiento del campo petrolero Xan. Por otra parte, la nueva Ley de Hidrocarburos de 1983 incentivó la exploración de nuevos yacimientos petroleros y orientó las importaciones hacia los combustibles líquidos. Al final del período, el sector transporte se convirtió en el segundo mayor consumidor de energía del país.

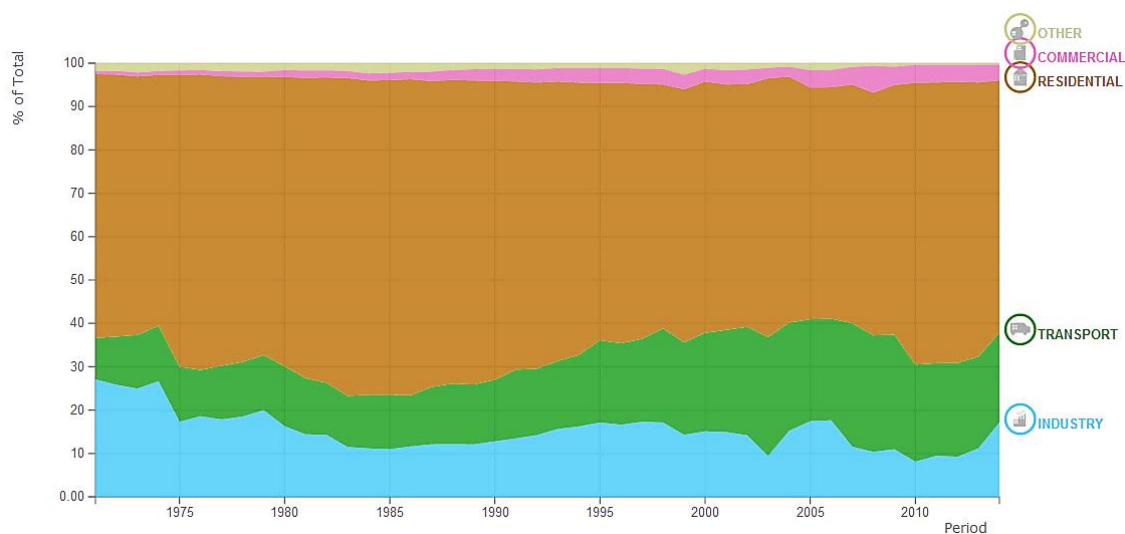
Entre 1999-2002 el país inició una rápida motorización. Las importaciones de vehículos superaban 40.000 unidades por año y mantenían una tasa de crecimiento interanual de 30%. Para este período el consumo de energía del transporte creció 230% -casi el doble del crecimiento experimentado por las industrias (126%)-, ampliando el uso energético del sector a 29 mbepd y representando el 23% del CTE. Ante la limitada capacidad de las refinadoras nacionales para hacer frente a la creciente demanda del parque vehicular, el país aumentó 326% las importaciones de combustibles líquidos entre 1987 y 1999, contabilizando 43 mbepd.

Entre 2005 y 2008, la motorización del país continuó su crecimiento pasando de 780 mil a 1,4 millones de unidades. El sector transporte registró un consumo de 36 mbepd y 26% del CTE, 24% por encima del período anterior. Las importaciones de combustibles derivados del petróleo también crecieron en 60%, totalizando 69 mbepd y abasteciendo cerca del 41% del CTE.

Desde entonces, el sector transporte ha mantenido una participación cercana al 25% del CTE. El gráfico a continuación presenta la tendencia observada en el consumo histórico de energía del sector transporte.

Gráfico 2.2

Participación de sectores sobre el consumo final de energía 1970-2015



Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo 2016

2.2. Indicadores relevantes del sector transporte

2.2.1. Participación en el PIB

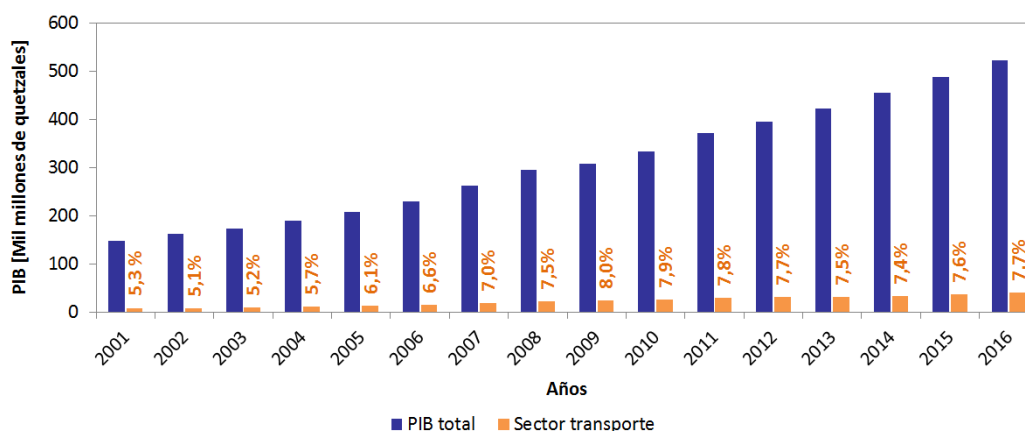
Según el Banco de Guatemala (BANGUAT), en 2016 el Producto Interno Bruto (PIB) del país alcanzó Q520 mil millones, equivalente a US\$71,9 mil millones. Dentro de PIB, el sector transporte aportó 7,7% del total (Q40,2 mil millones), y fue la cuarta actividad económica de mayor aporte después del sector comercial (22,7%) y la industria (18,3%).

La participación relativa del transporte en el PIB muestra un crecimiento sostenido. En 2006, el sector transporte contribuyó con Q15,2 mil millones, equivalente a 6,6% del PIB total, y se ubicó como la sexta actividad económica del país. En el período 2006-2008, el sector experimentó un rápido crecimiento con una tasa promedio de 21%, superando a las actividades empresariales y de carácter inmobiliario. Al final de este período, su contribución al PIB alcanzó Q24,6 mil millones, es decir 8% del total. En 2008, a pesar de la subida de los precios internacionales del petróleo, el sector tuvo un crecimiento del 11% que permaneció relativamente constante hasta el año 2012. En el período 2012-2014 la tasa de crecimiento se redujo al 5% como consecuencia de la recesión económica en Latinoamérica y la menor comercialización de vehículos en la región. Para 2014, el sector aportó Q33,7 mil millones y 7,4% del PIB. A partir de entonces se observa una tasa interanual del 10% -que mantiene hasta la fecha.

El gráfico siguiente muestra la participación del sector transporte dentro del PIB total en el período 2001-2016.

Gráfico 2.3

Participación del sector transporte en el PIB 2001-2016



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco de Guatemala

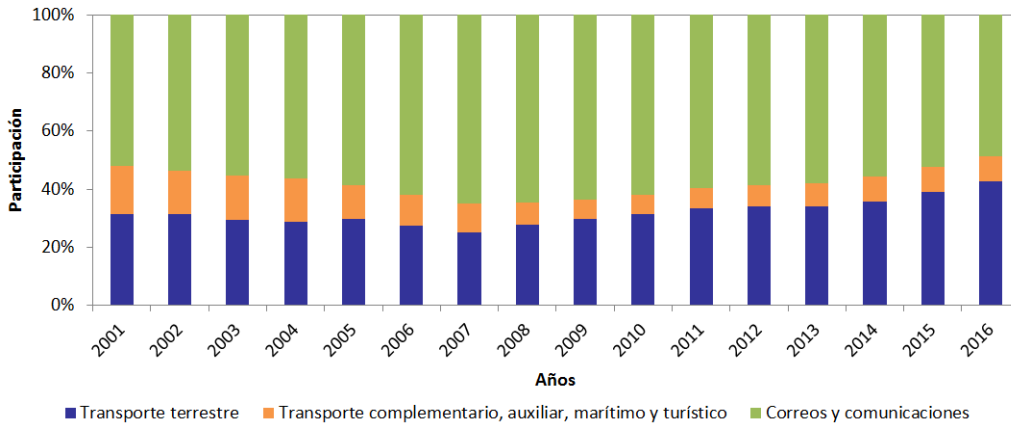
El aumento de la participación del transporte lo impulsan principalmente el sector servicios y comercio. En el primer caso, los servicios de mantenimiento y reparación de vehículos crecieron 6% en 2016 en respuesta la mayor importación de vehículos usados dentro del parque vehicular. En ese mismo año, las importaciones de automotores, autopartes, combustibles y lubricantes crecieron 1,5% respecto a 2015.

Al desagregar el aporte del sector transporte en el PIB, se identifica que para el 2016 el transporte terrestre aportó 42,6% del total del sector; detrás de servicios de correos y comunicaciones, que representaron cerca del 48,6%. El porcentaje restante (8,8%) correspondió al transporte de carga y comercial de vía marítima.

El transporte terrestre mostró el mayor crecimiento en los últimos 10 años. En 2007 contribuyó con Q4,6 mil millones, es decir 25% del total del sector, y el restante 75% provino de actividades de servicios de correo y comunicaciones (65%) y el transporte de carga (10%). Para 2008, la tasa de crecimiento del transporte terrestre fue 35,4%, contribuyendo con 28% del aporte del sector al PIB. Entre 2009-2014, esta actividad creció en promedio 12%, alcanzado Q12 mil millones al final del período. En 2015-2016, el transporte terrestre creció 19% impulsado por la mayor comercialización de vehículos usados, alcanzando la participación actual de 40% dentro del sector transporte. El gráfico siguiente reseña la contribución de las actividades de transporte dentro del PIB aportado por el sector entre 2001-2016.

Gráfico 2.4

Participación de actividades económicas dentro del PIB aportado por el sector transporte 2001-2016



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco de Guatemala

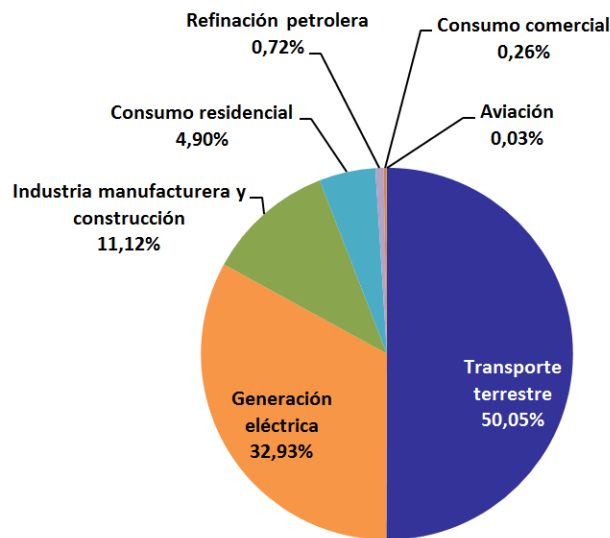
2.2.2. Participación en el inventario de emisiones

De acuerdo al inventario de emisiones de 2016, el país agrupa un volumen anual de gases contaminantes que supera 18 millones de toneladas equivalentes de CO2 (TCO2e). De este total, el sector transporte es responsable de más de la mitad de las emisiones totales, aportando 9,2 millones TCO2e. El gráfico a continuación muestra la participación de los sectores en el inventario nacional de emisiones.

Gráfico 2.5

Participación de sectores en las emisiones de CO2 2016

Emisiones totales de GEI en 2016: 18,4 millones de TCO₂e



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Energía y Minas (MEM)

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) señala que las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) crecieron 20,2% entre 1994 y 2005, contabilizando 31,4 millones de TCO₂e al final de este período. De estas emisiones 66,2% fueron CO₂, 17,4% CH₄ y 16,5% N₂O. Según la MARN, las emisiones de CO₂ fueron originadas principalmente por la quema de combustibles líquidos (52,9%). El resto de las emisiones de CO₂ se asoció al cambio de uso de los bosques y praderas (39,7%) y al desarrollo industrial (7,4%).

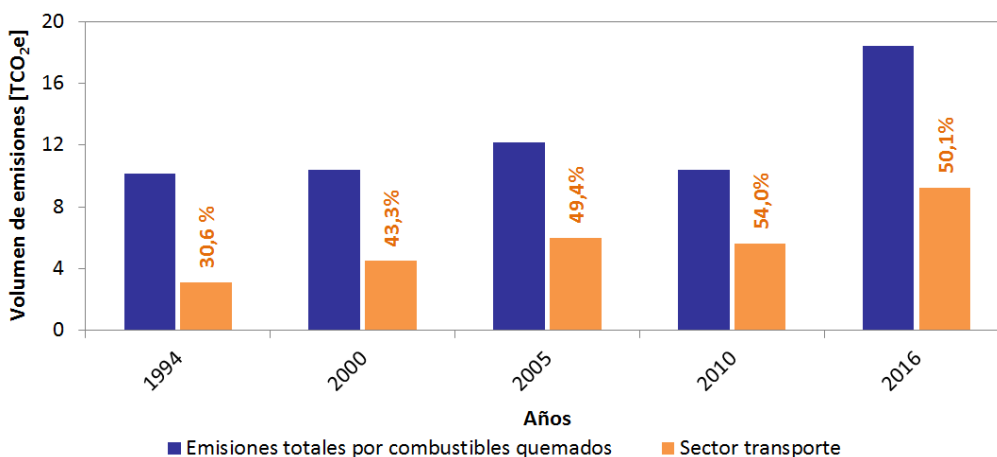
Para 1994, el sector transporte era el segundo mayor emisor de CO₂, con 3,1 millones de TCO₂e. Su participación relativa fue 30,6%, detrás de la actividad industrial que contribuyó con 44,5% del total de las emisiones. Sin embargo, para el año 2000, el aumento de la motorización individual incrementó las emisiones de CO₂ en 7,4%, identificando al transporte como el mayor emisor de gases contaminantes, con 4,5 millones de TCO₂e (43,3% del total de las emisiones).

Entre 2000-2005, las emisiones del sector transporte representaron 49,4% del volumen total de GEI. Cinco años más tarde, el año 2010, estas emisiones se redujeron a 5,6 millones de TCO₂e, aunque la participación del sector transporte creció a 54% sobre las emisiones totales (MARN, 2015).

Desde entonces el sector transporte agrupa la mitad de las emisiones por quema de combustibles del país. Como se comentó, el acelerado crecimiento de las emisiones en los últimos cinco años coincide con la mayor introducción de vehículos usados en el parque vehicular del país (MARN, 2015). El gráfico siguiente muestra la participación del sector transporte en la emisión de gases contaminantes.

Gráfico 2.6

Participación del sector transporte en las emisiones de CO₂ 1994-2016

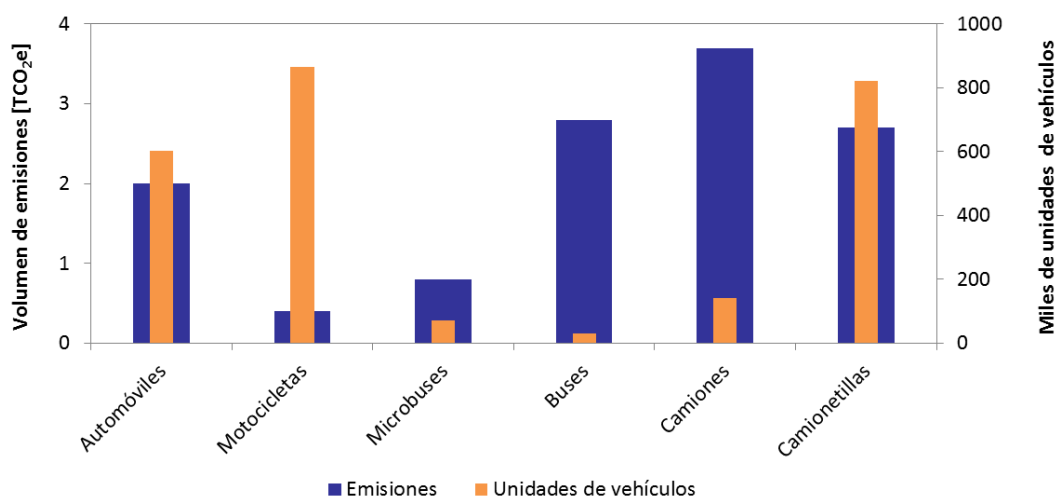


Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Según el MARN, el año 2013 los automóviles aportaron 23,8% de las emisiones del sector. Este modo de transporte representó el cuarto mayor emisor de gases contaminantes generando alrededor de 2 millones de TCO₂e. Los camiones, buses y microbuses contribuyeron con 29,8% y 22,6% respectivamente. La mayor parte de las emisiones de estas categorías se atribuyen a la alta concentración de unidades con más de 20 años de antigüedad. El gráfico a continuación señala la participación del parque vehicular por tipo de vehículo en la emisión de gases contaminantes para el año 2013.

Gráfico 2.7

Participación del parque vehicular por tipo de vehículo en la emisión de gases contaminantes 2013



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección de Cambio Climático del MARN

Entre el año 2013 y 2015 la introducción de automóviles usados al país impulsó el crecimiento de intensidad de las emisiones del parque vehicular. Proyecciones de la Dirección de Cambio Climático de la MARN indican que los vehículos de tamaño mediano y pequeño son responsables del 20% de las emisiones totales del sector transporte bajo un escenario conservador.

Capítulo 3

Caracterización del parque de vehículos particulares

Este capítulo describe las características de la motorización del parque vehicular de Latinoamérica, identificando elementos comunes con Guatemala. Además, describe el parque de vehículos particulares del país en los últimos diez años.

3.1. Generalidades del transporte vehicular en América Latina

En 2014, los vehículos a motor participaron en el 85% de las actividades del sector transporte de Latinoamérica (CAF, 2016). Para este año, el parque vehicular de la región alcanzó 87,1 millones de unidades, lo que representa un aumento de 94,8% respecto a 2005. De este total, los vehículos particulares de pasajeros representaron 72,6% del sector, equivalente a 63,2 millones de unidades (OICA, 2016).

Entre 2003-2012, más de la mitad del parque vehicular de la región se compuso por automóviles (56,9%). En este período el parque aumentó en 22 millones de unidades, y su uso creció de 26% a 32% sobre la participación modal de la región. La motorización regional fue impulsada principalmente por una mayor inclusión de motocicletas dentro del parque vehicular. Las motocicletas en particular muestran una tasa de crecimiento de 212% entre el 2003 y 2012, pasando de 6 a 18,8 millones de unidades.

Con el mayor número de vehículos circulantes en 2015, la motorización promedio de Latinoamérica alcanzó 176 vehículos por cada mil habitantes (veh/1000hab); 59% por encima de 2005 (OICA, 2016). En casi toda la región los índices de motorización se duplicaron -y hasta triplicaron- en las últimas dos décadas. Este es el caso de Guatemala que pasó de un índice de motorización promedio de 50 veh/1000hab en 1990 a más de 139 veh/1000hab para finales de 2010.

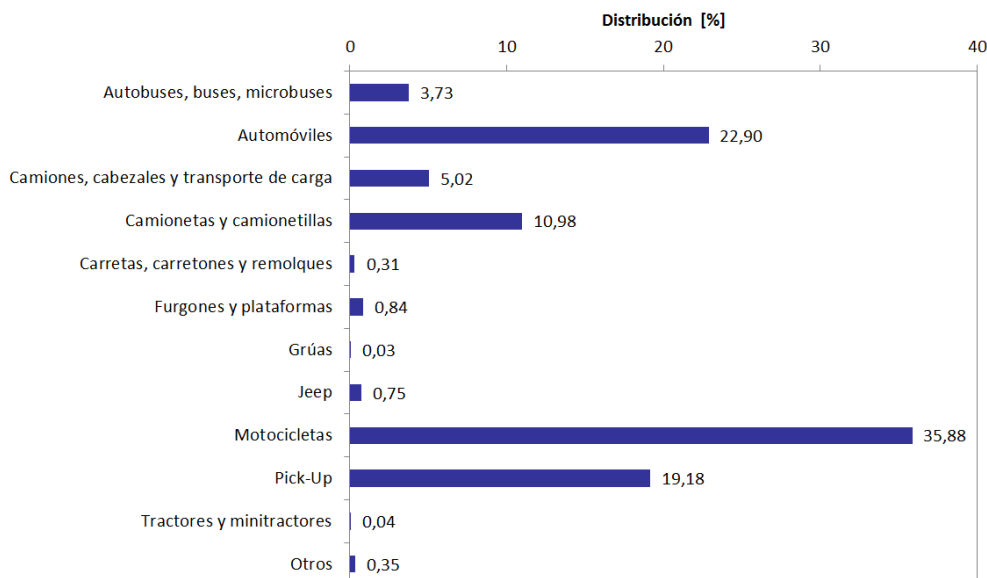
3.2. Parque vehicular de Guatemala

De acuerdo al sistema de registro fiscal del país, el parque vehicular de Guatemala alcanzó 2,83 millones de vehículos al cierre de 2015 (SAT, 2016). Esto representa un incremento de 162,1% respecto a 2005. Del total de vehículos circulantes, 89,7% correspondió a vehículos de pasajeros particulares. El gráfico siguiente muestra la distribución del parque vehicular por tipo de vehículo.

Gráfico 3.1

Distribución del parque vehicular por tipo de vehículo 2015

Parque vehicular en 2015: 2,83 millones de unidades



Fuente: Elaboración propia en base a datos del sistema de registro fiscal de vehículos de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT)

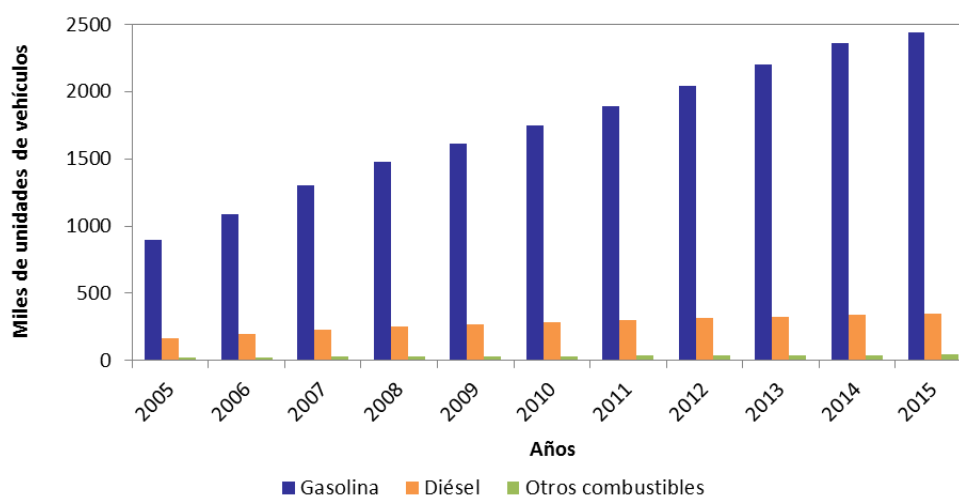
Dentro del parque vehicular nacional, las motocicletas dominaron el sector con una participación de 35,9%, equivalente a más de 1 millón de unidades. Éstas crecieron 505,8% entre 2005-2015; mientras que los vehículos particulares de pasajeros representaron 54,2% del parque vehicular para este último año, totalizando 1,5 millones de unidades. Los vehículos particulares se compusieron principalmente por automóviles de turismo, pick-up y camionetas jeep, con participaciones del 22,9%, 19,2% y 11,7%, respectivamente. En la última década se observa que el número de unidades que agrupan estos vehículos creció 101,4%.

Por su parte, los vehículos comerciales que totalizaron cerca del 10% del parque vehicular, crecieron 44,2% entre 2005 y 2015. Las unidades de transporte de carga (como camiones, remolques, furgones y grúas) alcanzaron una cantidad de 175.553 unidades, equivalente al 6,2% del sector; mientras que los vehículos de transporte colectivo (autobuses, buses y microbuses) contabilizaron 105.489 unidades, representando 3,7% del total.

Del total de vehículos del parque nacional de 2015, 86,3% funcionaron con tecnologías que consumen gasolina, lo que representa un incremento de 3,3% respecto a 2005. En el caso de los vehículos a diésel, éstos constituyeron 12,2% del parque y muestran una reducción del 3,2% de su participación relativa en los últimos diez años. El gráfico a continuación presenta la tendencia observada en el crecimiento del parque vehicular por tipo de combustible consumido.

Gráfico 3.2

Crecimiento del parque vehicular según combustibles consumidos 2005-2015



Fuente: Elaboración propia en base a datos del sistema de registro fiscal de vehículos de la SAT

Para la construcción de la planilla con la línea base de los vehículos particulares en Guatemala, se definieron las siguientes categorías:

- Automóviles de turismo o tipo sedán.
- Coches deportivos y de lujo: coupé y descapotables.
- Vehículos deportivos utilitarios o todoterreno (SUV): jeep, camionetas y camionetillas.
- Automóviles tipo pick-up para turismo.

Las motocicletas y ciclomotores no se incluyen en el análisis. De igual manera, los vehículos destinados al transporte colectivo, de carga y otros fines no son considerados para efectos de este estudio.

3.2.1. Evolución del parque de vehículos particulares

El parque de vehículos particulares de Guatemala alcanzó 1,53 millones de unidades en 2015. De este total, los automóviles tipo sedán representaron 42,3% del total. El porcentaje restante se distribuyó en pick-up (35,4%), SUV (21,7%), y autos deportivos y de lujo (0,6%).

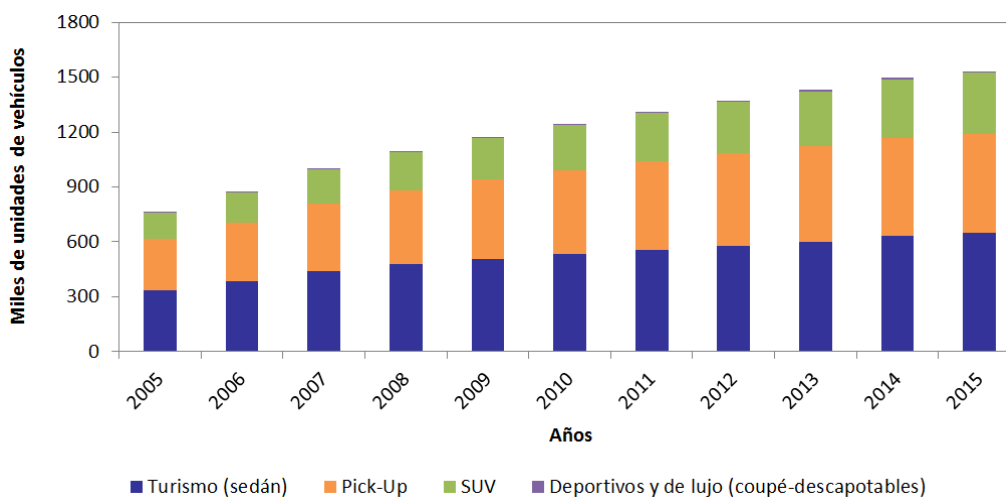
Los sedanes experimentaron un crecimiento de 94% en los últimos diez años, pasando de 334.429 a 648.132 unidades. Su participación dentro del sector se mantuvo por encima del 43% hasta 2008, cuando superó las 475 mil unidades. Desde entonces su tasa de crecimiento anual pasó de 14,5% a un promedio de 5,4% entre 2008-2014. En 2015, esta tasa de crecimiento se redujo nuevamente hasta 2,5%, lo que representó la incorporación de 15.707 unidades al parque de vehículos particulares.

Los vehículos pick-up, por su parte, crecieron 91% entre 2005-2015. Esta flota pasó de 283.793 a 542.910 unidades. No obstante, en la última década se observa una constante reducción de la participación relativa de estos vehículos dentro del sector; con un decrecimiento es su tasa interanual de 1%, pasando de 9,6% en 2008 a 1,4% en 2015.

Los SUV fueron el segundo segmento de mayor crecimiento, en número y participación relativa del parque de vehículos particulares. Éstos crecieron 134% en el período 2005-2015, mientras que su representación en el parque nacional pasó de 18,6% en 2005 a 21,7% en 2015. El gráfico siguiente muestra el crecimiento del parque de vehículos entre 2005-2015.

Gráfico 3.3

Evolución del parque de vehículos particulares 2005-2015



Fuente: Elaboración propia en base a datos del sistema de registro fiscal de vehículos de la SAT

3.2.2. Antigüedad del parque de vehículos

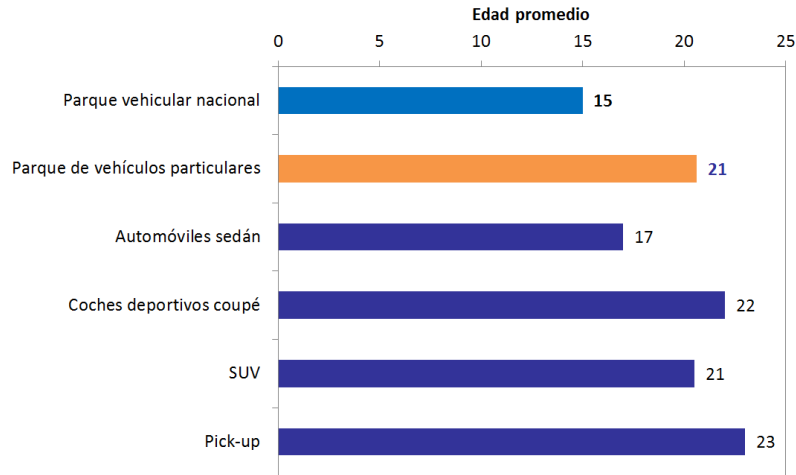
Según la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), la edad promedio del parque de vehículos particulares alcanzó 21 años en 2016, seis años por encima del promedio nacional. Del total de vehículos particulares, cerca de 81,4% (1,25 millones de unidades) fueron fabricados entre 1986 y 2000.

Los automóviles de turismo fueron el segmento más moderno del sector, con una antigüedad promedio de 17 años – dos años superior al promedio nacional de 15 años. Durante el período 2005-2008, estos vehículos experimentaron una renovación impulsada por la creciente motorización del país. Sin embargo, la recesión económica del 2008, junto con la preferencia de los usuarios hacia los vehículos usados y la mayor inclusión de motocicletas, desaceleraron su modernización.

Por otra parte, las flotas de coches coupé, SUV y pick-up tienen una baja tasa de modernización en la última década. En 2016, la edad promedio de estos vehículos superaba los 20 años. El gráfico a continuación muestra la antigüedad promedio de los vehículos particulares.

Gráfico 3.4

Edad promedio del parque de vehículos particulares 2016



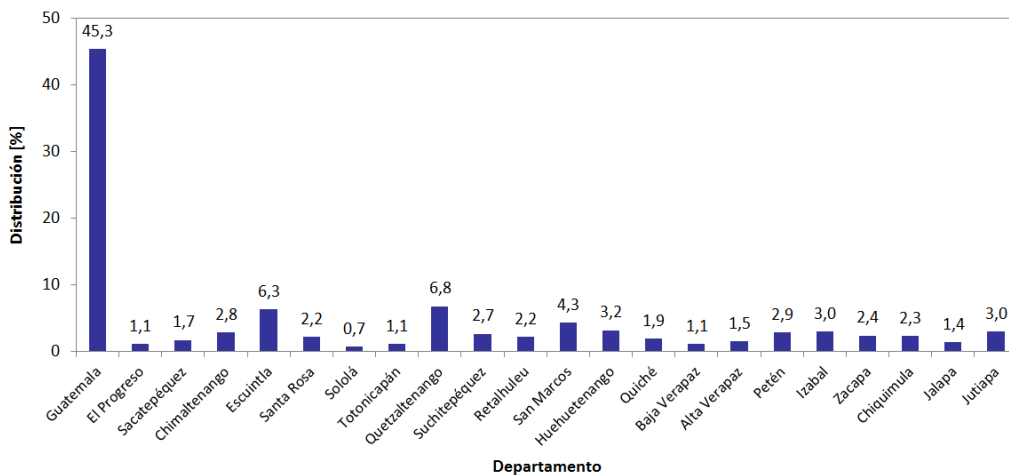
Fuente: Elaboración propia en base a datos del sistema de registro fiscal de vehículos de la SAT

3.2.3. Distribución del parque vehicular

Al cierre de 2015, los vehículos particulares se concentraron en más del 40% (cerca de 695 mil unidades) en la Ciudad de Guatemala. Esto representa un índice de motorización de 316 veh/1000hab, casi el doble del promedio nacional de 150 veh/1000hab para ese mismo año. El resto del parque se distribuyó desigualmente, concentrándose en los departamentos de Quetzaltenango y Escuintla, que tienen índices de motorización de 183 y 167 veh/1000hab, respectivamente. El gráfico siguiente presenta la distribución del parque vehicular por departamento para 2015.

Gráfico 3.5

Distribución del parque de vehículos 2015



Fuente: Elaboración propia en base a datos del sistema de registro fiscal de vehículos de la SAT

3.2.4. Consumo de combustibles del parque de vehículos

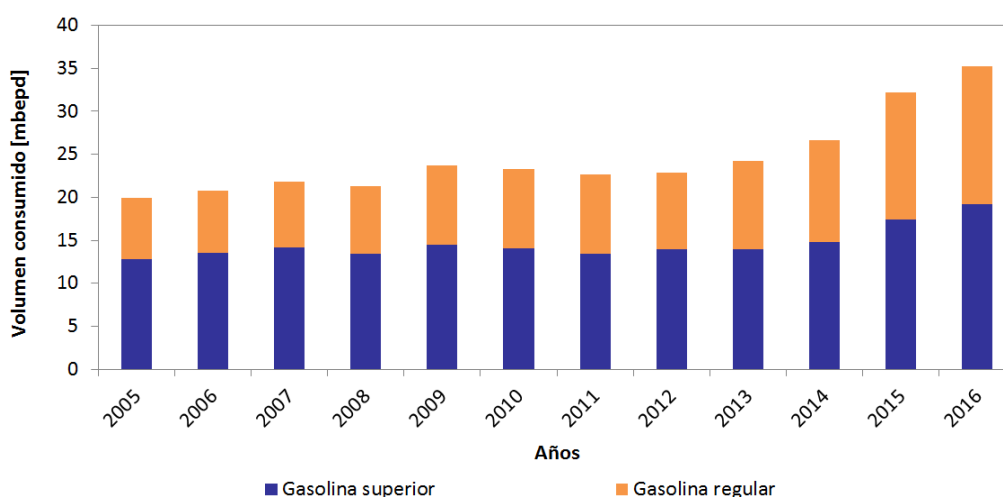
En 2016 el parque de vehículos particulares consumió el 55,9% de la energía total destinada al sector transporte de Guatemala. El consumo del sector aumentó 76,8% entre 2005-2016, abastecido esencialmente de gasolina superior y gasolina regular.

La gasolina superior abasteció 54,4% del parque de vehículos particulares, y su consumo se incrementó 49,7% en los últimos diez años. Sin embargo, en el período 2008-2012, el sector redujo su consumo en 5,3%, pasando de consumir 14,2 mbepd en 2007 a menos de 13,5 mbepd al inicio de 2012. Esto representó una caída de 10% en la participación de la gasolina superior dentro de los combustibles consumidos por el sector.

Por su parte, el consumo de la gasolina regular aumentó 125,5% entre el 2005 y 2016, manteniendo una tasa de crecimiento interanual mayor del 5%. Sólo en el año 2011 y 2012, su consumo se mantuvo estable posiblemente por el incremento de los precios internacionales del petróleo. La participación de la gasolina regular dentro del sector, absorbió la reducción de la gasolina superior, pasando de 35,7% (7,1 mbepd) en 2005 a más de 45,9% (14,8 mbepd) al cierre del año 2015. El gráfico a continuación muestra la evolución del consumo de combustibles por el parque de vehículos particulares.

Gráfico 3.6

Consumo de combustibles del parque de vehículos particulares 2005-2016



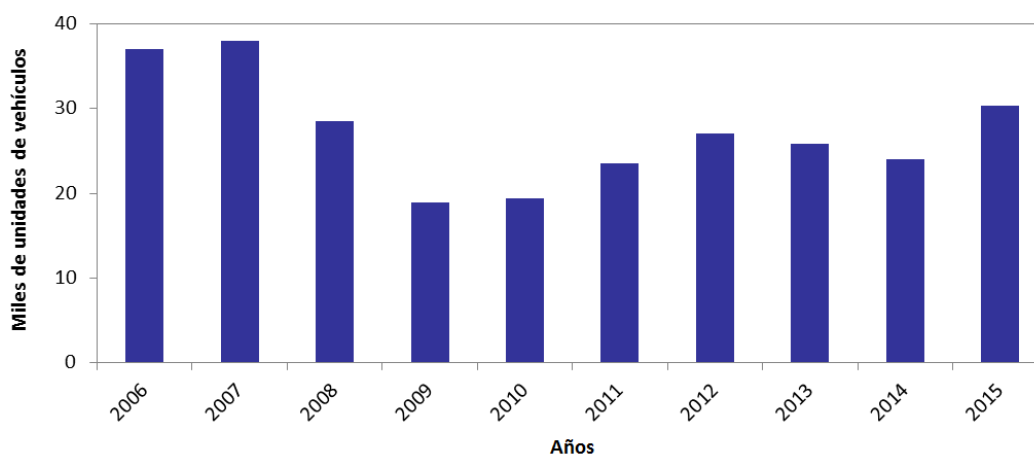
Fuente: Elaboración propia en base a datos del MEM

3.3. Estadísticas y tendencias del parque vehicular particular

Según la Asociación de Importadores y Distribuidores de Vehículos Automotores (AIDVA), durante 2015 el mercado de Guatemala registró la venta de 30.529 unidades, lo que representa un incremento mayor al 25% respecto a 2011. El gráfico siguiente muestra la evolución de las ventas de vehículos particulares.

Gráfico 3.7

Evolución de las ventas de vehículos particulares 2006-2015



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la FEDICAR

Desde 2011, las ventas de SUV desplazaron por primera vez los segmentos de pick-up y sedanes que contaban con la preferencia de los compradores guatemaltecos. De las unidades comercializadas, las SUV fueron las más vendidas con 6.015 unidades, representando 25,6% de las ventas; seguidas de las pick-up con 5.751 unidades (24,4%) y los automóviles tipo sedán con 4.315 unidades (18,3%). Esta tendencia se mantiene en el mercado los últimos 5 años. De acuerdo a la AIDVA, las preferencias hacia las SUV son el resultado de la promoción de vehículos coreanos y japoneses, las condiciones de las carreteras y la mayor inversión de los consumidores hacia vehículos de seis pasajeros. No obstante, se presume que los precios de combustibles también pondrían influir en la decisión de compra de SUV.

3.3.1. Construcción de línea base del parque de vehículos particulares

La línea base del parque vehicular de Guatemala se compone por las marcas de vehículos particulares nuevos y usados que fueron comercializados en el país entre el año 2007 y 2016. La línea base de este sector se construyó a partir de los indicadores de intensidad de uso², consumo promedio de combustible y factor de emisión de CO₂ de las categorías sedán, coupé y descapotables, SUV y pick-up para turismo. Estos indicadores fueron calculados como promedio de las especificaciones de fabricantes de los cinco modelos más representativos de cada categoría de vehículo. Adicionalmente, se estimó el inventario de emisiones vehiculares de CO₂ usando las directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2006), basado en el

² En Guatemala no existen estadísticas oficiales de la intensidad de uso, consumo de combustible y emisiones por tipo de vehículo a nivel nacional, ni departamental o local. No obstante estos datos fueron estimados integrando los registros fiscales de vehículos, especificaciones de fabricantes y tendencias históricas de intensidad de uso de otras ciudades de la región de condiciones similares.

combustible consumido Nivel 1 (factores de emisión de CO₂ por defecto)³. La base de datos completa se entrega en un archivo en formato Excel.

La elección del método Nivel 1 del IPCC, se basó en la información oficial y disponible de la cantidad de combustible destinado al parque nacional de vehículos según los reportes anuales del MEM. Esta metodología calcula las emisiones de CO₂ del transporte terrestre multiplicando el combustible estimado que se vende con un factor de emisión de CO₂ por defecto⁴. El cálculo está desagregado por tipo de combustible y/o categoría vehicular para estimar las emisiones de cada modo de transporte, y que luego son sumadas para obtener las emisiones totales del parque vehicular. La selección de los factores de emisión de CO₂ se basa en el contenido de carbono del combustible. En la construcción de la línea base, se asume que el factor de emisión de CO₂ es constante e igual a 69.300 kg/TJ (correspondiente al factor de emisión de la gasolina para motores, IPCC, 2006). Sólo se considera este factor de emisión, ya que más del 98% del parque de vehículos particulares se abastece de gasolina⁵.

Como metodología alternativa se calcularon las emisiones en base a los datos de los fabricantes. En primer lugar, se utilizaron los datos de la SAT (2016) para seleccionar los modelos de vehículos con una representación de al menos 5% dentro de su categoría. En los casos donde los grupos de vehículos estaban altamente desagregados y no alcanzaban 5% de representación, se seleccionó aquellos modelos con mayor participación dentro de su segmento. Estas marcas de automóviles fueron verificadas por las ventas reportadas por la AIDVA. Seguidamente, se obtuvieron los datos de eficiencia y factores de emisión de los vehículos seleccionados según especificaciones de fabricantes y que se encuentran en las bases de datos del Departamento de Energía y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos⁶. La tabla siguiente muestra el consumo y emisiones de CO₂ promedio de cada categoría de vehículo.

³ Las directrices del IPCC son patrocinadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y la Organización Meteorológica Mundial (WMO), y constituyen la metodología más aceptada a nivel mundial para la construcción de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

⁴ La sección 3.2 (Combustión móvil: Transporte Terrestre) de la guía Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 2: Energía, presenta las instrucciones detalladas del cálculo de las emisiones vehiculares de CO₂.

⁵ Ver sección Consumo de combustible del parque de vehículos de este informe.

⁶ El sitio oficial del gobierno de los Estados Unidos para información sobre el ahorro de combustible. Disponible en: www.fueleconomy.gov/

Tabla 3.1

Consumo y emisiones de CO2 promedio por categoría de vehículo

Vehículos	Marca / Línea / Modelo	%	Especificaciones	Datos de fabricante		Promedio del grupo	
				Consumo [gal/100mi]	Emisiones [gCO2/mi]	Consumo [L/km]	Emisiones [TCO2/km]
Sedanes	TOYOTA / Corolla / 2000	7,1	1.8 L, 4 cilindros	3,3	296	0,08	0,000194
	MAZDA / Protege / 2002	4,1	2.0 L, 4 cilindros	4,2	370		
	NISSAN / Sentra / 2005	2,5	1.8 L, 4 cilindros	3,7	329		
	TOYOTA / Tercel / 1996	2,3	1.5 L, 4 cilindros	3,1	278		
	TOYOTA / Yaris / 2007	1,5	1.5 L, 4 cilindros	3,2	287		
Coupé y descapotables	MITSUBISHI / Lancer / 2002	17, 9	1.6 L, 4 cilindros	3,8	342	0,09	0,000205
	HONDA / Civic / 2005	16, 5	1.7 L, 4 cilindros	2,9	261		
	HYUNDAI / Elantra / 2000	16, 4	2.0 L, 4 cilindros	4,2	370		
	MITSUBISHI / Mirage / 1999	13, 6	1.5 L, 4 cilindros	3,2	287		
	AUDI / A4 / 1998	7,8	1.8 L, 6 cilindros	4,3	386		
SUV	JEEP / Gran Cherokee 4WD / 2000	6,8	4.0 L, 6 cilindros	6,2	555	0,12	0,000287
	JEEP / Wrangler 4WD / 1995	6,6	2.5 L, 4 cilindros	5,9	523		
	SUZUKI / Samurai 4x4 / 1990	5,7	1.3 L, 4 cilindros	4,0	355		
	GEO / Tracker 4x4 / 1994	4,0	1.6 L, 4 cilindros	4,3	386		
	ISUZU / Amigo 4x2 / 1992	1,3	2.3 L, 4 cilindros	5,6	494		
Pick-up	TOYOTA / Hilux 2WD / 1990	10, 9	2.4 L, 4 cilindros	4,3	386	0,12	0,000289
	TOYOTA / Truck 4WD / 1995	9,6	2.4 L, 4 cilindros	5,6	494		
	TOYOTA / Tacoma / 1995	7,1	3.4 L, 6 cilindros	6,2	555		

FORD / Ranger / 1999	1,5	2.5 L, 4 cilindros	4,8	423
NISSAN / Frontier / 2000	1,1	2.4 L, 4 cilindros, gasolina regular	5,3	468

Fuente: Elaboración propia en base a datos del sistema de registro fiscal de vehículos de la Superintendencia de Administración

Para identificar la intensidad de uso por cada tipo de vehículo, se usaron datos existentes de la actividad vehicular en municipios mexicanos con características similares al Departamento de Guatemala. Se tomó este departamento como representativo de Guatemala por concentrar el 45% del parque de vehículos particulares del país. La selección del municipio mexicano se realizó comparando indicadores socio-económicos⁷, haciendo énfasis en la densidad de población y el número de vehículos por cada mil habitantes. Como resultado de este ejercicio se identificó el municipio de Tijuana como representativo del Departamento de Guatemala. Este municipio tiene una densidad de población de 1.259 hab/Km² y 370 veh/1000 habitantes, que, entre otros indicadores, son similares a los del Departamento de Guatemala, con 1.474 hab/Km² y 321 veh/1000hab. Con estos datos⁸ se aproximó que el recorrido promedio de los vehículos sedán, SUV y coupé fue de 9.390 Km/año para 2009; mientras que para pick-up de turismo fue de 11.268 Km/año. Por último, se comprobó que estas estimaciones tienen un error menor al 5% respecto a las cifras reportadas por el MEM y el MARN entre 2010-2016.

⁷Índice de Desarrollo Humano, población y PIB, entre otros.

⁸Intensidades de uso referidas al año 2009, con crecimiento anual de 0,89% según el Banco Mundial. Para mayor información consultar: Informe final MEDEC del sector transporte (CTS-México, 2009); y, La importancia de la reducción del uso del automóvil en México (ITDP, 2012).

Capítulo 4

Comercialización de vehículos particulares

A continuación, se analiza la comercialización de vehículos en Guatemala, identificando los elementos más relevantes de su evolución en la última década. También se describe la formación de precios de importación de los vehículos.

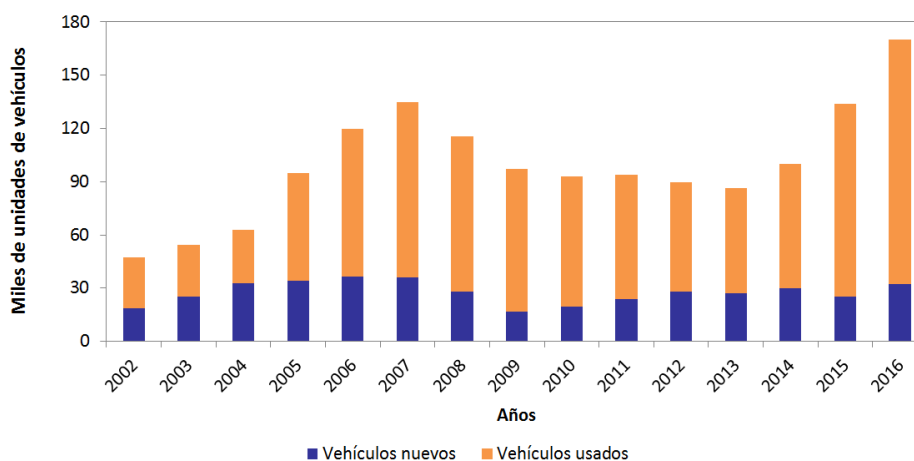
4.1. Mercado de vehículos particulares en Guatemala

En Guatemala la totalidad de los vehículos particulares provienen de importaciones. Al cierre de 2016, la cantidad de vehículos importados superó 170,1 mil unidades, 79% por encima de la cifra alcanzada en 2005. Del total de las importaciones, 81% corresponde a vehículos usados (SAT, 2016).

Las importaciones de vehículos particulares se redujeron considerablemente después de la crisis económica de 2008. Entre 2008-2013, las importaciones de estos vehículos se contrajeron 25%, pasando de 115,3 mil unidades a 86,5 mil automóviles al final del período. Los vehículos nuevos fueron el rubro más afectado. Este grupo representaba más de 30% del total de automóviles importados, alcanzando en promedio 35.000 unidades por año. Para el 2010, constituían menos de 21% de las importaciones de Guatemala, totalizando una cantidad de 19.456 unidades. En el período 2011-2014, la demanda de vehículos nuevos se incrementó nuevamente, alcanzando 24,5% del total de las importaciones y contabilizando 29.906 unidades al cierre de 2014. Por su parte, la participación de los automóviles usados significó 75% de las importaciones durante 2008-2010, estableciéndose como la principal oferta en el mercado nacional -situación que no ha cambiado hasta la fecha, alcanzando 73.319 unidades al final del período. Se observa que la flexibilización de regulaciones que limitaban el ingreso de vehículos usados con más de 10 años de antigüedad (artículo 109 del decreto del Congreso 10-2012), impulsó nuevamente el aumento de las importaciones. Entre 2013-2015, la importación de vehículos usados aumentó 82% pasando de 59.598 unidades a 108.482 automóviles. El gráfico a continuación muestra la evolución de las importaciones de vehículos en el período 2002-2016.

Gráfico 4.1

Importación de vehículos particulares 2002-2016



Fuente: Elaboración propia en base a datos del sistema de registro fiscal de vehículos de la SAT

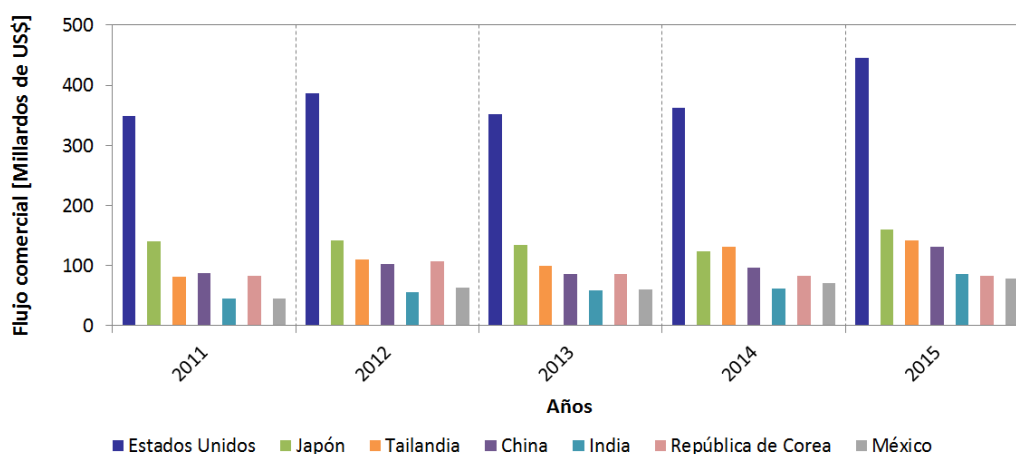
4.1.1. Procedencia de vehículos comercializados

Durante el 2016, los principales países que abastecieron el mercado nacional de vehículos fueron Estados Unidos (34%), Japón (12%), Tailandia (11%), China (10%), India (7%) y Corea del Sur (6%). Estados Unidos domina el mercado por sus bajos costos de logística y opciones para la importación de vehículos usados, aunque su participación se ha reducido respecto al 2011. En el caso de Japón, su participación también se redujo respecto al año 2010, cuando suministró el 15% del mercado. Por otra parte, Tailandia e India aumentaron su participación respecto al año 2011, cuando abastecieron 8% y 5% del mercado, respectivamente. China mantuvo su participación en el mercado, mientras que los vehículos de origen coreano muestran participación variable (creciente y decreciente), pasando de representar el 8% en 2011 a más del 9% al cierre de 2012, y 6% el 2016.

Las importaciones del sector sumaron US\$ 1.326 millardos en 2016, lo que representa un crecimiento del 33% respecto al 2011 (WITS, 2017). De este total, 26,3% correspondió a la compra de automóviles usados procedentes de Estados Unidos. El gráfico siguiente muestra la participación de los países proveedores de vehículos del mercado nacional entre 2011-2015.

Gráfico 4.2.

Importación de vehículos comercializados en Guatemala 2011-2015



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Solución Comercial Integrada Mundial





4.1.2. Precios de vehículos importados

En el año 2016, el precio de importación de los vehículos comercializados osciló entre US\$20.000-40.000 para automóviles nuevos, y US\$6.000-8.000 para los usados. La tabla siguiente muestra los precios de importación por tipo de vehículo⁹:

⁹Estos precios son calculados como promedio del precio FOB (indicado por fabricante) de los modelos representativos que fueron seleccionados en la línea base del país para cada categoría de vehículo.

Tabla 4.1

Precio de importación promedio por categoría de vehículo

Grupo de vehículos	Marca / Línea / Modelo	Datos de fabricante ¹		Promedio del grupo				Arancel tributario		Precio de importación		
		FOB [US\$]		FOB [US\$]		Flete y seguro ⁴ [US\$]	CIF [US\$]		Impuesto total [US\$]		[US\$]	
		Usado	Nuevo ²	Usado	Nuevo		Usado	Nuevo	Usado	Nuevo	Usado	Nuevo
 Sedanes	TOYOTA / Corolla / 2000	2.850	20.944									
	MAZDA / Protege / 2002	2.550	16.140									
	NISSAN / Sentra / 2005	3.300	15.788	3.450	16.359	1.260	4.710	17.619	1.620	6.061	6.330	23.680
	TOYOTA / Tercel / 1996	3.200	12.690									
	TOYOTA / Yaris / 2007	5.350	16.235									
 Coupé y descapotables	NISSAN / Lancer / 2002 ³	6.500	22.930									
	HONDA / Civic / 2005	4.275	24.775									
	HYUNDAI / Elantra / 2000 ³	4.995	22.697	4.609	25.137	1.485	6.094	26.622	2.096	9.158	8.190	35.780
	NISSAN / Mirage / 1999 ³	2.999	17.032									
	AUDI / A4 / 1998	4.275	38.250									
 SUV	JEEP / Gran Cherokee 4WD / 2000	3.825	33.790									
	JEEP / Wrangler 4WD / 1995	5.500	34.364									
	SUZUKI / Samurai 4x4 / 1990	4.425	9.889	4.435	22.850	1.680	6.115	24.530	1.761	7.065	7.876	31.594
	GEO / Tracker 4x4 / 1994	4.350	15.710									
	ISUZU / Amigo 4x2 / 1992	4.075	20.495									
 Pick-up	TOYOTA / Hilux 2WD / 1990	3.150	28.150									
	TOYOTA / Truck 4WD / 1995	3.775	30.971									
	TOYOTA / Tacoma / 1995	4.000	23.760	4.784	26.758	1.680	6.464	28.438	1.862	8.190	8.325	36.628
	FORD / Ranger / 1999 ³	6.998	26.070									
	NISSAN / Frontier / 2000 ³	5.995	24.840									

Fuente: Elaboración propia en base al sistema de registro fiscal de vehículos de la Superintendencia de Administración Tributaria

1 Consultados en la base de datos de la Asociación Nacional de Comerciantes de Automóviles de Estados Unidos (Disponible en: www.nadaguides.com/).

2 Precios referidos a modelos con cero kilómetro.

3 Precios de vehículos usados que son indicados en los portales www.edmunds.com/ y www.cars.com/.

4 Precios promedios de servicios de flete y seguro que son reportados por la importadora guatemalteca Red Comercial GT (Disponible en: www.redcomercialgt.com/).

De acuerdo a la tabla anterior, los sedanes fueron los vehículos más económicos con precios promedio de US\$23.680 para automóviles nuevos y US\$6.330 para los usados. Por su parte, los SUV fueron el segundo segmento de menor costo con precios de importación de US\$31.594 y US\$7.876 para vehículos nuevos y usados, respectivamente. Tanto las pick-up como los coupé y descapotables fueron los más costosos del año 2016. En el caso de las pick-up, su precio promedio de importación fue de US\$36.628 para vehículos nuevos y US\$8.325 para los usados; mientras que los automóviles deportivos coupé alcanzaron precios de US\$35.780 para vehículos nuevos y US\$8.190 usados.

4.2. Análisis de formación de precios de importación

El valor de aduana o CIF (costo, seguro y flete) de los vehículos importados en 2016 representó 75% del precio final de importación. El 25% restante se compone por los aranceles de matrícula (DAI/lprima) y los impuestos al valor agregado (IVA).

El impuesto DAI/lprima varía por tipo de vehículo. Este impuesto alcanza el 20% sobre el monto CIF para vehículos con capacidad de hasta cinco personas (como sedán y coupé), y 15% para automotores con seis o más asientos (SUV y pick-up). Por su parte, el IVA se mantuvo en 12% sobre el valor de aduana para todos los vehículos importados. La tabla a continuación muestra la estructura porcentual de los precios de importación por tipo de vehículo y que es la misma para automóviles nuevos y usados.

Tabla 4.2

Estructura impositiva sobre precios de importación de vehículos

Categoría de vehículo		Sedán	Coupé y descapotables	SUV	Pick-up
Capacidad del vehículo		Hasta 5 personas		6 o más personas	
Estructura porcentual [%]	Precio CIF	74,4		77,6	
	Impuesto DAI/lprima	14,9		11,6	
	Impuesto al valor agregado 12%	10,7		10,7	

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la SAT

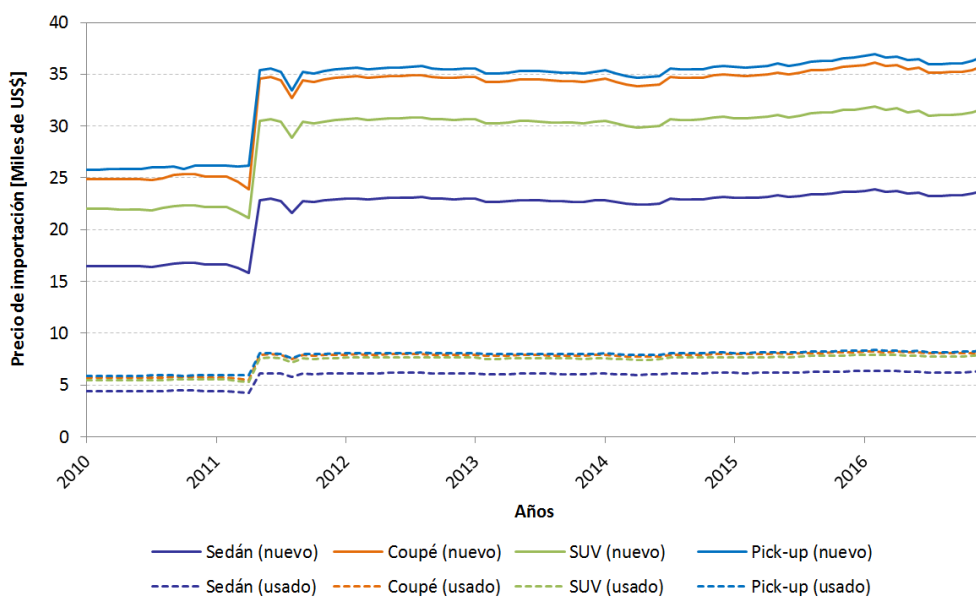
*Precios promedios al 10 de junio de 2017.

4.3. Evolución de precios de vehículos importados

La evolución de precios de los vehículos importados fue estimada a partir de la variación del Índice de Precio al Consumidor (IPC) del país para el período 2010-2016¹⁰. En particular se tomaron los datos del IPC sobre la adquisición de automóviles reportados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). El gráfico siguiente muestra la evolución de los precios de importación para cada categoría de vehículo.

Gráfico 4.3

Evolución de los precios de importación por tipo de vehículo 2010-2016



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadística

El gráfico anterior muestra que los precios de importación por tipo de vehículo se mantuvieron relativamente estables en el período 2012-2016, acumulando un aumento del 3,2%. Para el año 2011, se observa un incremento del 38% en el valor medio por vehículo importado tipo sedán, coupé y SUV; mientras que para las pick-up este aumento alcanzó 35%. El aumento de los precios de importación del 2011 podría explicarse por el incremento de los precios del petróleo de este año.

¹⁰ Los cálculos son conservadores pues no tienen en cuenta el cambio en la composición de la canasta de vehículos.

Capítulo 5

Análisis de precios de comercialización de combustibles

Esta sección describe las tendencias de los precios de los combustibles en los últimos cinco años y sus proyecciones al año 2030. Además, se reseña la formación de precios de estos combustibles de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Dirección General de Hidrocarburos (DGH/MEM).

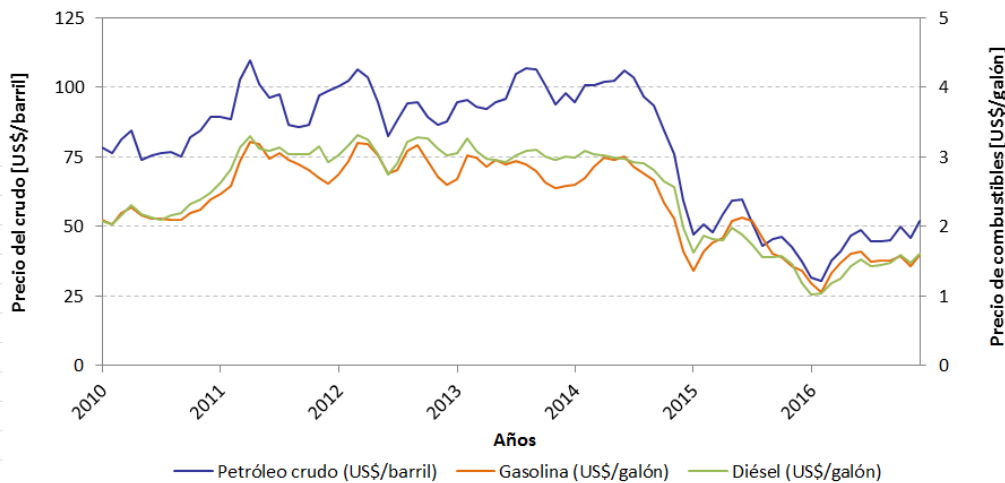
5.1. Evolución de precios internacionales de combustibles

Durante el último quinquenio más del 75% de los combustibles líquidos demandados por el parque de vehículos de Guatemala provinieron de la Costa del Golfo de los Estados Unidos. Desde el año 2009, el precio del crudo registró un aumento progresivo hasta principios de 2012, año en que su valor se estabilizó en torno a los US\$95/barril. El precio internacional de la gasolina osciló entre US\$2,1 y US\$3,22/galón, mientras que el precio del diésel varió entre US\$2,01 y US\$3,3/galón. En este período, las importaciones de combustibles dirigidas al sector transporte mantuvieron un volumen anual de 50 mbepd, aunque pasaron de sumar US\$1.635 millones en 2010 a US\$2.282 millones en 2012. Entre 2012 y el primer semestre de 2014, el precio del crudo se mantuvo estable alrededor de US\$97/barril, mientras que el precio de la gasolina fue de US\$2,87/galón y para el diésel fue de US\$3,06/galón. Las importaciones de combustibles del parque vehicular crecieron 21% respecto al período anterior y sumaron US\$2.337 millones en 2014.

A partir del segundo semestre de 2014, los precios del petróleo se redujeron 70% como resultado de la producción petrolera no convencional de Estados Unidos y de la sobreoferta de crudo en el mercado internacional. El precio del petróleo alcanzó US\$30,32/barril para finales de 2015, y el precio de los combustibles disminuyó 65% en el mismo período. El costo de la gasolina se redujo a US\$1,36/galón; mientras que el precio del diésel bajó a US\$1,18/galón. El gráfico siguiente muestra la evolución de los precios internacionales de los combustibles entre 2010 y 2016.

Gráfico 5.1

Precios internacionales de combustibles 2010-2016



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Administración de Información de Energía de los Estados Unidos

5.2. Precios de los combustibles en Guatemala

Para el año 2016, los precios promedio de la gasolina superior y regular para al consumidor final en la Ciudad de Guatemala fueron Q21,45/galón (US\$2,8/galón) y Q19,96/galón (US\$2,6/galón), respectivamente. En el caso del diésel, su precio se situó en Q16/galón (US\$2,1/galón)¹¹. Los precios de los combustibles fueron inferiores comparados a las cifras reportadas en 2014. Por otra parte, el precio nacional de las gasolinas se redujo 35% y el costo del diésel disminuyó 45%.

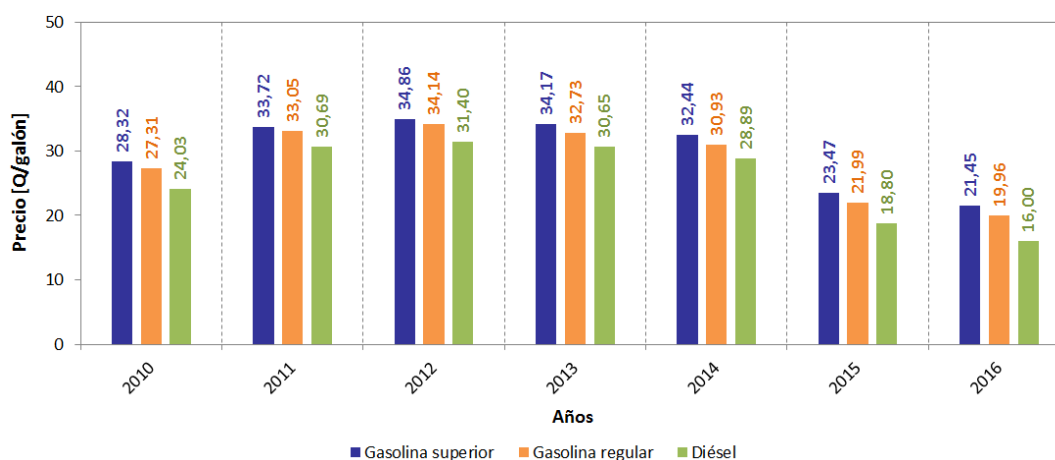
En el período 2010-2012, el precio de los combustibles mantuvo una tendencia creciente. El precio de las gasolinas se incrementó alrededor de 25%, pasando de Q28/galón (US\$3,6/galón) a un promedio de Q34/galón (US\$4,3/galón)¹². Este costo nacional fue 45% superior respecto a su precio internacional. Para el combustible diésel, su precio aumentó 31% en este período, pasando de Q24/galón (US\$3.0/galón) a Q31/galón (US\$3.9/galón).

Durante el período 2012-2014, el precio de las gasolinas y diésel se mantuvo estable. Con la caída del precio del crudo de 2014, las gasolinas nacionales redujeron su costo en 28%. Sin embargo, se acentuó la diferencia entre los precios nacionales e internacionales de la gasolina, siendo el primero hasta 82% superior.

El exceso de la oferta petrolera en el mercado representó una reducción de 35% en el costo del diésel, pasando de Q29/galón (US\$3.7/galón) en 2014 a Q19/galón (US\$2.5/galón) en 2015. No obstante, la diferencia entre el precio nacional de este combustible y su valor internacional se incrementó en 43%. El gráfico siguiente muestra la variación del precio promedio anual de las gasolinas y diésel durante 2010-2016.

Gráfico 5.2

Evolución de los precios nacionales de combustibles 2010-2016



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección General de Hidrocarburos del MEM

5.3. Formación de precios nacionales de combustibles

La diferencia entre los precios nacionales e internacionales se explica por los impuestos aplicados a los combustibles (impuestos de distribución, IVA y otros gastos). Para las gasolinas, el precio al consumidor final sin impuestos (CIF) representó cerca de 55% del costo total; mientras que en combustibles diésel, el precio CIF constituyó alrededor de 65% del valor final. La tabla siguiente presenta la estructura porcentual de la formación de precios de combustibles.

Tabla 5.1

¹¹ Durante 2016, la tasa cambiaria promedio era de Q7,5839/US\$.

¹² En el período 2010-2012, la tasa de cambio promedio se mantuvo alrededor de Q7,8798/US\$.

Estructura impositiva sobre precios nacionales de combustibles

Combustible		Gasolina superior	Gasolina regular	Diésel
Estructura porcentual [%]	Precio CIF	55,1	53,2	65,2
	Impuesto de distribución	20	20,9	7,3
	Impuesto al valor agregado 12%	8,6	8,5	9,9
	Otros gastos	2,8	2,9	3,7
	Margen de importador	7,4	7,9	5,7
	Margen de exportador	6,2	6,6	8,2

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección General de Hidrocarburos del MEM

5.4. Proyecciones de precios de los combustibles al año 2030 en Guatemala

Las estimaciones del precio de los combustibles se basan en los escenarios de precios del crudo de la agencia de Administración de Información de Energía¹³ de los Estados Unidos (EIA por sus siglas en inglés) combinados con la estructura impositiva aplicados a la venta de combustibles en Guatemala¹⁴. A continuación, se describen los supuestos utilizados por la EIA para la construcción de sus tres escenarios de largo plazo:

- **Escenario de precios de referencia (P.R.):** Asume que los precios del petróleo y sus derivados aumentan progresivamente según la tendencia actual del crecimiento económico mundial y poblacional. El precio crudo alcanza un valor de US\$109/barril para 2040.
- **Escenario de precios altos (P.A.):** Pronostica una mayor demanda de productos derivados del petróleo y una menor inversión de países exportadores, compensada por una mayor exploración de yacimientos petrolíferos en los países en desarrollo. En este caso, el precio del crudo aumenta a US\$226/barril en 2040.
- **Escenario de precios bajos (P.B.):** Proyecta una contracción de la demanda de combustibles derivados del petróleo que reduce el precio del crudo a US\$43/barril para 2040.

En todos los escenarios, la EIA asume que las políticas económicas y regulaciones sobre el sector energético actual no sufren cambios en el horizonte proyectado¹⁵. El gráfico a continuación muestra los resultados de las proyecciones de los precios de combustibles entre 2016 y 2030.

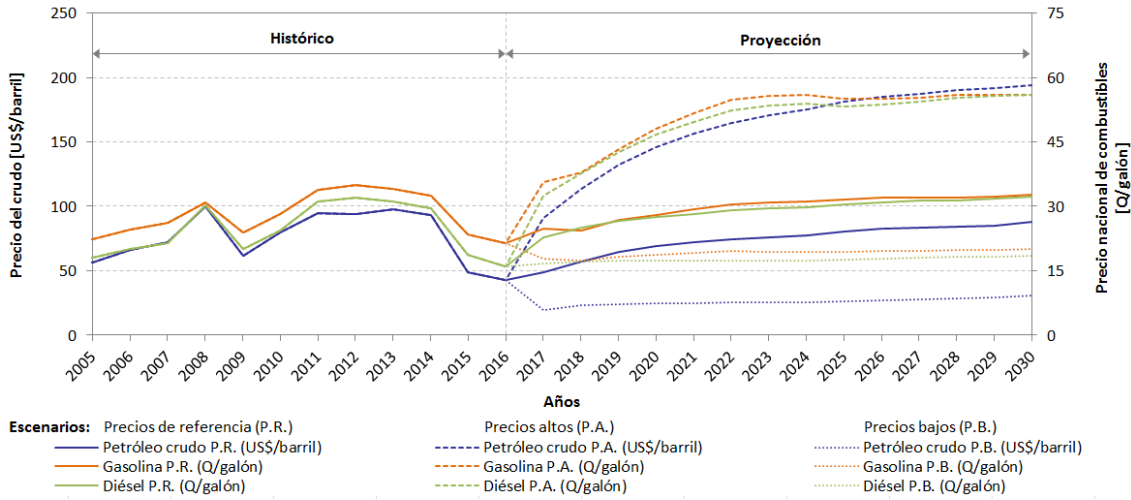
¹³ Precios FOB de los combustibles informados por la EIA en el horizonte 2017-2030 referidos al año base 2016

¹⁴ Las proyecciones son conservadoras pues asumen que las políticas económicas del país se mantienen constante en el horizonte 2017-2030 respecto al año base 2016.

¹⁵ Para mayor información consultar el documento de la EIA titulado *Annual Energy Outlook 2017*. Disponible en: www.eia.gov/

Gráfico 5.3

Proyecciones de precios de combustibles 2016-2030



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Administración de Información de Energía de los Estados Unidos

Los escenarios propuestos por la EIA indican un aumento de los precios de combustibles en Guatemala a largo plazo. Por un lado, la proyección P.R. señala que los precios de la gasolina se estabilizan en Q32,6/galón para 2030, lo que representa un incremento de 52% comparado al año 2016. En el caso del diésel, su precio se eleva 101,7% y alcanza un valor Q32,3/galón al final del horizonte proyectado. En la proyección P.A., el precio nacional de los combustibles crece rápidamente entre 2017 y 2022, con un incremento promedio de 9% por año. En 2023, el precio de los combustibles alcanza un costo máximo de Q55,9/galón para gasolinas y Q53,9/galón para diésel. A partir de 2026, el precio de las gasolinas se mantiene alrededor de Q55,3/galón, 157% por encima de 2016, y el precio del diésel se sitúa en Q54,4/galón, 240% mayor en relación al año base. Sólo la proyección de P.B. muestra una disminución del 16% en el costo nacional de las gasolinas a corto plazo. Bajo este escenario, el costo de las gasolinas podría variar entre Q17,9-20,2/galón. Para el combustible diésel, su precio se mantiene 8% superior respecto al costo actual entre 2020-2030, alcanzando un valor promedio de Q17,6/galón.

Capítulo 6

Escenarios de penetración de vehículos eléctricos

Los escenarios de penetración descritos se basan en hipótesis sobre la participación de la introducción de vehículos eléctricos en Guatemala. Estos escenarios tienen como objetivo evaluar el impacto económico y medio ambiental en distintos niveles de penetración del mercado. El diseño de los escenarios parte de la definición de las variables primarias y consideraciones generales proyectadas al año 2030.

6.1. Variables primarias

Las variables consideradas en los escenarios de penetración son las siguientes:

- *Desplazamiento de venta de vehículos nuevos de combustión interna por vehículos eléctricos.* Esta variable contabiliza el porcentaje de importación de vehículos nuevos convencionales que son sustituidos por PHEV y EV al año.
- *Recambio de vehículos existentes.* Corresponde al número de vehículos del parque nacional que es reemplazado anualmente por vehículos eléctricos.
- *Precio de adquisición.* Consiste en el precio de venta de cada unidad vehicular, incluyendo impuestos del país.
- *Consumo de combustible y/o electricidad por kilómetro.* Esta variable representa la autonomía y rendimiento promedio del consumo respecto a la distancia recorrida para cada tipo de vehículo por año.
- *Costo de operación de los vehículos.* Corresponde al costo anual por uso de cada unidad vehicular, que resulta del consumo de combustible y/o electricidad, intensidad de uso promedio y precio proyectado de combustibles líquidos y/o tarifas para la recarga de vehículos eléctricos.

6.2. Consideraciones generales

Se asume que el parque vehicular crece a razón del 6% anual. Este incremento proviene de la estimación de la tasa promedio de crecimiento de vehículos importados durante el período 2007 - 2016. Además, se asume que los coeficientes de distribución del parque de vehículos particulares se mantienen constantes en el tiempo, y que se compone de la manera siguiente: 42,7% sedanes; 0,5% coupés y descapotables; 36,8% SUV; y, 20% pick-up. La participación porcentual de cada categoría vehicular proviene de la composición del parque nacional de vehículos al año 2016.

Por otra parte, la estimación de los costos de operación de los vehículos se basa en las proyecciones de los precios de los combustibles y electricidad. Por un lado, se asume que la formación de precios de los combustibles líquidos, específicamente de la gasolina, se rige por las proyecciones de precios internacionales de la EIA y la estructura impositiva del país¹⁶. Para el caso de los precios de las tarifas de electricidad, se toman como referencia las proyecciones de tarifas de electricidad propuestas para Guatemala¹⁷.

Por último, se utilizan las intensidades de uso de los vehículos estimadas en la sección que contiene la línea base del parque vehicular¹⁸ en el horizonte 2017-2030.

6.3. Definición de escenarios

Se definen cuatro escenarios de penetración de vehículos eléctricos, a saber: (i) de referencia, (ii) pesimista, (iii) promedio y (iv) optimista. El escenario de referencia excluye la participación de

¹⁶ Ver Proyecciones de precios de los combustibles al año 2030 en Guatemala de este informe.

¹⁷ Ver anexo II Tarifas de electricidad en Guatemala y estimación de tarifa para vehículos eléctricos.

¹⁸ Ver sección Construcción de línea base del parque de vehículos particulares de este informe.

vehículos eléctricos; mientras que los restantes tres escenarios integran diferentes supuestos sobre el desarrollo de los PHEV y EV en el mercado de Guatemala. A continuación, se describe cada escenario.

1. Escenario de referencia.

Este escenario asume que la situación actual del parque nacional vehicular se mantiene inalterada. En particular, se contempla que los vehículos existentes aumentan su antigüedad y que la totalidad de los vehículos importados tienen motores de combustión interna entre 2017 y 2030. Además, se toman en consideración variables externas que podrían afectar al parque vehicular, y que se listan a continuación.

- Los incentivos del Estado dirigidos a vehículos eléctricos son nulos.
- El precio de adquisición de los ICEV¹⁹ aumenta 5% cada cinco años.
- El consumo de combustible de los vehículos existentes crece anualmente 0,9%²⁰ producto del aumento de la antigüedad del parque vehicular.
- El consumo de combustible de los nuevos ICEV que ingresan al parque, disminuye 5% cada cinco años producto del avance tecnológico y las mayores regulaciones ambientales en materia de diseño vehicular²¹.

2. Escenario pesimista.

Se define en base al porcentaje de vehículos eléctricos que pueden competir con los precios de adquisición de vehículos de combustión interna²². Este escenario asume que se desplaza la venta del 20% de los vehículos nuevos de combustión interna por vehículos eléctricos entre 2017 y 2021, 50% entre 2022 y 2026, y 70% en el período 2027-2030. Además, se toman en consideración los siguientes agentes externos:

- Existen limitados incentivos dirigidos a la importación de PHEV y EV.
- El precio de adquisición de los ICEV aumenta 5% cada cinco años; mientras que el precio de los PHEV y EV se reduce 5% en el mismo período.
- El gasto de combustible de los vehículos existentes e importados mantiene el mismo patrón del escenario de referencia.

3. Escenario optimista.

Este escenario muestra las condiciones más favorables de participación de los vehículos eléctricos. Las condiciones de entrada de este escenario suponen una reducción significativa del costo de adquisición de los vehículos, el acceso a créditos blandos para el reemplazo de vehículos existentes y la ejecución de programas de recambio vehicular. Este escenario asume que se desplaza la venta del 80% de los vehículos nuevos de combustión interna por vehículos eléctricos entre 2017 y 2021, y 90% entre 2022 y 2030. Por otra parte, la disponibilidad de créditos blandos favorece el recambio de vehículos con una antigüedad mayor a 15 años, y se implementa un programa de recambio para vehículos con antigüedad igual o superior a 30 años²³. Se asume que este programa se inicia en 2018, y que 25% de los vehículos son reemplazados por vehículos eléctricos

¹⁹ Vehículos de combustión interna (ICEV, por sus siglas en inglés).

²⁰ Este porcentaje está determinado a partir del modelo estadístico del rendimiento de combustible que es aplicado en la industria de autotransporte de México. Para mayor información consultar: Alcántar Ruiz, R. A. et. al. (2015). Modelo estadístico que permite observar el impacto de los factores que inciden en el rendimiento de combustible. *Nova Scientia*, vol.7, no. 14.

²¹ El porcentaje de mejora en el ahorro de combustible está definido por la tendencia del mercado mundial de automóviles (CE Delft, 2011).

²² Se asume como vehículos eléctricos competitivos aquellos con un costo total de propietario menor, igual o hasta un 15% superior comparado al de sus pares convencionales.

²³ Los vehículos con 30 años de antigüedad constituyen 12% del parque nacional, representando la mayor cantidad de unidades en circulación (SAT, 2016).

entre 2018-2020, 50% entre 2021-2025, y 75% entre 2026-2030²⁴. Además, se toman en consideración los siguientes agentes externos:

- Los incentivos del gobierno son elevados. El Estado genera políticas como exoneración del 100% del cobro de impuestos de importación de PHEV y EV²⁵, y otorgamiento de tarifas preferenciales para la recarga de vehículos eléctricos por más de cinco años.
- Los precios de los PHEV y EV se disminuyen rápidamente como resultado de la curva de aprendizaje tecnológica. Los precios de las baterías se reducen 15% cada cinco años²⁶. Por su parte, los precios de los vehículos convencionales crecen 10% cada cinco años.
- El gasto de combustible de los vehículos tradicionales mantiene la misma tendencia de los escenarios anteriores.

4. Escenario promedio.

El escenario promedio se define como un punto intermedio entre el escenario pesimista y el optimista. Este escenario contempla el desplazamiento de la venta del 30% de los vehículos nuevos de combustión interna por vehículos eléctricos entre 2017 y 2021, 70% entre 2022 y 2026, y 80% en el período 2027-2030, y considera la implementación de programas de créditos blandos²⁷ para recambiar vehículos con antigüedad igual o superior a 15 años²⁸. El escenario asume que el recambio inicia en 2018 y que 10% de estos vehículos son reemplazados por vehículos eléctricos entre 2018-2020, 20% entre 2021-2025, y 40% entre 2026-2030²⁹. El porcentaje restante de vehículos son reemplazados por modelos nuevos de combustión interna. A continuación, se listan algunas consideraciones adicionales del escenario promedio.

²⁴ Ver pie de página 23.

²⁵ Mediante la exoneración total de los impuestos de importación en vehículos eléctricos, se reduce en 25% el precio de adquisición de los PHEV y EV.

²⁶ CE Delft (2011). *Impacts of Electric Vehicle: Impact analysis for market uptake scenarios and policy implications*.

²⁷ Se asume que todos los vehículos nuevos con precios de adquisición entre US\$25.000-35.000 son elegibles para el programa de créditos blandos, ya que corresponde a la banda de precios de vehículos eléctricos más disponibles en el mercado internacional.

²⁸ Según los datos de la SAT, los vehículos con más de 15 años de antigüedad representan cerca del 80% del parque vehicular particular. Ver sección *Caracterización del parque de vehículos particulares* de este informe. Estos datos son usados para proyectar la antigüedad de los vehículos existentes en el parque entre 2017 y 2030.

²⁹ Estos porcentajes resultan de la cantidad promedio de vehículos eléctricos que tienen precios de adquisición competitivos con los de sus pares de combustión interna.

- El Estado tiene una participación moderada en la introducción de vehículos eléctricos al país, ofreciendo incentivos como la reducción del 50% del cobro de impuesto de importación de vehículos eléctricos³⁰, y otorgando tarifas de electricidad preferenciales por tres años para vehículos eléctricos.
- Los precios de los PHEV y EV se reducen 10% cada cinco años, y el precio de los ICEV aumenta cerca del 7% cada cinco años.
- El ahorro de combustible y electricidad de los vehículos mantiene el mismo patrón de los escenarios anteriores.

³⁰ Mediante esta iniciativa se reduce en 12,5% el precio de adquisición de los vehículos eléctricos en el país.

Capítulo 7

Análisis de impacto de vehículos eléctricos

Este capítulo resume el impacto económico y medio ambiental en base a los escenarios de penetración de los vehículos eléctricos en Guatemala.

7.1. Crecimiento del parque vehicular

Para todos los escenarios el parque de vehículos alcanza un total de 3,9 millones de unidades al año 2030. Este aumento supera en 126% el número de vehículos del 2016, y se estima en base a la proyección del crecimiento observado para el período 2007 - 2016.

El número de vehículos eléctricos incorporados por cada escenario muestra importantes diferencias. En el escenario pesimista, la incorporación de los PHEV y EV es escasa en los primeros diez años de apertura del mercado, alcanzando cerca de 101 mil unidades en 2026, cifra que luego crece a 215 mil vehículos en 2030.

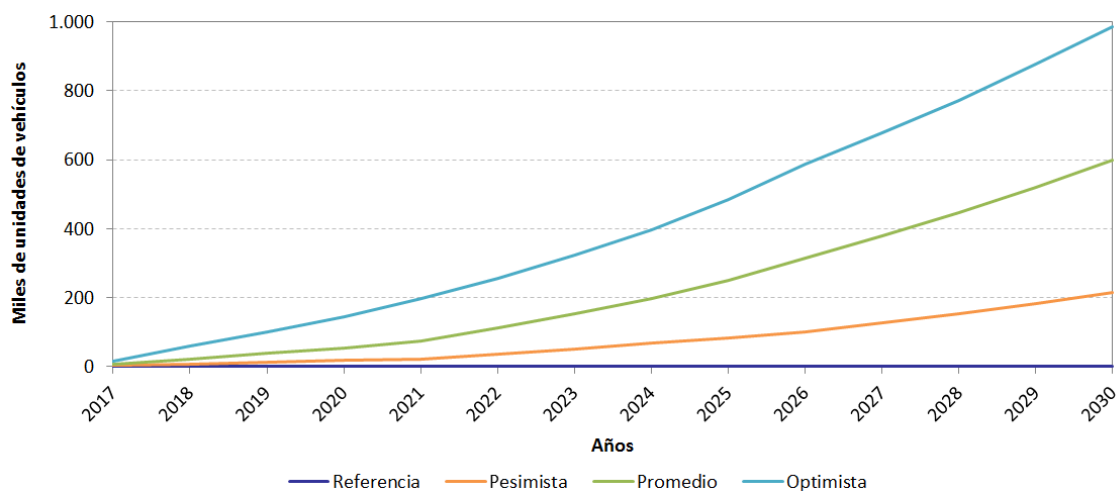
En el escenario promedio el mercado de vehículos eléctricos supera las 112 mil unidades en 2022. Luego, entre 2023 y 2030, las importaciones de PHEV y EV crecen anualmente 23%, totalizando 597 mil unidades en 2030, lo que representa una cantidad 178% superior al escenario pesimista.

Para el escenario optimista se observa una rápida incorporación de vehículos eléctricos. Este aumento es consecuencia de la exoneración de los impuestos de importación de PHEV y EV, y los precios más competitivos de estos vehículos. Este escenario sugiere que el parque alcanza alrededor de 200 mil vehículos eléctricos al año 2021 y cerca de 1 millón de unidades en 2030.

El gráfico siguiente presenta el crecimiento del parque de vehículos eléctricos por escenario de penetración entre 2017 y 2030.

Gráfico 7.1

Parque de vehículos eléctricos por escenario de penetración 2017-2030



Fuente: Elaboración propia

7.2. Impactos en el consumo de energía

El crecimiento del parque de vehículos eléctricos reduce la dependencia energética. En particular se observa la disminución del consumo de gasolina y el desplazamiento de la demanda de energía hacia el sector electricidad. A continuación, se describen los impactos más relevantes por escenario.

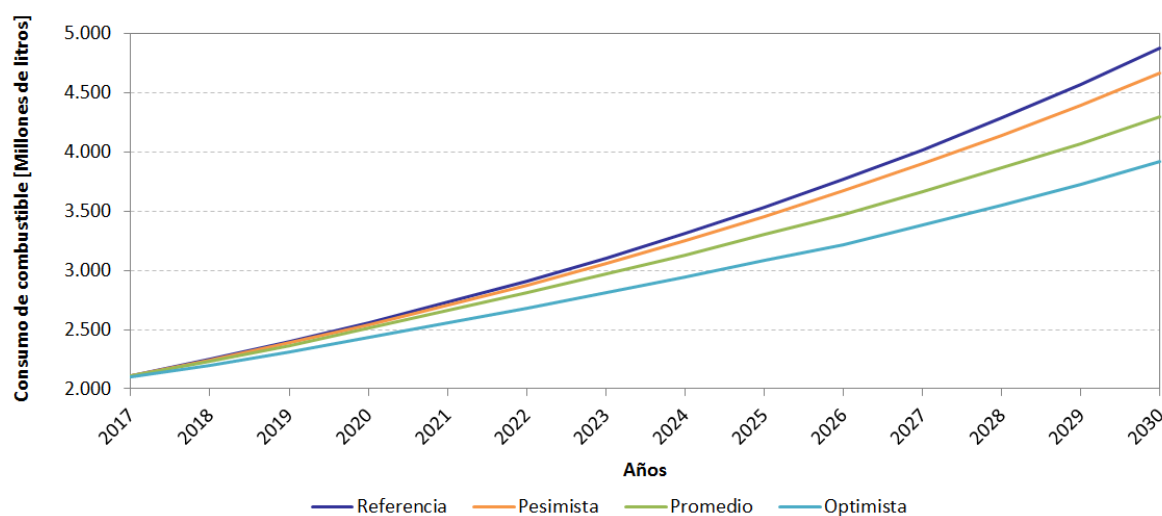
7.2.1. Desplazamiento de la demanda de combustibles líquidos

En general el impacto nacional de los vehículos eléctricos en los primeros años es bajo. El escenario de referencia estima que el consumo de gasolina y otros combustibles líquidos alcanzará 4.877 millones de litros al año 2030. Sin embargo, los resultados indican que parte importante de este consumo es desplazado a partir del año 2021.

Para el año 2030 el escenario pesimista muestra una reducción moderada del consumo de combustible. Este escenario disminuye en 4% el consumo del escenario de referencia; mientras que los escenarios promedio y optimista logran desplazar el 12% y 20% de la demanda de los combustibles líquidos, respectivamente. El gráfico a continuación muestra el consumo total de combustibles líquidos del parque vehicular por escenario al año 2030.

Gráfico 7.2

Consumo total de combustible del parque vehicular 2017-2030



Fuente: Elaboración propia

7.2.2. Aumento de la demanda de electricidad

En el escenario pesimista la demanda de electricidad para la recarga de baterías se mantiene constante en los primeros cinco años de apertura del mercado. En este período, el consumo total anual de electricidad de los PHEV y EV es cercano a 50 GWh. A partir de 2021, la demanda eléctrica crece anualmente 19% alcanzando 750 GWh al año 2030.

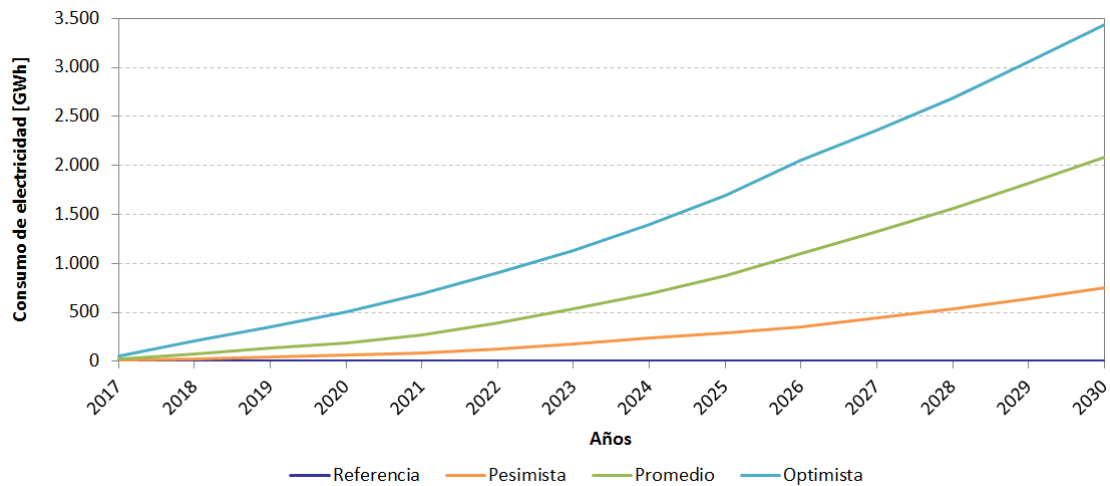
En el escenario promedio la demanda anual de electricidad para el período 2017 – 2020 alcanza 108 GWh. Entre 2021 y 2030, el consumo de los PHEV y EV aumenta en promedio anual 24% alcanzando 2.081 GWh al final del período, 176% por encima del escenario pesimista.

Para el escenario optimista la demanda de energía eléctrica de los PHEV y EV crece con rapidez. Para el período 2017 – 2020 la demanda alcanza en promedio anual 283 GWh, y crece a razón del 30% anual para alcanzar 3.436 GWh en 2030.

El gráfico siguiente muestra los escenarios de consumo de electricidad para recarga de vehículos eléctricos entre 2017 y 2030.

Gráfico 7.3

Escenarios de consumo de electricidad adicional



Fuente: Elaboración propia

Para satisfacer la demanda adicional de potencia para la recarga de vehículos eléctricos se requieren entre una a cuatro centrales de 150 MW. Asumiendo que no existe capacidad disponible, el escenario pesimista requiere de una central de 150 MW de capacidad instalada funcionando con un factor de carga del 70%, dos centrales de similares características (300 MW en total) para el escenario promedio y cuatro centrales (600 MW) para satisfacer la demanda bajo el escenario optimista.

7.3. Impactos medio ambientales

7.3.1. Reducción de emisiones vehiculares

Usando la metodología Nivel 1 del IPCC³¹, las emisiones del escenario de referencia indican que el parque vehicular liberará 12 millones de toneladas de CO₂ al año 2030, lo que representa un aumento de 150% respecto a 2016. Para los primeros años de la introducción de vehículos eléctricos, bajo un escenario pesimista, las emisiones del escenario de referencia se reducen en 29 mil toneladas de CO₂ (período 2017-2020). En este mismo período el escenario promedio podría reducir 85 mil toneladas de CO₂ para el escenario promedio; mientras que el escenario optimista alcanzaría 223 mil toneladas de CO₂. Esta disminución representa el 1%, 2% y 5%, respectivamente, de las emisiones totales del escenario de referencia para el período 2017 - 2020.

En general, la reducción de emisiones aumenta significativamente a partir del 2021, año en el que crece la penetración de vehículos eléctricos impulsado por el parque existente de esta tecnología. En 2030, el escenario pesimista alcanza una reducción de 510 mil toneladas de CO₂, lo que representa una disminución de 4% en relación al escenario de referencia. Para el mismo año, el escenario promedio reduce 1,4 millones de toneladas de CO₂ o 12% de las emisiones totales; mientras que el escenario optimista disminuye 2,3 millones de toneladas de CO₂, equivalentes a una reducción del 20%.

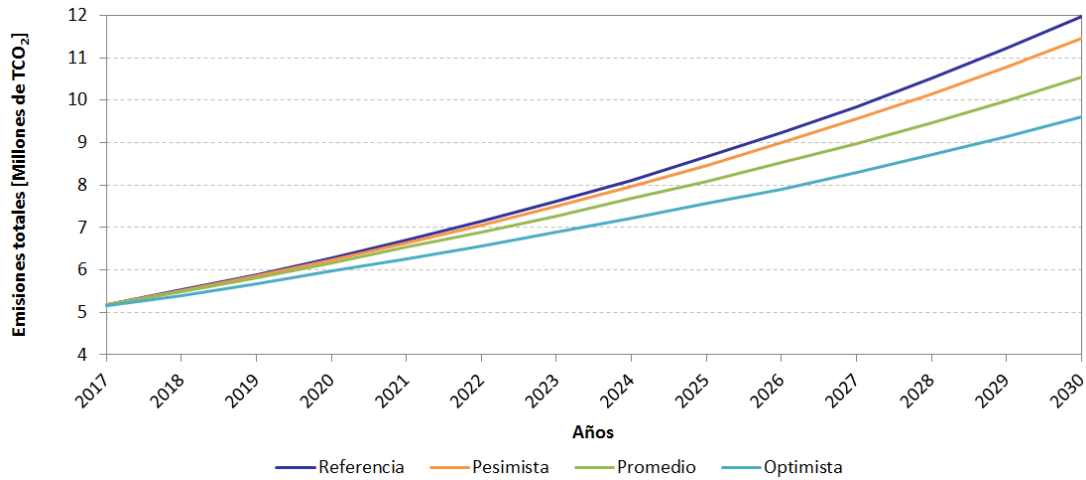
Los resultados de la metodología del IPCC tienen diferencias entre 4% y 6% con las estimaciones obtenidas por los factores de emisión reportados por fabricantes³². A este respecto, la metodología del cálculo de emisiones basada en el análisis por categoría y marca de vehículo con representación dominante del parque, parece ser más precisa en su estimación por desagregar los factores de emisión por categoría vehicular y considerar las mejoras tecnológicas que dan cumplimiento a las actualizaciones de las regulaciones sobre emisiones de CO₂ en los principales mercados de Europa y Estados Unidos. Los resultados de esta estimación indican que las emisiones del parque alcanzan un volumen de 11,5 millones de toneladas de CO₂ al año 2030 en el escenario de referencia, y que la penetración de vehículos eléctricos reduce 523 mil toneladas de CO₂ en el escenario pesimista (reducción del 5%), 1,5 millones de toneladas de CO₂ en el escenario promedio (13%), y 2,4 millones de toneladas de CO₂ en el escenario optimista (21%). No obstante, a lo anterior, se toman como referencia las emisiones de CO₂ provenientes del método IPCC por su carácter oficial. El gráfico a continuación muestra las emisiones vehiculares por escenario al año 2030.

³¹ La metodología Nivel 1 del IPCC (factores de emisión de CO₂ por defecto) se basa en el combustible consumido por el parque vehicular. Para detalles del método, consultar Construcción de la línea base del parque de vehículos particulares de este informe.

³² ver Construcción de la línea base del parque de vehículos particulares de este informe.

Gráfico 7.4

Emisiones totales del parque vehicular 2017-2030



Fuente: Elaboración propia

7.3.2. Aumento de emisiones de centrales de generación eléctrica

Para el cálculo de las emisiones estacionarias de las centrales de generación eléctrica, se utilizó la metodología del IPCC 2006 Nivel 2³³. Esta estimación resulta de multiplicar el consumo de combustible para la generación eléctrica por el factor de emisión específico del país. El combustible quemado se estimó a partir de la demanda adicional de electricidad, considerando que la mayor parte de la energía del combustible se entrega al usuario final (IPCC, 2016; Sección 2.3.3.1). El factor de emisión de CO₂ de la red eléctrica de Guatemala el 2010 se situó en 0,518 TCO₂/MWh³⁴. Este dato es reportado por el MARN en su informe consignado en la 20a Cumbre de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 20) y es validado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

Las emisiones de las centrales para atender la nueva demanda de electricidad se encuentran entre 764 mil y 1,5 millones de TCO₂. En el escenario pesimista, las emisiones alcanzan 405 mil TCO₂ al año 2030; mientras que para el escenario promedio y optimista se ubican en 1,1 y 1,8 millones de TCO₂, respectivamente. No obstante, la inclusión de las emisiones del sector generación es evitable si se atiende la demanda con centrales en base a energías renovables. En consideración de lo anterior, se identifica una oportunidad para lograr un mayor aprovechamiento de los beneficios de los vehículos eléctricos.

³³ La sección 2.3 de la guía Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 2: Energía, presenta las instrucciones detalladas del método.

³⁴ Entre 2003 y 2010, el factor de emisión del país se redujo 31% pasando de 0,753 TCO₂/MWh a 0,518 TCO₂/MWh (MARN).

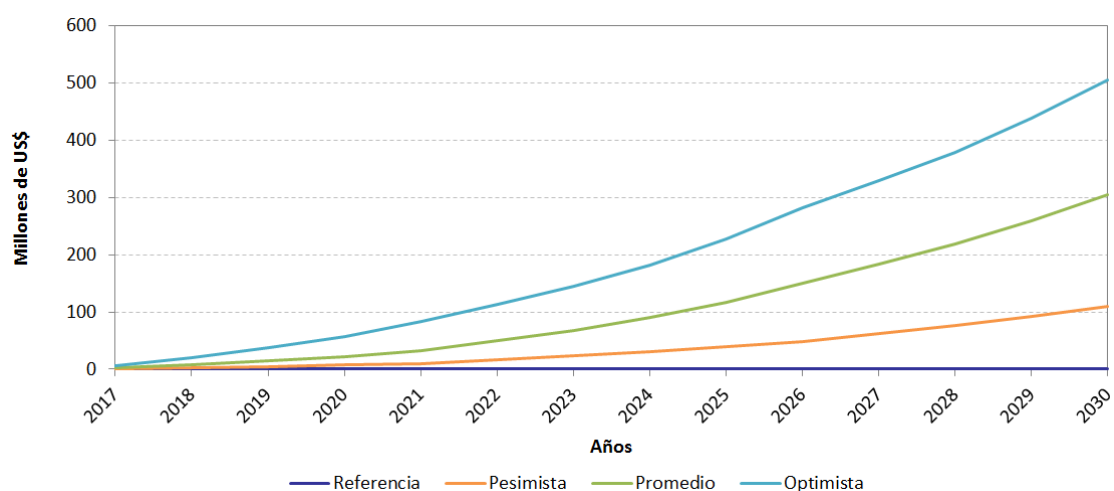
7.4. Impactos económicos

7.4.1. Ingresos no percibidos por venta de combustibles

Al año 2030, la cantidad de ingresos recaudados por impuestos al consumo de combustibles líquidos³⁵ alcanza US\$ 23 millardos en el escenario de referencia. El escenario pesimista sugiere una reducción del 2% en estos ingresos. En el escenario promedio, el total de ingresos no percibidos entre 2017-2030 es de US\$ 1,5 millardos, lo que representa una disminución del 7% respecto al escenario de referencia. Esta reducción del ingreso asciende al 12% en el escenario optimista. El gráfico siguiente presenta los ingresos no percibidos por año provenientes de la reducción del consumo de combustible entre 2017 y 2030.

Gráfico 7.5

Ingresos no percibidos de impuestos al combustible 2017-2030



Fuente: Elaboración propia

La tabla a continuación muestra un resumen de los impactos económicos y medio ambientales por escenario de penetración de vehículos eléctricos.

³⁵ Impuesto de la gasolina nacional se asume constante durante el horizonte de proyección 2017-2030.

Tabla 7.1.
Escenarios de penetración de vehículos eléctricos en Guatemala

Escenario	Indicadores	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Referencia	Cantidad [unidades]	1.830.025	1.939.827	2.056.216	2.179.599	2.310.365	2.448.987	2.595.926	2.751.681	2.916.782	3.091.789	3.277.287	3.473.994	3.682.371	3.903.313	3.903.313
	Motor de combustión interno	1.830.025	1.939.827	2.056.216	2.179.599	2.310.365	2.448.987	2.595.926	2.751.681	2.916.782	3.091.789	3.277.287	3.473.994	3.682.371	3.903.313	3.903.313
	Eléctricos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Consumo total anual de combustible [litros]	2.112.942.484	2.252.264.945	2.401.004.465	2.559.799.915	2.729.533.557	2.910.333.993	3.105.579.315	3.309.900.469	3.530.154.945	3.765.380.119	4.016.468.346	4.284.620.341	4.570.900.350	4.876.571.047	48.423.314.189
	Consumo total anual de electricidad [kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Emissiones totales según análisis de marca [TCO ₂] ¹	4.963.144	5.260.448	5.639.875	6.012.927	6.411.206	6.839.424	7.300.408	7.779.112	8.292.619	8.845.157	9.435.102	10.064.994	10.737.545	11.455.650	108.050.611
	Emissiones totales según IPCC 2006 [TCO ₂] ²	5.183.513	5.525.301	5.890.192	6.279.732	6.699.656	7.139.690	7.613.763	8.119.914	8.660.320	9.237.306	9.853.354	10.511.116	11.213.424	11.963.302	113.866.603
	Emissiones totales según IPCC 2006 [TCO ₂] ²	1.830.025	1.939.827	2.056.216	2.179.599	2.310.365	2.448.987	2.595.926	2.751.681	2.916.782	3.091.789	3.277.287	3.473.994	3.682.371	3.903.313	3.903.313
	Motor de combustión interno	1.825.882	1.921.291	2.043.025	2.161.463	2.287.008	2.411.767	2.544.013	2.684.193	2.832.784	2.990.280	3.149.826	3.318.935	3.498.180	3.688.200	3.688.200
	Eléctricos	4.143	8.595	13.181	18.126	23.397	37.219	51.813	67.489	83.999	101.499	127.471	155.000	184.481	215.113	215.113
Peñalista	Consumo total anual de combustible [litros]	2.109.402.312	2.244.897.790	2.389.503.122	2.543.635.533	2.708.554.088	2.877.298.306	3.056.893.727	3.248.467.619	3.451.861.991	3.670.931.452	3.897.338.011	4.138.050.054	4.394.803.617	4.668.682.532	45.401.509.543
	Consumo total anual de electricidad [kWh]	14.671.769	30.187.908	46.598.035	63.954.655	82.313.475	101.009.926	120.514.633	140.902.314	162.618.180	185.577.004	209.628.787	234.710.963	260.742.109	287.742.109	3.819.122.109
	Emissiones totales según análisis de marca [TCO ₂] ¹	4.954.143	5.271.734	5.610.685	5.972.743	6.393.595	6.795.711	7.172.206	7.619.790	8.097.241	8.606.708	9.134.385	9.695.426	10.293.896	10.927.326	106.472.208
	Emissiones totales según IPCC 2006 [TCO ₂] ²	5.174.828	5.507.228	5.861.977	6.240.988	6.644.679	7.058.646	7.499.208	7.969.206	8.470.629	9.005.602	9.561.028	10.131.547	10.781.420	11.453.305	111.379.891
	Emissiones totales según IPCC 2006 [TCO ₂] ²	1.830.025	1.939.827	2.056.216	2.179.599	2.310.365	2.448.987	2.595.926	2.751.681	2.916.782	3.091.789	3.277.287	3.473.994	3.682.371	3.903.313	3.903.313
	Motor de combustión interno	1.823.810	1.917.221	2.017.599	2.124.669	2.234.560	2.356.382	2.484.652	2.629.019	2.786.781	2.958.314	3.145.617	3.358.245	3.602.245	3.878.185	3.878.185
	Eléctricos	6.215	22.606	38.622	54.920	73.805	102.605	132.274	167.662	219.421	278.438	346.800	424.590	512.742	597.128	597.128
Promedio	Consumo total anual de combustible [litros]	2.107.632.226	2.232.848.807	2.367.401.997	2.514.483.531	2.662.092.003	2.810.079.037	2.966.365.122	3.129.956.065	3.300.837.635	3.472.020.206	3.650.920.384	3.846.657.359	4.072.006.685	4.298.111.452	43.454.406.509
	Consumo total anual de electricidad [kWh]	22.007.653	79.930.982	136.433.080	195.777.935	267.147.040	396.362.759	535.358.202	694.107.309	874.822.483	1.106.187.103	1.325.028.167	1.575.647.893	1.817.785.686	2.081.951.942	11.087.567.883
	Emissiones totales según análisis de marca [TCO ₂] ¹	4.949.643	5.241.109	5.554.578	5.890.392	6.240.793	6.598.420	6.949.116	7.320.040	7.713.069	8.106.841	8.538.029	8.998.779	9.480.830	9.999.707	101.589.348
	Emissiones totales según IPCC 2006 [TCO ₂] ²	5.170.486	5.477.669	5.807.758	6.161.222	6.539.697	6.938.727	7.377.146	7.879.471	8.097.681	8.320.083	8.581.043	8.873.495	9.199.528	9.544.213	106.663.219
	Cantidad [unidades]	1.830.025	1.939.827	2.056.216	2.179.599	2.310.365	2.448.987	2.595.926	2.751.681	2.916.782	3.091.789	3.277.287	3.473.994	3.682.371	3.903.313	3.903.313
	Motor de combustión interna	1.813.452	1.880.666	1.955.187	2.028.024	2.112.779	2.191.663	2.273.959	2.354.513	2.432.605	2.504.547	2.600.991	2.703.198	2.804.860	2.917.885	2.917.885
	Eléctricos	16.574	59.261	101.020	143.566	197.586	267.323	321.967	397.469	484.177	587.245	676.306	770.796	877.514	985.428	985.428
Optimista	Consumo total anual de combustible [litros]	2.089.781.797	2.201.359.988	2.313.101.035	2.433.494.749	2.554.046.791	2.679.733.122	2.812.980.845	2.944.022.924	3.088.731.446	3.219.117.739	3.378.744.012	3.550.517.264	3.727.543.237	3.919.300.458	40.918.975.406
	Consumo total anual de electricidad [kWh]	58.667.075	209.591.231	356.890.710	506.547.981	699.321.262	906.765.927	1.131.961.931	1.384.692.434	1.698.207.429	2.057.252.034	2.366.443.959	2.699.655.932	3.065.177.727	3.439.800.613	20.574.996.164
	Emissiones totales según análisis de marca [TCO ₂] ¹	4.937.142	5.161.095	5.416.741	5.692.805	5.995.973	6.323.487	6.653.869	6.957.565	7.244.672	7.566.005	7.826.608	8.124.908	8.413.578	8.696.711	95.180.040
	Emissiones totales según IPCC 2006 [TCO ₂] ²	5.146.773	5.400.420	5.674.546	5.969.898	6.286.639	6.573.975	6.898.653	7.239.686	7.565.072	7.897.204	8.238.802	8.570.200	8.914.484	9.244.906	100.382.268

Fuente: Elaboración propia

¹ Emissiones vehiculares estimadas a partir de los factores de emisión de CO₂ según especificaciones de fabricantes.
² Emissiones vehiculares según directrices del IPCC 2006 basado en el consumo de combustible consumido Nivel 1 (factores de emisión por defecto de CO₂). Se asume que el factor de emisión de CO₂ por defecto es constante e igual a 69.300 kg/TJ, que corresponde al factor de emisión de la gasolina para motores (IPCC, 2006). Y sólo se considera el factor de emisión de la gasolina, ya que 98% del parque de vehículos particulares se abastece plenamente de este combustible (MEM, 2016).

7.4.2. Rentabilidad de vehículos eléctricos respecto a vehículos tradicionales

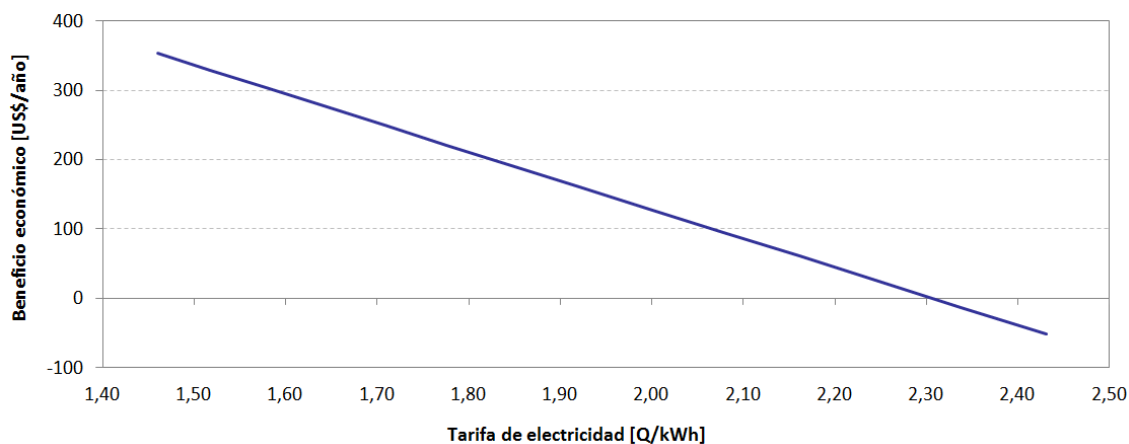
Los vehículos eléctricos tienen una alta rentabilidad. Al comparar los gastos operativos por consumo de electricidad de los EV respecto al gasto en combustibles líquidos para las tecnologías tradicionales, se observa que los usuarios de EV pueden ahorrar en promedio US\$2.360 cada cinco años. Para los vehículos sedán y SUV el ahorro anual alcanza US\$243 y US\$352, respectivamente; mientras que los modelos eléctricos tipo pick-up pueden reducir el gasto en US\$1.280 comparado con sus pares convencionales. Este umbral de rentabilidad se basa en las tarifas de electricidad propuestas para recarga de EV que sugiere precios cercanos a 1,46 Q/kWh en los primeros cinco años de apertura del mercado.

7.4.3. Precio máximo de tarifas de electricidad

El precio de equilibrio muestra que la tarifa de 1,46 Q/kWh podría aumentarse 57%. Al aplicar este ajuste para llevar la tarifa hasta 2,30 Q/kWh (US\$0,31/kWh)³⁶, los vehículos eléctricos tendrían las mismas condiciones de rentabilidad de los vehículos tradicionales. Es importante notar que, bajo el escenario de precios estimado para los combustibles líquidos, la aplicación de una tarifa superior a 2,30 Q/kWh eliminaría el incentivo económico de los propietarios potenciales de vehículos eléctricos. El gráfico siguiente muestra la relación de rentabilidad para los propietarios de vehículos eléctricos.

Gráfico 7.6

Rentabilidad promedio respecto a la tarifa de electricidad para EV



Fuente: Elaboración propia

³⁶ Tasa de cambio de Q7,35571/US\$ al 10 de junio de 2017 de acuerdo al MEM.

Capítulo 8

Propuesta de implementación

Este capítulo describe la hoja de ruta y mapa de distribución de responsabilidades en base a las barreras identificadas para el desarrollo del mercado de los EV en Guatemala. También se incluyen las actividades por línea de acción, destacando el rol del Estado.

8.1. Barreras generales de los EV en Guatemala

La apertura de nuevos mercados enfrenta obstáculos que dificultan su desarrollo. Para el caso de la instrucción de vehículos eléctricos se enfrentan barreras de información, técnicas, de financiación y regulatorias. Las barreras de información se centran en el desconocimiento de los usuarios de los beneficios de adquirir EV. En general, los clientes tienen percepciones de los EV que se basan en su experiencia con vehículos convencionales. Por otra parte, se observan barreras técnicas en la falta de capacidades de los comercializadores para ofrecer servicios de mantenimiento y reparación de los EV. Además, la oferta reducida de modelos de EV limita las opciones para disponibles para satisfacer las necesidades de los distintos clientes. Para el caso de Guatemala, se identifica que la venta de EV puede atender ciertos segmentos de la demanda y su impacto será poco significativo durante los primeros años de apertura del mercado. Las barreras de financiación se encuentran en los escasos incentivos para promover la inversión privada en la infraestructura de recarga de baterías de EV. Por último se identifica como barrera regulatoria la necesidad de definir un marco legal que organice el sector y que establezca reglas e incentivos claros para las estaciones de recarga, adquisición de EV y coordinación entre los distintos agentes del mercado.

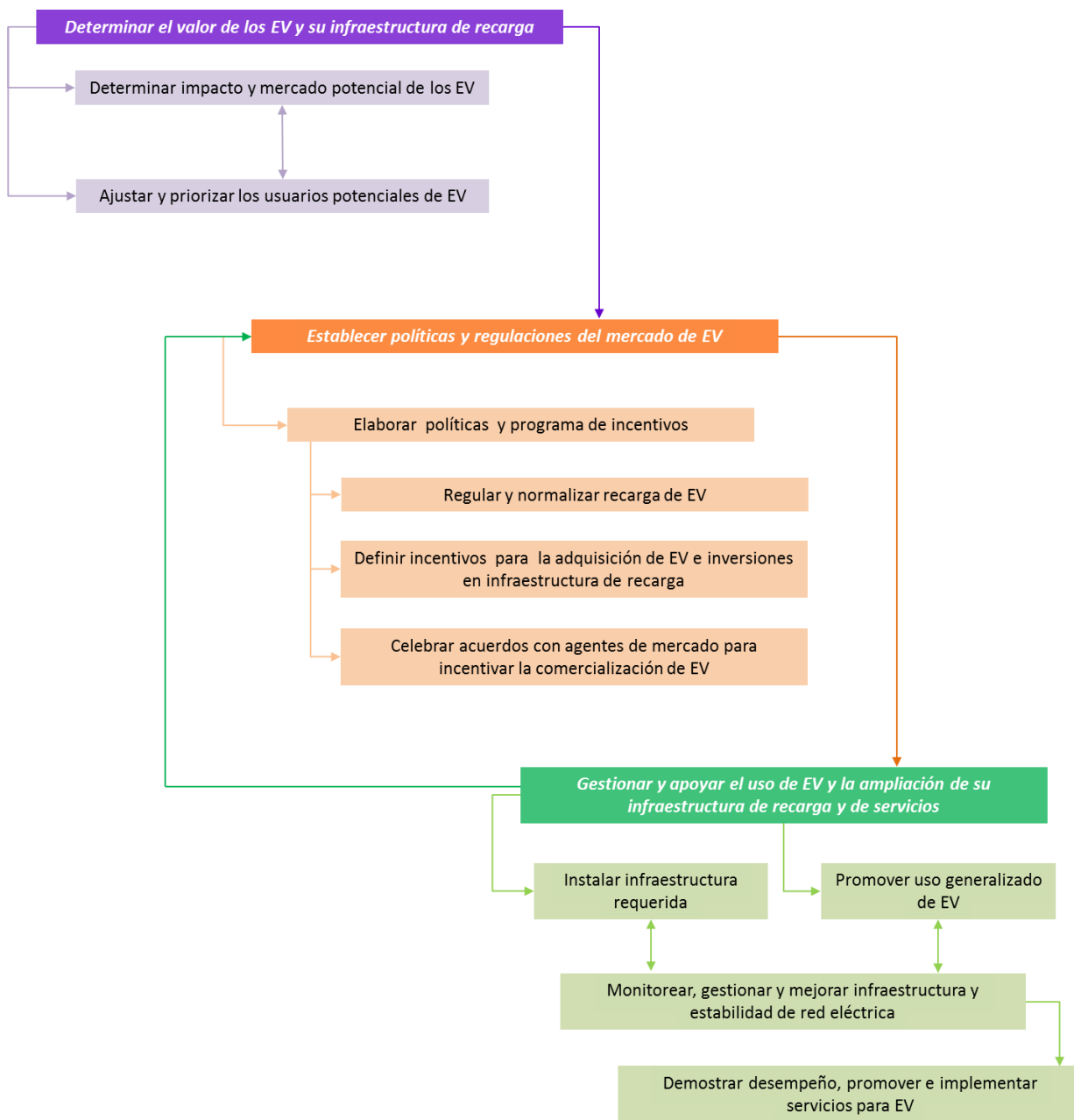
8.2. Plan de implementación

Para superar las barreras de entrada se recomienda (i) Determinar/actualizar el valor (o beneficio) de los EV y su infraestructura, (ii) Establecer políticas y regulaciones del mercado de EV y (iii) Gestionar y apoyar el uso de EV y la ampliación de su infraestructura de recarga y de servicios.

Cada línea directriz se compone de acciones sugeridas que requieren de la coordinación institucional. La figura siguiente resume la hoja de ruta que se detalla seguidamente.

Figura 8.1

Líneas directrices para el desarrollo del mercado de EV en Guatemala



Fuente: Elaboración propia

8.2.1. Hoja de ruta

La primera línea directriz de la hoja de ruta recomienda la valoración del mercado producto de la introducción de los EV. La primera parte del presente informe representa un primer ejercicio de la valoración del nuevo mercado de vehículos particulares. Sin embargo, es recomendable completar este análisis integrando el resto de los modos de transporte que componen al sector. Para ello, es relevante lograr una coordinación inter-institucional que facilite el acceso a la información y desarrolle investigaciones conjuntas que involucren: la actualización del análisis de impacto económico y medio ambiental de los EV; el desarrollo de herramientas de monitoreo y control de la nueva demanda de electricidad; el estudio de percepciones del cliente, actitudes y aceptación de las tecnologías de EV; y la formulación de modelos de negocios para la importación y distribución de los vehículos. La articulación de estas actividades permitirá determinar el valor real del mercado, y proveer información para apoyar el desarrollo de la infraestructura de carga y la gestión de la nueva demanda de electricidad.

La segunda línea directriz, contempla la elaboración un marco regulatorio y normativo para la instalación, funcionamiento y monitoreo de la infraestructura de recarga de EV y certificación de seguridad y calidad de los vehículos. Se recomienda que las instituciones del Estado lideren investigaciones orientadas al desarrollo de la infraestructura de recarga de EV, certificación de calidad y seguridad de vehículos, la estandarización de las interfaces de recarga y el establecimiento de tarifas de electricidad. En los primeros años del mercado, se recomienda que las regulaciones sean flexibles, para luego ser revisadas y modificadas en base a la experiencia ganada con el funcionamiento del mercado.

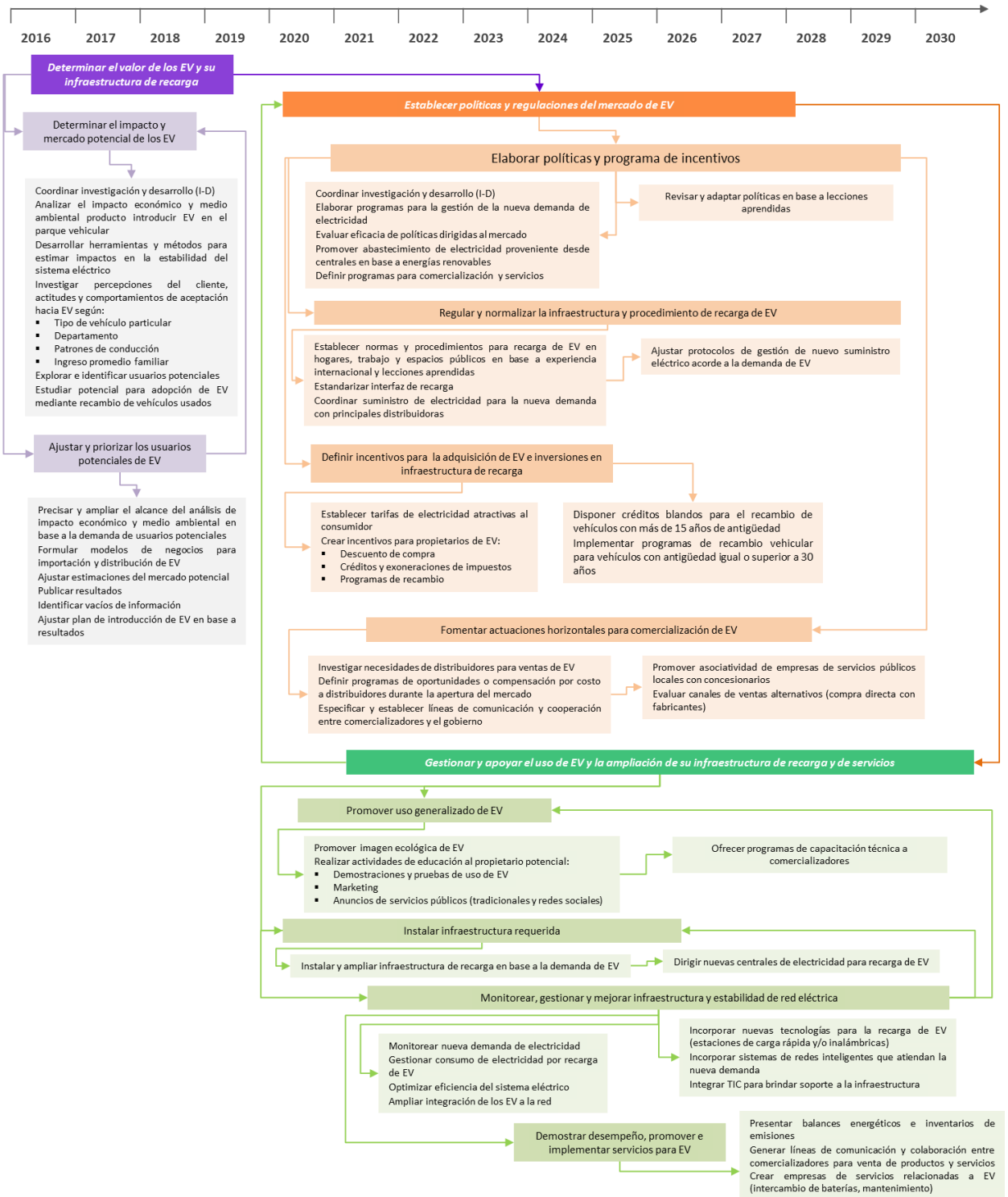
Por otra parte, la celebración de acuerdos entre el gobierno y los agentes del mercado (como empresas de servicios de electricidad, fabricantes y comercializadores de vehículos) facilitará el despliegue de la infraestructura y servicios vinculados a los EV. Específicamente, se identifican a las instituciones relacionadas al sector energía y transporte como las más adecuadas para levantar información comercial y definir los incentivos dirigidos a impulsar la comercialización de los EV y crear los canales de comunicación entre los actores relevantes.

La tercera línea directriz busca promover el uso generalizado de EV, así como ampliar la infraestructura de recarga y de servicios. En particular se recomienda brindar información a los posibles propietarios para que se familiaricen con las tecnologías de EV y sus beneficios. La educación al cliente tiene como principal objetivo generar confianza y facilitar el entendimiento del consumo energético de los vehículos. Otra acción relevante se relaciona con promover la instalación de infraestructura de recarga en base a la demanda proyectada. El monitoreo y la planificación del sector podría ponerse a disposición por medio de publicaciones que muestren, entre otras variables, las zonas con mayor crecimiento proyectado de demanda de recarga.

Por último, la experiencia internacional muestra la importancia de incorporar tecnologías de información y comunicación (TIC) al soporte de la infraestructura de recarga. Esta medida facilitará el acceso a la información sobre la disponibilidad de puntos de recarga y el monitoreo del crecimiento e integración de la infraestructura con el parque vehicular eléctrico. Además, las TIC podrían proveer mediciones del consumo promedio mensual (o anual) y facturación, entre otros. La figura siguiente muestra la línea de tiempo para la implementación de las actividades derivadas de las tres directrices propuestas.

Figura 8.2

Línea de tiempo para las actividades que componen cada directriz



Fuente: Elaboración propia

8.2.2. Mapa institucional

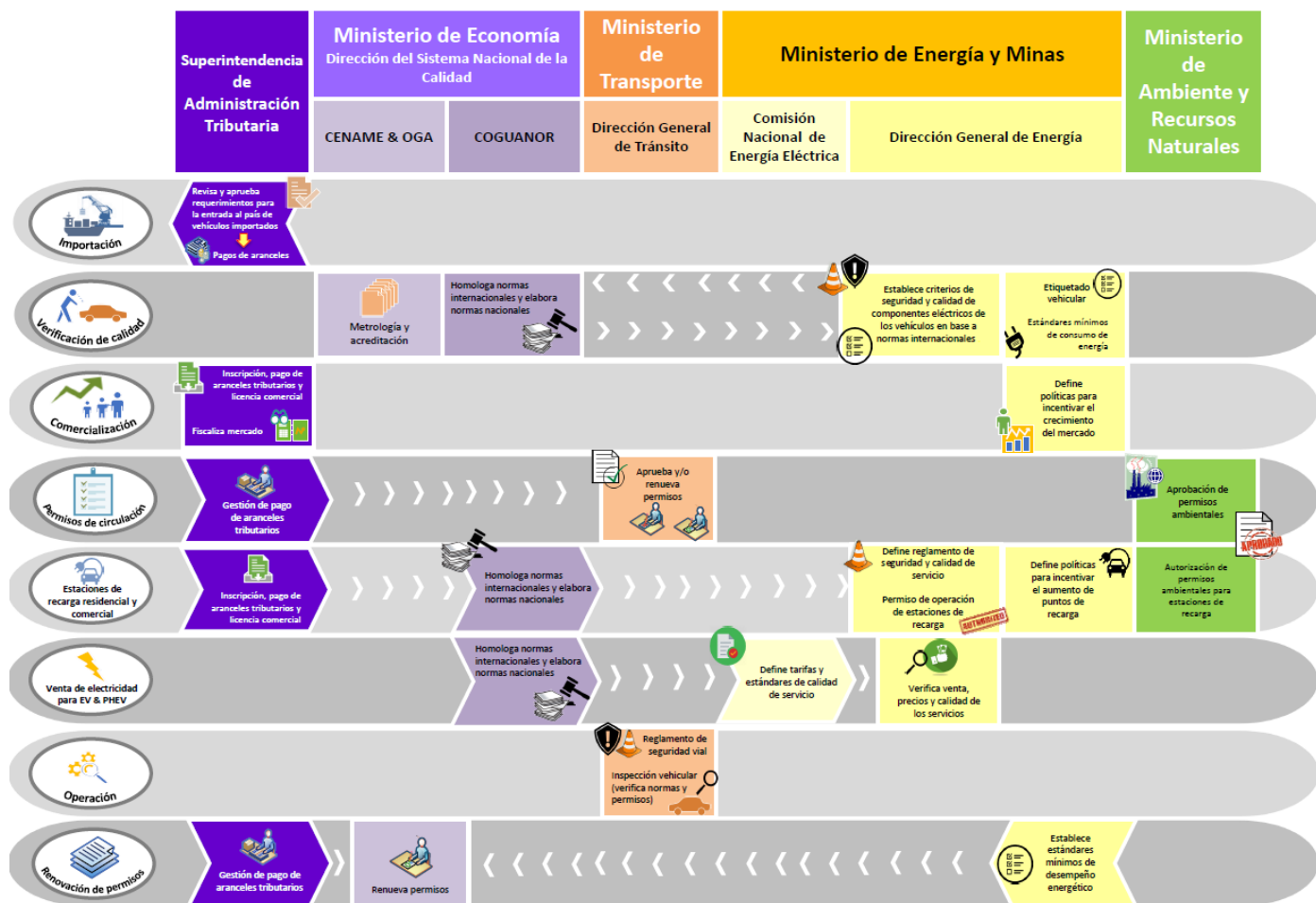
El mapa institucional tiene por objeto distribuir las responsabilidades más relevantes para lograr las condiciones que promuevan la apertura y maduración del mercado de los EV en Guatemala.

Por un lado, se observa que la SAT, junto al Ministerio de Economía (MINECO), tiene las capacidades técnicas y atribuciones para homologar las normas y requerimientos para aprobar la comercialización de vehículos. Además, la SAT cuenta con la plataforma para gestionar los aranceles tributarios, licencias comerciales y fiscalización del nuevo mercado. En referencia a las regulaciones y estándares técnicos se identifican al Ministerio de Energía y Minas (MEM), el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), y la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) como las instituciones con mejores capacidades técnicas para su definición. Parte de sus responsabilidades consistirían en normalizar el consumo de electricidad de los EV, promover los beneficios ambientales de los vehículos, fijar tarifas de electricidad, verificar la calidad de los servicios y autorizar permisos para la instalación de las estaciones de recarga. En la definición de tarifas, las empresas distribuidoras de electricidad podrían colaborar con la elaboración de propuestas de planes de tarifas para los propietarios de EV y prestadores de servicio de recarga. Por otro lado, se sugiere integrar al Ministerio de Transporte por medio de la Dirección General de Tránsito en la definición de los requerimientos de seguridad vial dirigidos a los EV.

La figura siguiente presenta el mapa institucional propuesto para el monitoreo y regulación del mercado de los EV en Guatemala.

Figura 8.3.

Mapa institucional de responsabilidades del mercado de los EV en Guatemala



Capítulo 9

Cientes y comercializadores

A continuación, se describen las necesidades del propietario potencial y las barreras que enfrenta la comercialización de los EV. Además, se proponen acciones para la superación de los obstáculos identificados.

9.1. Necesidades del cliente y barreras

Para promover el crecimiento de la demanda de EV es esencial identificar los requerimientos mínimos del cliente potencial. En particular se tiene que mejorar la información disponible sobre los hábitos de conducción, uso y preferencias de vehículos de los clientes potenciales. Esta información permitirá definir las acciones de promoción de los EV y reemplazo de los vehículos tradicionales. También, es importante conocer las dificultades inherentes a los posibles usuarios para adquirir y conducir un EV, y definir las acciones de coordinación y apoyo del sector público y privado.

La adopción de los EV enfrenta principalmente la falta de información de los potenciales propietarios. Esta barrera involucra la incertidumbre respecto a los aspectos técnicos y económicos de los vehículos, así como de acceso a la recarga. La experiencia internacional indica que las dudas más frecuentes que condicionan la compra de los EV son las siguientes: ¿Los EV tienen suficiente potencia como para ser manejados en la autopista?, ¿Cuál es el gasto eléctrico que añadirá a mi vivienda el consumo por recarga del EV?, ¿Es seguro manejar un EV bajo la lluvia o pasar por charcos de agua?, ¿Qué tan ecológicos son los EV en comparación con los vehículos convencionales? (Kurani et al., 2009; Turrentine et al., 2011).

Las campañas de información pueden apoyar la transmisión de conocimiento a los clientes potenciales sobre el funcionamiento de los EV. Entre otros elementos, es importante mostrar que estos vehículos son capaces de cumplir con los estándares de seguridad, comodidad y fiabilidad que ofrecen los vehículos tradicionales a un costo competitivo. Se observa que el Ministerio de Energía y Minas (MEM) podría elaborar un programa de etiquetado vehicular para entregar información oportuna que pueda guiar la decisión de compra de los clientes potenciales. El etiquetado vehicular de países como México y Chile incluye el promedio de los costos de combustible y emisiones de CO₂ estimados para un año de uso. En el caso de los EV, el MEM podría incluir las millas por galón equivalente, como indicador de la eficiencia del vehículo. Este etiquetado facilitaría el entendimiento de la electricidad como combustible en una base comparable con el consumo de vehículos tradicionales.

Actualmente la experiencia de Guatemala con vehículos eléctricos es escasa. Sólo se conoce el desarrollo de un plan piloto de la empresa EEGSA para hacer uso de la electricidad como combustibles para vehículos. Esto sugiere que la mayor parte de los clientes potenciales no tienen conocimiento del costo de conducir un EV, el gasto mensual que implica su funcionamiento, o el tiempo de carga de una batería promedio.

9.1.1. Batería del vehículo y su recarga

La incertidumbre sobre los aspectos técnicos de la batería del vehículo también influye sobre la decisión de compra de los EV. Por una parte, los conductores pueden tener sesgos basados en el conocimiento previo de las baterías de automóviles de combustión interna. Las baterías de vehículos de combustión interna son de corta duración (dos a tres años) y contienen materiales tóxicos. Al asumir que las baterías de los EV y vehículos tradicionales tienen similares características, los compradores potenciales podrían condicionar la compra en base a su preocupación por la duración y correcto reciclaje o desecho de las baterías de los vehículos eléctricos. Contrariamente a este sesgo, las baterías los EV tienen una vida útil superior a diez años. Al mismo tiempo, sus componentes de iones de litio pueden disponerse de forma más segura en vertederos en los que las baterías de vehículos convencionales no pueden depositarse. De acuerdo a la *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) las baterías de iones de litio representan un riesgo significativamente menor para el medio ambiente que las baterías de vehículos convencionales.

Otra incertidumbre sobre las baterías es la disponibilidad de la infraestructura de recarga. Antes de comprar un vehículo, los compradores potenciales tendrían que verificar que la capacidad instalada en su residencia se adecúa a los requerimientos para la recarga del EV e investigar sobre los puntos de recarga en zonas públicas. Este proceso de verificación alarga y dificulta el proceso de compra de los vehículos eléctricos respecto a los vehículos convencionales. A diferencia de los EV, la compra de un vehículo convencional puede suceder rápidamente, con financiamiento y demás incentivos de mantenimiento y garantía que ofrecen los concesionarios.

9.1.2. Experiencia de conducción y propiedad

El desconocimiento de la experiencia de conducción de los EV también influye en la decisión de compra. Los EV proporcionan una experiencia diferente a la de un vehículo con motor de combustión interna. Los motores eléctricos tienen alto torque por lo tanto aceleran más rápido a velocidades más bajas y producen menos ruido en la aceleración. Además, los vehículos totalmente eléctricos por lo general no tienen engranajes, por lo que tampoco cuentan con una caja de cambios. Por último, las funciones de frenado regenerativo también agregan diferencias en la experiencia de transporte y conducción de estos vehículos. Estas diferencias experimentadas por el conductor podrían resultar en el rechazo o aceptación de la nueva tecnología.

El mantenimiento y costos de servicio de los EV también condicionan la decisión de compra. La escasa experiencia en Guatemala con este tipo de vehículos restringe las opciones de establecimientos que pueden prestar servicios de mantenimiento y reparación. La dependencia de un concesionario especializado para realizar el mantenimiento del vehículo es un factor condicionante de compra para aquellos propietarios que preferirían optar por un mecánico o taller local de reparaciones. Además, los propietarios tendrían que informarse sobre las prácticas básicas de seguridad y frecuencia de mantenimiento. En particular, es relevante contar con conocimiento básico para completar la recarga segura de las baterías, junto con las prácticas para evitar riesgos de descargas eléctricas e incendios.

9.1.3. Costos

El costo directo de los vehículos y la incertidumbre del costo promedio anual de funcionamiento se identifican como las principales barreras para la adopción de los EV. Si bien los costos observados de estos vehículos superan el valor de mercado de una parte importante de los vehículos convencionales nuevos que son importados a Guatemala, se espera que la curva de aprendizaje tecnológico, en particular de las baterías, reduzca significativamente los costos de adquisición de los EV. A este respecto, el gobierno podría considerar la implementación de incentivos fiscales para la adquisición de esta tecnología y elaboración de programas de recambio en a base a créditos con tasas preferenciales negociados con bancos privados.

Los costos estimados en el análisis de impacto económico y medioambiental varían por escenario de penetración. Para alcanzar un escenario promedio de incorporación de los EV, se propone considerar la excepción del 50% de los impuestos a las importaciones de EV, así como poner a disposición créditos blandos dirigidos a recambiar vehículos con antigüedad igual o menor a 15 años. En el caso del escenario optimista, se recomienda la exoneración total del cobro de impuestos a los EV para los primeros años de desarrollo del mercado, y la implementación de programas de recambio para vehículos con antigüedad igual o menor a 30 años.

La competitividad de los vehículos eléctricos respecto a los modelos convencionales dependerá de los costos de adquisición y del beneficio económico percibido de la reducción de los costos de funcionamiento. Se espera que los propietarios busquen que el ahorro en el gasto de combustible (en un horizonte de 5 a 10 años) sea suficiente como para cubrir las diferencias de precios de adquisición del vehículo eléctrico respecto a sus pares de tecnología tradicional. Aunque la magnitud del efecto de los precios del combustible en las decisiones del consumidor es incierta, se considera razonable asumir que mientras mayor sea el precio de la gasolina, mayores serán las ventas de los EV. Este mismo efecto ocurriría al reducir las tarifas de electricidad dirigidas a estos

vehículos. En consideración de lo anterior, se recomienda fijar tarifas de electricidad que preserven la conveniencia económica de los propietarios potenciales, y que, una vez establecido el mercado, se apliquen ajustes a las tarifas de electricidad.

9.1.4. Autonomía del vehículo

La autonomía del vehículo restringe la versatilidad de uso de los vehículos eléctricos. Para usuarios que viajan distancias cortas o disponen de medios alternativos de transporte, la opción de comprar un vehículo totalmente eléctrico no supondría un riesgo sobre la decisión de compra. Sin embargo, la autonomía limitada y la escasa disponibilidad de estaciones de recarga podrían condicionar la adopción de estos vehículos para clientes con una alta intensidad de uso de sus vehículos. Además, existen propietarios potenciales que consideran ventajoso tener un vehículo que les permita viajar largas distancias, aunque no lo necesiten. Por esto, un vehículo que no cuente con una amplia autonomía sería desvalorizado por una parte de la demanda potencial.

Como alternativa a la limitada autonomía de los EV, los vehículos híbridos o PHEV (por sus siglas en inglés) combinan su funcionamiento eléctrico con motores de combustión interna. En principio, esta opción tecnológica elimina las restricciones de las baterías. No obstante, la baja intensidad de uso de estos vehículos en modo eléctrico reduciría el ahorro potencial en el gasto de combustible. De esta forma el limitado potencial de ahorro de los PHEV representaría una desventaja económica para su comercialización, en particular si se comercializan con un sobreprecio respecto a las tecnologías convencionales. Como se mencionó anteriormente, la propuesta de valor será el factor que determinará la conveniencia del recambio tecnológico. Esta opción debe contemplar la capacidad del vehículo para satisfacer las necesidades del cliente y su disposición al recambio tecnológico en base al ahorro potencial.

9.1.5. Acceso a la recarga de baterías

La recarga de baterías no representaría un obstáculo para aquellos propietarios que tienen estacionamiento propio en su vivienda. No obstante, los clientes que habiten en viviendas bajo contratos de arriendo podrían enfrentar dificultades para solicitar los puntos de recarga y hacer modificaciones en la propiedad. Por otra parte, para aquellos que habitan en viviendas sin estacionamiento propio, la posibilidad de completar la recarga nocturna puede complicarse en caso de no existir infraestructura pública. Además de asegurar la disponibilidad, los puntos de recarga nocturna tendrían que localizarse en zonas de acceso inmediato a los vehículos.

La disponibilidad de puntos de recarga en los sitios de trabajo también podría incentivar el desarrollo del mercado. Sin embargo, este tipo de servicio requeriría de negociaciones con los prestadores de servicio, ya que aumentaría los gastos fijos de las empresas. En particular se debe evaluar si la electricidad consumida puede pagarse directamente por los usuarios del servicio o cubrirse por medio de impuestos municipales.

Por último, es importante disponer de puntos de recarga rápida accesibles a todo público. La experiencia internacional indica que esta infraestructura es el mecanismo más efectivo para promover la adopción generalizada de EV.

9.2. Apoyo del gobierno para superar las barreras de los clientes

El gobierno puede acelerar la superación de las barreras para la introducción de los EV en Guatemala. En particular, su contribución podría dirigirse a la transmisión de conocimiento a los clientes potenciales, la implementación de incentivos a la importación de vehículos e instalación de infraestructura de recarga, el análisis de los hábitos de uso vehicular, y la elaboración de leyes y reglamentos para otorgar atribuciones institucionales enfocadas a controlar, monitorear y organizar el nuevo mercado.

9.2.1. Educación al cliente

La confianza en el mercado se basa en publicitar los beneficios de adquirir EV. En particular, los propietarios potenciales tienen que familiarizarse con los costos de operación, el rendimiento de los vehículos, sus costos de mantenimiento, incentivos disponibles, y la infraestructura de carga requerida. A este respecto se recomienda apoyar la preparación de:

- Anuncios o campañas publicitarias (tradicionales y redes sociales). Esta acción buscaría dar a conocer los beneficios de conducir EV. Además, se pueden incluir enlaces a sitios web nacionales (similares al sitio web del Departamento de Energía de los Estados Unidos: fueconomy.gov) que ayuden a los clientes a comprender las variables a considerar para la compra y los gastos de funcionamiento de los EV.
- Actividades de demostración en lugares con alta visibilidad. La experiencia internacional indica que la intención de compra de EV aumenta considerablemente cuando los propietarios experimentan la conducción de estos vehículos (Kurani et al., 2009; Turrentine et al., 2011). Algunos ejemplos pueden encontrarse en el programa Clean Cities del Departamento de Energía de Estados Unidos³⁷.

En general, las actividades de educación al cliente aumentarán la familiaridad y aceptación de la nueva tecnología. Sin embargo, para diseñar estas actividades se recomienda estudiar previamente la percepción del cliente, sus intereses y comportamientos hacia los EV.

9.2.2. Incentivos para clientes

La aplicación de incentivos requiere del análisis del público objetivo y los resultados esperados. Entre las opciones de incentivos, se recomienda que las instituciones gubernamentales contemplen exenciones fiscales, acuerdos con la banca privada para el ofrecimiento de créditos flexibles, ofrecimiento de espacios de estacionamiento libre o de costos reducidos para EV, exención de costos de licencia de conducir o cuotas de inscripción y aumento de impuestos sobre los combustibles líquidos, entre otros.

Los incentivos pueden compensar parte de la incertidumbre sobre los costos adicionales de los EV. Además, la permanencia de estos estímulos durante los primeros años de desarrollo del mercado será relevante para los compradores que presentan más aversión al riesgo, y que prefieren esperar la maduración del mercado para considerar el recambio tecnológico. El análisis de la experiencia previa en la aplicación de nuevos incentivos podría contribuir a mejorar el diseño, rentabilidad y creación instrumentos para promover el crecimiento de la demanda.

9.2.3. Análisis de percepción del cliente potencial

Las variables como la intensidad de uso de los vehículos particulares en Guatemala carecen de seguimiento en una base de datos institucional de acceso público. La evaluación de estas variables es necesaria para ajustar el diseño de estrategias comerciales del sector privado, y generar repositorios de información relevante para la elaboración de políticas dirigidas a incentivar la adopción de EV.

Por otra parte, el gobierno puede apoyar en la articulación de los intereses de los comercializadores de EV con los objetivos de reducción del consumo de energía y emisiones de CO₂. En particular, instituciones como el MEM y la DGT podrían celebrar acuerdos con los

³⁷ El programa Clean Cities del Departamento de Energía de los Estados Unidos, es una coalición de grupos de interés, que fomenta soluciones de transporte alternativos en las comunidades y trabaja a menudo con concesionarios locales.

comercializadores para generar una base de datos con las variables de mayor relevancia³⁸ que condicionan la adopción de los EV y evaluar los resultados de la implementación de incentivos del gobierno. También, este análisis puede diferenciarse por departamento e integrar ajustes que maximicen el crecimiento del mercado en todo el país.

9.2.4. Elaboración y monitoreo de eficacia de políticas públicas

Actualmente Guatemala no cuenta con políticas ni regulaciones dirigidas a EV. Por esta razón, se sugiere que las instituciones a cargo de la definición de políticas y marco regulatorio tomen en consideración la experiencia internacional e identifiquen las políticas y regulaciones que mejor se adapten al contexto nacional.

Tanto las políticas como las regulaciones deben revisarse de forma periódica. La introducción y maduración del nuevo mercado de los EV involucra un proceso de varias etapas de adaptación de los agentes involucrados y el marco político y regulatorio tiene que ser capaz de acompañar esta transformación. Se recomienda, que en la elaboración de legislaciones, las instituciones consideren cierta flexibilidad sobre la modificación de sus políticas y reglamentos para facilitar la evolución y desarrollo del sector. Este enfoque de gestión adaptable se considera esencial para las primeras etapas de formación del mercado.

9.2.5. Oferta de vehículos eléctricos

La escasa variedad de modelos disponibles de EV en el mercado internacional (sobre todo de automóviles compactos) limita su comercialización generalizada. Para el caso de Guatemala, se observa que las opciones de vehículos eléctricos pueden cubrir las necesidades de ciertos segmentos de la demanda, por lo que su impacto sería limitado. No obstante, se espera que el crecimiento del mercado internacional permita consolidar la participación de esta tecnología en el parque automotor de los países.

La tecnología de EV continúa su evolución y se espera que las nuevas inversiones en investigación y desarrollo mejoren la competitividad de los EV. A medida que aumente la rentabilidad económica de este sector de la industria automotriz y crezca el mercado internacional, nuevas opciones de modelos y tipos de vehículos estarán disponibles en el mercado. En general se identifican importantes avances en el desarrollo de baterías de mejor desempeño a menor costo. Estos avances apoyan la expansión de la gama de vehículos eléctricos disponibles en el mercado internacional.

9.3. Concesionarios

Los modelos de negocio de las comercializadoras de vehículos sugieren que este sector podría tener escaso interés en promover las ventas de los vehículos eléctricos. En general, los concesionarios que operan en Guatemala representan franquicias independientes que no son propiedad de fabricantes de automóviles. Además, estos agentes de mercado compiten con los importadores de vehículos usados para abastecer la demanda nacional, que con la autorización de las importaciones de vehículos usados al país, perdieron una parte importante del mercado abastecido por vehículos nuevos. Por esta razón, los concesionarios diversificaron sus fuentes de ingreso hacia la prestación de servicios de mantenimiento, venta de repuestos, venta de seguros y garantías, entre otros. Considerando el modelo de negocio de las comercializadoras y que el gasto por mantenimiento de los EV es al menos 35% menor respecto a las tecnologías de combustión interna, se presume que la comercialización de EV podría limitar el flujo de ingresos

³⁸ Precios de comercialización, elasticidad de precio - demanda, experiencia y exposición a la tecnología, precios de la electricidad y la disponibilidad de transporte alternativo

de estos establecimientos, lo que representa un desincentivo para incluir la venta de esta tecnología entre sus opciones de vehículos.

Otro desincentivo para los concesionarios se identifica en el alto costo de capacitación del personal (vendedores, mecánicos, especialistas en finanzas y gerentes). La tecnología de los EV requiere de profesionales con conocimientos no sólo del vehículo sino también de la infraestructura de recarga, seguridad, beneficios y condiciones de garantía de las baterías. Por último, se identifica una responsabilidad adicional de los concesionarios en la educación del cliente potencial. Especialmente en los primeros años del mercado, los clientes no contarán con la información de los aspectos técnicos de los EV, por lo que esta responsabilidad quedará a cargo de comercializador.

9.4. Rol del gobierno para superar barreras comerciales

El gobierno podría alinear las necesidades de los comercializadores de vehículos nuevos con el objetivo estratégico de introducir los EV como medida para reducir el consumo de combustibles y las emisiones de CO₂. Los comercializadores, junto con los actores del sector público pueden realizar campañas para la difusión de la información y organizar eventos demostrativos que permitan familiarizar a los propietarios potenciales con las tecnologías de EV disponibles en el mercado.

Por otra parte, las asociaciones público-privadas de las empresas concesionarias con servicios públicos locales reducirían las tarifas de recarga de EV para mejorar las condiciones de rentabilidad de los EV. Estas asociaciones también servirían para planificar la demanda adicional de electricidad y asegurar la disponibilidad de la capacidad de distribución.

Capítulo 10

Infraestructura de recarga

Este capítulo describe las formas de recarga y su infraestructura asociada, así como también las dificultades para su despliegue y las acciones para la remoción de barreras.

10.1. Autonomía de los EV

La autonomía de un vehículo convencional depende de la cantidad de galones de combustible que puede contener el tanque, y la economía de combustible del vehículo. Del mismo modo, el tiempo disponible de operación de un EV depende de la capacidad (expresada en kilovatios-hora o kWh) que la batería pueda almacenar. La tabla siguiente muestra la autonomía y capacidades de batería de los EV que podrían competir en el mercado de los vehículos particulares de Guatemala³⁹.

Tabla 10.1

Autonomía y capacidad de batería para diferentes EV

Categoría de vehículo	Modelo	Tipo	Autonomía [km]	Capacidad de batería ⁴⁰ [kWh]
Sedanes	Nissan Leaf	EV	172	30
	Chevrolet Volt	PHEV	85	16
	Toyota Prius	HEV	946	4
	Renault Zoe	EV	370	41
	Tesla Model S	EV	426	75
Coupé y descapotables	Volkswagen Passat GTE	PHEV	50	10
	Mercedes Benz C350e	PHEV	18	6
	Ford Fusion Energi	PHEV	35	8

Fuente: Elaboración propia en base a datos de fabricantes

Tabla 10.2

Autonomía y capacidad de batería para diferentes EV (cont.)

Categoría de vehículo	Modelo	Tipo	Autonomía [km]	Capacidad de batería ⁴¹ [kWh]
SUV	Mitsubishi Outlander	PHEV	52	12
	Volvo V603	PHEV	50	11
	Audi A3 e-Tron	PHEV	26	18
	Toyota Rav4	HEV	641	4
Pick-up	Mitsubishi Minicab MiEV truck	EV	100	16
	Nissan e-NV200 (truck)	EV	160	24
	Renault Kanoo ZE (truck)	EV	170	24
	Peugeot Parther (truck)	EV	170	23

Fuente: Elaboración propia en base a datos de fabricantes

La velocidad de recarga de las baterías está limitada por el tamaño del cargador y el tipo de corriente utilizada⁴². Una batería totalmente descargada inicialmente se abastece de energía a

³⁹ Las autonomías de los EV son estimadas mediante el Procedimiento de Prueba de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés).

⁴⁰ Las capacidades de batería son reportadas por fabricantes en las especificaciones del producto.

⁴¹ Las capacidades de batería son reportadas por fabricantes en las especificaciones del producto.

⁴² Corriente alterna (AC) o corriente continua (DC)

la velocidad máxima que el cargador pueda gestionar. A su vez, la velocidad de recarga se reduce a medida que la batería se acerca a su capacidad máxima.

10.2. Formas de recarga

Las recargas de baterías se efectúan por medio de equipos certificados para suministro de electricidad (EVSE, por sus siglas en inglés). Estos dispositivos cumplen con requerimientos mínimos de seguridad para proteger tanto a las personas como al vehículo durante la recarga. El EVSE para la carga en 120V puede llevarse en el vehículo para su uso en ubicaciones remotas, mientras que para la carga en 240V o voltajes más altos se instala de forma permanente en los puntos de recarga.

La SAE International define cuatro formas de recarga de baterías: (i) carga lenta con circuitos de corriente alterna (AC) de 120V, conocida como Nivel AC 1 de carga; (ii) la carga normal con circuitos de 240V AC o Nivel AC 2 de carga; y (iii) dos niveles de carga rápida de corriente continua (Nivel DC 1 y Nivel DC 2). Para la presente propuesta, se utilizan los términos Nivel AC 1, Nivel AC 2 y DC de carga rápida para describir los niveles de carga disponible y no se distingue entre el Nivel de DC 1 y Nivel DC 2.

10.2.1. Carga AC Nivel 1

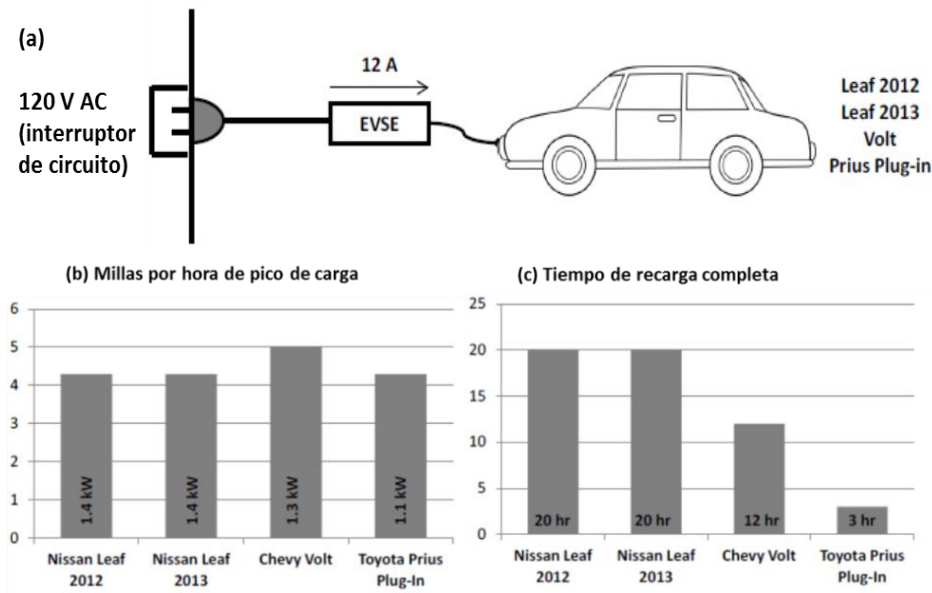
Este tipo de recarga es factible de instalar en la mayoría de los circuitos eléctricos de 120V de Guatemala. Básicamente, los circuitos de cualquier edificación del sector residencial, público y comercial tiene acceso a este voltaje. Como Guatemala no cuenta con infraestructura para la recarga pública, es importante que los propietarios potenciales sean capaces de cargar sus vehículos enchufándolos a una toma de corriente de 120V.

A pesar de ser una opción de fácil acceso, la carga AC Nivel 1 es la forma más lenta de completar la recarga de las baterías. Para una batería promedio cada hora de recarga proporciona alrededor de 4 a 5 millas de autonomía. Así, el tiempo requerido para cargar una batería usando 120V puede superar 15 horas. Por esta razón, la opción AC nivel 1 se considera inapropiada para vehículos que requieren una autonomía superior a 50 millas por día. Además, la capacidad máxima instalada de los circuitos de 120V del sector residencial puede tener limitaciones de capacidad, permitiendo suministrar electricidad únicamente a los vehículos eléctricos.

La figura y gráficos siguientes muestran el esquema de carga AC 1 y la autonomía por tiempo de recarga para los modelos más vendidos de EV los años 2012 y 2013.

Figura 10.1

Diagrama y tiempo de recarga de baterías utilizando AC 1



Fuente: GM Volt (2013); Toyota (2013)

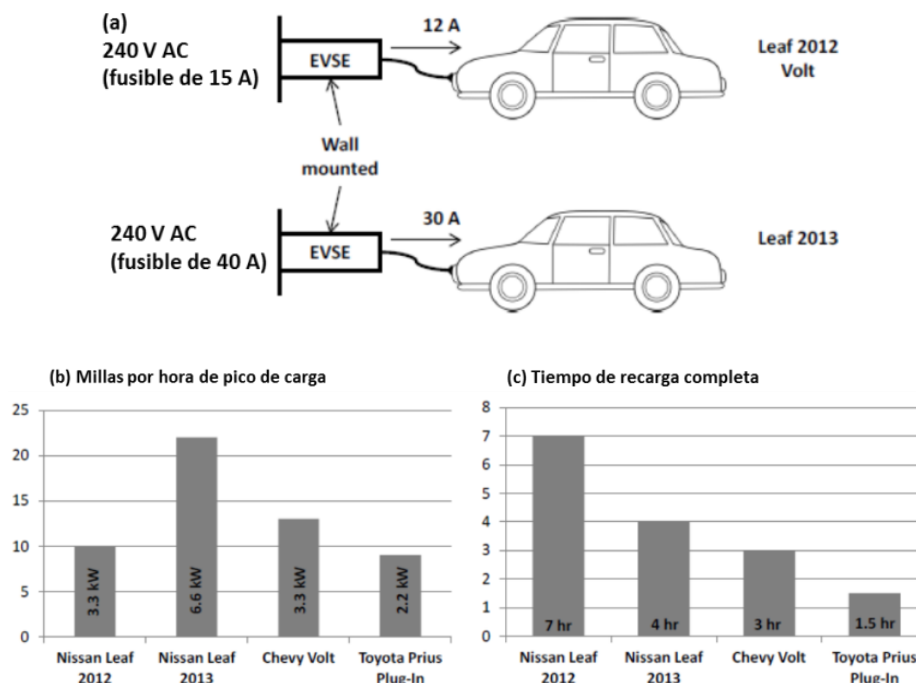
10.2.2. Carga AC nivel 2

Este tipo de carga se compone de circuitos instalados con una tensión nominal de 240V y permitiría la recarga de una batería promedio en cuatro horas. La opción de carga AC nivel 2 probablemente se encuentra disponible en la mayoría de las residencias unifamiliares de Guatemala. Esta opción de recarga es la más viable y versátil para los primeros años del mercado.

La infraestructura requerida para los circuitos de 240V es similar que la de carga AC nivel 1, excepto que el EVSE se encuentra instalado de forma permanente en el punto de suministro de electricidad. Después de una hora de recarga los EV pueden obtener una autonomía mayor a 20 millas. La configuración mostrada a continuación muestra las opciones de instalación de este tipo de carga en residencias y lugares de trabajo.

Figura 10.2

Diagrama y tiempo de recarga de baterías utilizando AC 2



Fuente: GM Volt (2013); Toyota (2013); Voelcker (2013)

10.2.3. Carga en corriente continua

El uso de corriente continua (DC) es la forma más rápida para completar la recarga de las baterías. Este método puede recargar el 80% de una batería promedio en menos de 30 minutos. La carga en corriente continua o "carga rápida" consiste en la instalación de circuitos con una tensión nominal igual o superior a 480V.

Los cargadores rápidos utilizan una conexión de potencia trifásica que normalmente no se encuentra disponible en residencias o centros de trabajo. Por otra parte, este tipo de instalaciones debe cumplir con estándares de seguridad del procedimiento de recarga y vida útil de la batería. La imagen a continuación muestra un punto de recarga rápida.

Figura 10.3*Diagrama y tiempo de recarga de baterías utilizando DC*

Fuente: Copyright 2010 por la Red eVgo; bajo licencia Creative Commons 2.0 (CC-by- 2.0)

10.3. Sitios de recarga: Requerimientos, barreras y opciones

De acuerdo a la experiencia internacional, la infraestructura de recarga para EV se concentra en las zonas residenciales y sitios de trabajo, donde los vehículos se encuentran estacionados por más de seis horas. A pesar de que la recarga de los EV en sitios públicos es menos frecuente, la accesibilidad a este tipo estaciones de servicio brinda una opción para extender la autonomía de los vehículos eléctricos. A continuación, se describen los requerimientos, barreras y opciones de los diferentes sitios de recarga de baterías.

10.3.1. Recarga residencial

La recarga de los vehículos en las zonas residenciales representa una opción de fácil acceso para aprovechar el mayor tiempo que los EV se encuentran detenidos. Para el caso de viviendas unifamiliares, la carga AC nivel 1 podría ser suficiente para los vehículos que recorren distancias menores a 50 millas por día. Esta opción no requeriría la instalación de infraestructura adicional.

La opción de carga AC nivel 2, posiblemente se encuentra en la mayoría de residencias unifamiliares de Guatemala. Este tipo de recarga se puede programar para aprovechar las tarifas eléctricas del horario valle. Para el caso de las viviendas sin conexiones a 240V, su instalación podría significar una barrera potencial relacionada a la factibilidad técnica y su costo⁴³.

Por otra parte, se identifica una importante barrera de acceso a puntos de recarga en zonas residenciales con alta densidad de población. En estas zonas los propietarios de EV sólo pueden aparcar sus vehículos en las calles o en estacionamientos compartidos de edificios. Una medida para ampliar el acceso a la recarga de este grupo de clientes consiste en disponer de estacionamientos públicos en zonas residenciales o efectuar la recarga en los sitios de trabajo.

10.3.2. Recarga en sitios de trabajo

Durante una semana laboral, los vehículos permanecen estacionados en promedio ocho horas por día (BLS, 2012). Esto sugiere que la carga AC nivel 2 dispuesta en estacionamientos exclusivos

⁴³ Los costos de instalación varían por localidad, antigüedad de la vivienda, tramitación de permisos con las distribuidoras y mano de obra requerida.

para EV, podría apoyar el desarrollo del mercado de EV en Guatemala. Además, la instalación de estaciones de recarga en el lugar de trabajo puede facilitar el acceso al servicio de recarga rápido. Por una parte, esta opción brinda una alternativa para quienes no tienen estacionamiento propio en su vivienda, y por el otro, es una alternativa adicional para aquellos que realicen la recarga con circuitos AC de 120V.

La disposición de puntos de recarga en los sitios de trabajo enfrenta barreras principalmente comerciales. Específicamente la decisión de inversión en este tipo de estaciones está condicionada por la demanda potencial y los patrones de circulación de la flota de EV. Otra dificultad es la falta de información para determinar las tasas de crecimiento del mercado potencial. La remoción de estas barreras requiere la elaboración de estudios de mercado desagregados por público objetivo y hábitos de uso de vehículos particulares. Además, se recomienda identificar las zonas que concentran la mayor demanda potencial que ameriten la instalación de estaciones de recarga de baterías.

La provisión de estos servicios en los estacionamientos de empresas e instituciones, también podría ser opción a explorar. Empresas norteamericanas, como Google y Microsoft, ofrecen el servicio de recarga de los EV a sus trabajadores, siendo este el resultado de acuerdos con instituciones del sector público para promover el desarrollo del mercado en el país. Estas empresas adoptaron distintos modelos de negocio para financiar la infraestructura y costos de la recarga. Algunas de las formas de financiamiento consisten en la aplicación de una cuota fija diaria, cargo por consumo o cargo fijo mensual.

10.3.3. Recarga en espacios públicos

Existe consenso internacional en que la disponibilidad de la infraestructura es esencial para facilitar la apertura de nuevos mercados de EV. Esta infraestructura debe ser accesible para todo público e idealmente ofrecer tarifas reducidas para la recarga de baterías. En esta sección se describen las principales características de estos puntos de recarga y los modelos de negocio implementados en mercados consolidados.

10.3.3.1. Características de estaciones de recarga

Las estaciones públicas más comunes en los mercados consolidados son del tipo AC nivel 2. Esta opción suele ser la más atractiva por su relación entre el costo y el tiempo de recarga. No obstante, la carga AC nivel 1 también se encuentra disponible. Esta forma lenta de recarga suele encontrarse en aeropuertos o estaciones de tren donde los conductores estacionan sus vehículos por prolongados períodos de tiempo. Por otra parte, las estaciones de recarga rápida prestan servicio principalmente a conductores que realizan viajes extraurbanos de forma regular. Sin embargo, para este público objetivo el tiempo de recarga de 20 a 30 minutos podría condicionar la compra de vehículos eléctricos.

La disponibilidad de estaciones públicas aumenta la confiabilidad de los clientes hacia el nuevo mercado y permite mejorar la autonomía de sus vehículos. En consideración de lo anterior, es relevante asegurar la instalación de suficientes estaciones en las áreas urbanas, comerciales y principales carreteras y autopistas del país. Para esto, se recomienda generar mesas de trabajo entre las instituciones a cargo de la planificación urbana, transporte y energía a fin de definir los modelos que permitan optimizar la ubicación estas estaciones.

Otra consideración es el costo de la infraestructura. En particular, los cargadores rápidos en DC demandan elevadas inversiones. Este tipo de instalación en su configuración más básica cuesta US\$58.000, y la inclusión de servicios auxiliares (seguridad e iluminación), garantía, mantenimiento e instalación de puntos de venta, pueden elevar este el costo a US\$90.000.

10.3.3.2. Modelos de negocio

Los principales modelos de negocio de estaciones públicas se basan en suscripciones con cuotas mensuales o cobro por recarga (Krauthamer, 2012; Lowenthal, 2012). Otros modelos de negocio se basan en ingresos por publicidad, donde terceros pagan por espacios publicitarios en la estación de recarga. Se observa que fabricantes de EV (como Tesla) patrocinan la infraestructura de recarga para sus vehículos, y que existen servicios que permiten intercambiar una batería descargada por otra cargada (Wolf, 2012). Por último, la instalación de servicios de recarga AC nivel 2 en centros comerciales o grandes tiendas por departamento muestra ser un modelo de alta efectividad para la diseminación de estaciones. En este modelo de negocio se ofrece la recarga gratis de los EV como incentivo para atraer clientes a los centros comerciales.

10.4. Puntos de recarga para flotas

La adquisición de flotas de EV por parte de empresas y municipios apoyaría la instalación de infraestructura de recarga propia y pública. La capacidad de estos puntos de recarga depende del tamaño e intensidad del uso de la flota, así como también del espacio disponible de estacionamientos. Por otra parte, las empresas o instituciones públicas propietarias de infraestructura de recarga de baterías pueden desarrollar modelos de negocio para generar ingresos adicionales provenientes de la prestación del servicio de recarga al público, y así, financiar la inversión en infraestructura.

La propiedad y gestión de flotas de vehículos eléctricos brinda mayor flexibilidad entre los tipos de recarga disponibles. Las opciones AC nivel 1 y 2 pueden combinarse para recargar las flotas de vehículos en horario nocturno o cuando los vehículos se encuentren fuera de uso por largos períodos de tiempo. Además, la caracterización de la intensidad de uso de cada unidad que compone la flota de EV permitiría optimizar los requerimientos de recarga rápida para minimizar la inversión necesaria y maximizar su uso. La oferta de vehículos eléctricos en alquiler también apoyaría el desarrollo del mercado. A este respecto, las instituciones públicas podrían apoyar la articulación de intereses entre las empresas que prestan los servicios de arriendo de vehículos con comercializadores de vehículos y prestadores de servicios de recarga de baterías.

10.5. Acciones del gobierno en la infraestructura de recarga

Las acciones para apoyar la infraestructura de recarga varían por sector (residencial, sitios de trabajo y espacios públicos). En general el levantamiento de información de la demanda potencial puede contribuir con la identificación del público objetivo en cada sector. Por otra parte, los incentivos y organización de los agentes del mercado son parte de las acciones a tomar en consideración. A continuación, se especifican algunas medidas para el sector residencial, sitios de trabajo y espacios públicos.

10.5.1. Recarga en zonas residenciales

- Diseñar incentivos fiscales y subsidios para la instalación de unidades de recarga de EV en viviendas;
- Promover la concesión de permisos para la recarga de EV a nivel municipal y la adopción de códigos de construcción que incluyan instalaciones de recarga en edificaciones nuevas;
- Celebrar acuerdos y asociaciones público-privadas para poner a disposición estacionamientos dirigidos a la recarga de baterías de EV;
- Realizar estudios de mercado para identificar las necesidades de infraestructura de recarga presente y futura.

10.5.2. Recarga en los sitios de trabajo

- Diseñar incentivos financieros, como permitir la depreciación acelerada de la maquinaria e infraestructura de activos de empresas relacionadas a los puntos de recarga de EV;
- Articular intereses entre los agentes del mercado para exonerar o reducir el costo de la electricidad dirigida a la recarga de EV;
- Identificar y gestionar la demanda adicional de potencia de generación de electricidad producto de la recarga de vehículos eléctricos;
- Difundir información sobre los costos y requisitos para la instalación de puntos de recarga de EV y analizar modelos de negocio para Guatemala.

10.5.3. Recarga en sitios públicos

- Proporcionar continuidad a los incentivos para apoyar el despliegue de carga en sitios públicos, en particular para proyectos demostrativos con modelos de negocio sostenibles;
- Incentivar a las municipalidades y agencias públicas a brindar espacios públicos para la instalación de estaciones de recarga en los principales corredores viales;
- Realizar estudios de mercado para identificar las necesidades de infraestructura presente y futura.

10.5.4. Puntos de recarga para flotas

- Facilitar el despliegue de la infraestructura de recarga por medio de proyectos piloto e incentivos fiscales;
- Fomentar la compra de EV en el sector público. Estas acciones generarían un efecto demostrativo para promover la adquisición de los EV e inversiones en la infraestructura de recarga.

En general se recomienda que el gobierno apoye las acciones para agregar la demanda de electricidad proveniente de flotas de vehículos y gestione acuerdos entre los actores relevantes del mercado. En este sentido es conveniente buscar el apoyo de las empresas generadoras de electricidad para el desarrollo del mercado. Estas empresas generalmente muestran un alto interés por agrupar la demanda de electricidad y celebrar acuerdos bilaterales con “Clientes libres” para hacer uso de su capacidad de generación disponible en horarios de baja demanda.

Por último, se considera relevante elaborar un marco normativo y regulatorio simple. Este marco podría componerse por normas basadas en estándares internacionales. En la elaboración de este marco es recomendable trabajar de forma conjunta con los proveedores y propietarios del servicio de recarga de baterías, a fin de definir la gradualidad con la que se implementarán las regulaciones y periodicidad de revisión de leyes y normativas.

Capítulo 11

Red eléctrica

Este capítulo describe la interacción de la nueva demanda de electricidad con el subsector eléctrico e identifica las acciones para apoyar la integración de los EV en la red.

11.1. La red eléctrica y su interacción con los EV

La recarga de los EV representa un aumento en la demanda de potencia y electricidad del país. Estimaciones indican que la adopción de los EV en el mercado supone un aumento de la capacidad instalada de 150 MW bajo un escenario pesimista, que puede alcanzar hasta 600 MW en un escenario optimista de penetración de estos vehículos⁴⁴. La efectiva gestión de la demanda⁴⁵ permitiría cubrir la potencia adicional con las plantas de generación actuales y futuras contempladas en los planes de expansión del sector⁴⁶. Esta gestión de la demanda puede comenzar con identificar las áreas que concentran la mayor demanda de electricidad de EV e incluir esta variable en la planificación del sector.

La introducción de EV en Guatemala no representa un problema para el subsector eléctrico del país. En particular, la infraestructura de distribución local cuenta con la capacidad suficiente como para atender la demanda eléctrica adicional. No obstante, la recarga simultánea de EV puede requerir del fortalecimiento de ciertos sistemas locales que concentren la prestación del servicio de electricidad de varias estaciones de recarga conectadas a un mismo transformador. En consideración de lo anterior, el gobierno podría celebrar acuerdos con las empresas de distribución para que dirijan nuevas inversiones al fortalecimiento de sus redes.

11.2. Políticas y regulaciones de servicios de electricidad

11.2.1. Estructura de tarifas de electricidad

Las políticas sobre tarifas y gestión de la demanda de electricidad tienen un alto impacto en la adopción de los EV. La experiencia internacional muestra que las tarifas de electricidad calculadas en base al consumo variable son atractivas para los propietarios de EV. Este tipo de tarifa permite a los clientes programar su recarga para aprovechar el costo menor de la electricidad durante las bandas horarias de baja demanda.

Por otra parte, se recomienda elaborar políticas que busquen reducir el costo de las tarifas de electricidad y gestionar la demanda fuera de los horarios de alta demanda. Para ello, es relevante incentivar la recarga en horario valle informando sobre el ahorro que representa acceder a una tarifa más baja por kWh. Igualmente, si la demanda de electricidad se sitúa dentro del horario pico, se puede informar el costo adicional esperado producto de efectuar la recarga de baterías en horarios con altas tarifas.

⁴⁴ Ver resultados del impacto económico y medio ambiental de los vehículos eléctricos en Guatemala.

⁴⁵ Desarrollar programas para concentrar la demanda adicional en los horarios valle.

⁴⁶ Ver *Planes Indicativos de Generación y Transmisión 2016-2030*. Disponible en www.mem.gob.gt/

11.2.2. Cargos por prestación de servicios públicos

Se recomienda definir la descomposición de los cargos por servicios de funcionamiento, mantenimiento y monitoreo de las estaciones de recarga. Por otra parte, las políticas podrían dirigirse a brindar transparencia en la estimación de los cargos por la prestación del servicio de recarga de baterías, incentivar la maximización del uso de las estaciones de recarga y reducir los costos de la prestación de servicios.

La experiencia internacional muestra que los acuerdos entre reguladores y partes interesadas pueden mejorar la transparencia sobre la fijación de los cargos por servicio. Además, estos acuerdos pueden facilitar el monitoreo del mercado e identificación de barreras sobre la recuperación de las inversiones en la infraestructura de recarga.

11.2.3. Tratamiento legal de proveedores de servicios de electricidad

La definición legal de los proveedores de servicios representa una barrera para el desarrollo de la infraestructura de recarga. Específicamente se tiene que determinar si se identificarán como empresas de servicios públicos, vendedores al por menor de electricidad sujetos a la regulación de la CNEE, o clientes del sector comercial que prestan un servicio que utiliza electricidad como factor de producción. La carencia de una definición legal de los proveedores de servicios o la imposición de una carga normativa excesiva podría actuar como una barrera para el despliegue de la infraestructura, principalmente por los costos adicionales de su regulación, y el riesgo de restringir los modelos de negocio en su etapa de apertura de mercado.

Guatemala podría tomar como referencia el caso del estado de California en Estados Unidos para adaptarlo a su propia definición de los proveedores de servicios de recarga. En este ejemplo, la Comisión de Servicios Públicos de California (CPUC por sus siglas en inglés), junto al ente regulador de servicios públicos (NARUC) acordaron que los proveedores de servicios de recarga no serían incluidos entre las empresas de servicios públicos, a pesar de revender la electricidad. Esta definición busca fomentar un modelo de negocio flexible para las empresas propietarias de instalaciones de recarga. No obstante, establece certificaciones que exigen el cumplimiento de normativas de seguridad de instalaciones eléctricas y gestión de carga para preservar la seguridad de operarios y clientes, y la integridad de la red de distribución de electricidad.

Por otra parte, el gobierno debe decidir si las empresas distribuidoras de electricidad pueden competir en la provisión de servicios de recarga de acceso público o en lugares de trabajo o sector residencial. A este respecto, es relevante tener en consideración que las distribuidoras tienen ventajas comerciales respecto a las empresas intermediarias. Por ejemplo, el distribuidor podría identificar dónde se encuentra la mayor capacidad de distribución disponible para evitar incurrir en inversiones adicionales y ofrecer tarifas más bajas que los intermediarios manteniendo su rentabilidad. Además, estos agentes tienen la opción de reducir sus riesgos de inversión con los ingresos de otras ventas de electricidad provenientes de clientes cautivos del sector residencial o comercial.

11.3. Otras consideraciones sobre el marco regulatorio

El marco normativo y regulatorio debe abordar las definiciones e interacciones de la nueva demanda de electricidad con el subsector eléctrico. Para ello, se recomienda realizar un análisis detallado de las principales leyes que afectarían el desarrollo del mercado de los EV e identificar las barreras o vacíos legales. El gobierno puede usar como referencia las regulaciones dirigidas a los establecimientos de recarga de EV definidos en el Código Eléctrico Nacional (NEC, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos⁴⁷. Estas normas pueden servir de base técnica para regir la instalación, funcionamiento y monitoreo de las estaciones de recarga de los sectores residencial, comercial e industrial.

La introducción de los EV en Guatemala representa una oportunidad para reducir considerablemente las emisiones de CO₂ del sector transporte. La inclusión de incentivos en el marco regulatorio para abastecer la nueva demanda por medio de centrales en base a energías renovables permitiría acreditar la reducción de la totalidad de las emisiones de los EV en bonos de carbono y apoyaría el logro de los objetivos de preservación ambiental del país. En particular se recomienda diseñar programas de incentivos basados en créditos fiscales, dar un trato preferencial a las energías renovables en los mercados mayoristas de electricidad y desarrollar plataformas de cuotas transables de emisiones de GEI, entre otros. Estos incentivos también pueden acompañarse del desarrollo de campañas publicitarias dirigidas a sensibilizar a los conductores sobre el menor impacto medio ambiental que tienen los EV.

Por otra parte, es relevante conformar mesas de trabajo entre los prestadores de servicio de recarga y el gobierno para definir la estructura tarifaria. Esta instancia permitirá estimar tarifas atractivas que incentiven el desarrollo del mercado y que al mismo tiempo permitan recuperar los costos de inversión de la infraestructura requerida. En general, se recomienda considerar al menos dos tipos de planes tarifarios para propietarios de EV del sector residencial. El primer consiste en una tarifa exclusiva para la recarga de baterías. Este servicio incluye la variabilidad en los precios considerando tarifas más bajas para los horarios fuera de pico, que incrementaría su valor a medida que aumente la demanda. Un segundo plan puede consistir en un bloque de energía o crédito pre pagado. Este crédito se descuenta a medida que se realicen recargas y el costo de la unidad de energía varía dependiendo del horario en el que se preste el servicio.

⁴⁷ El NEC está aprobado como un estándar en Estados Unidos por el Instituto Americano de Estándares Nacionales (ANSI) y la Asociación de Protección Contra Incendios (NFPA).

Capítulo 12

Conclusiones

La introducción de vehículos eléctricos en Guatemala es de beneficio para Guatemala. Esta medida, además de modernizar el parque vehicular actual, reduce la dependencia del país a las importaciones de combustibles líquidos y disminuye las emisiones de CO₂ del sector transporte.

El análisis del parque de vehículos particulares muestra que la flota es antigua, ineficiente y tiene un importante impacto medio ambiental. En particular, la antigüedad de las unidades afecta la cantidad de combustible consumida en el sector transporte. Este impacto continuará creciendo como resultado de la importación de vehículos usados con más de 10 años de antigüedad.

La incorporación de vehículos eléctricos en la flota circulante puede reducir entre 5% y 20% el consumo total de combustible y las emisiones totales del país entre 2017-2030. Durante los primeros años de apertura del mercado el impacto de los vehículos eléctricos será poco significativo; sin embargo, a partir de 2021 se espera que este nuevo mercado traiga importantes beneficios económicos y medio ambientales.

La introducción del mercado de vehículos eléctricos particulares requerirá de una capacidad instalada adicional de generación de electricidad. Si bien, la entrada en operación de estas centrales agregará emisiones al inventario nacional, se observa que el balance de emisiones entre la reducción de los vehículos eléctricos más las emisiones de nuevas plantas de generación sigue significando una disminución de gases contaminantes. En consideración de lo anterior, se identifica una oportunidad para que el país pueda hacer un mayor aprovechamiento de la reducción de emisiones de los vehículos eléctricos asegurando que la demanda adicional de electricidad sea abastecida por nuevas centrales en base a energías renovables.

El desarrollo del mercado de EV en Guatemala requiere del apoyo institucional para su despliegue. Entre las directrices propuestas, se recomienda que el gobierno preste particular atención a la elaboración de un marco regulatorio y la coordinación de las instituciones públicas y agentes de mercado para la superación de barreras de entrada. En la elaboración del marco regulatorio es relevante abordar las definiciones de los proveedores de electricidad y determinar la metodología de cálculo de tarifas. Se sugiere que el MEM y la CNEE participen en la elaboración de las normas para la estandarización de la interfaz de recarga y celebración de acuerdos para fijar las tarifas de electricidad.

El despliegue de la infraestructura de recarga requiere de incentivos y acuerdos. Para las zonas residenciales con alta densidad poblacional se identifica la necesidad de poner a disposición estacionamientos públicos de uso exclusivo para EV; mientras que en los sitios de trabajo y espacios públicos se requiere crear incentivos tributarios y facilitar el acceso a mecanismos de financiamiento. El tipo de carga AC nivel 2 se muestra como la opción de recarga más económica y viable durante los primeros años del mercado guatemalteco. Este tipo de recarga es factible de instalar en el sector residencial, sitios de trabajo y espacios públicos.

Bibliografía

Generales

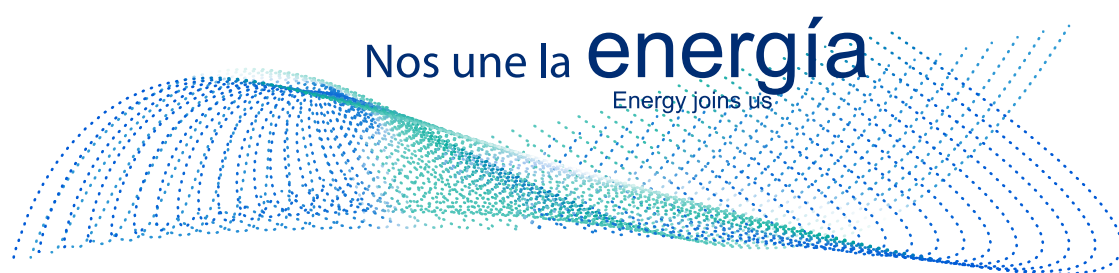
- Administración de Información de Energía de los Estados Unidos (2017). Annual Energy Outlook 2017. Recuperado de www.eia.gov/outlooks/aeo/
- Agencia Internacional de Energía (2009). Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas. Recuperado de www.iea.org/
- Alcántar, Ruíz, R. A. et al. (2015). Modelo estadístico que permite observar el impacto de los factores que inciden en el rendimiento de combustible. Nova Scientia, vol. 7, no. 14. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v7n14/2007-0705-ns-7-14-00236.pdf>
- Banco de Desarrollo de América Latina (2016). Informe ejecutivo 2015-2016 del Observatorio de Movilidad Urbana. Recuperado de: https://www.caf.com/media-/5120895/omu_caf_resumen_20161216.pdf
- _____. (2011). Desarrollo Urbano y Movilidad en América Latina. Recuperado de: https://www.caf.com/media/4203/desarrollo-urbano_y_movilidad_americalatina.pdf
- Banco de Guatemala (2017). Informe del Producto Interno Bruto Trimestral, Cuarto trimestre de 2016 (Año de referencia 2001). Recuperado de www.banguat.gob.gt/
- Banco Interamericano de Desarrollo (2012). Guatemala y el cambio al crecimiento: Una revisión del diagnóstico. Recuperado de www.iadb.org/
- _____. Dossier Energético Guatemala. Recuperado de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=38637103>
- Bureau of Labor Statistics (2012). American Time Use Survey. Available at <http://www.bls.gov/tus/home.htm>, accessed January 30, 2013 .
- _____. (2003). From Home to Work, the Average Commute is 26.4 Minutes. OmniStats 3(4). Available at http://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov.bts/files/publications/omnistats/volume_03_issue_04/pdf/entire.pdf, accessed April 19, 2013.
- California Plug-In Electric Vehicle Collaborative (2012). Streamlining the Permitting and Inspection Process for Plug-in Electric Vehicle Home Charger Installations. July. Available at http://www.pevcollaborative.org/sites/all/themes/pev/files/PEV_Permitting_120827.pdf, accessed April 19, 2013.
- Centro de Transporte Sustentable de México (2009). Informe final MEDEC del sector transporte. Recuperado de www.cleanairinstitute.org/escenarios/download/MEDEC-mayo2009.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2015). Políticas de logística y movilidad. Antecedentes para una política integrada y sostenible de movilidad. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. Volumen 1. Recuperado de www.cepal.org/es/publicaciones/39711-politicas-logistica-movilidad-antecedentes-politica-integrada-sostenible
- Committed to the Environment Delft (2011). Impacts of Electric Vehicles: Impact analysis for market uptake scenarios and policy implications. Recuperado de https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/d5_en.pdf
- Dirección General de Hidrocarburos (2016). Informe estadístico de hidrocarburos, Guatemala 2016. Recuperado de www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06-/2016-Revista-Hidrocarburos-01T.pdf

- U.S. Department of Energy (2012). 2011 Nissan Leaf -VIN 0356 Advanced Vehicle Testing-Beginning-of-Test Battery Testing Results. Vehicle Technologies Program, Energy Efficiency and Renewable Energy. Available at http://www1.eere.energy.gov-/vehiclesandfuels/avta/pdfs/fsev/battery_leaf_0356.pdf, accessed April 19, 2013.
- _____ (2013a). 2013 Chevrolet Volt-VIN 3929 Advanced Vehicle Testing—Beginning-of-Test Battery Testing Results. Vehicle Technologies Program, Energy Efficiency and Renewable Energy Available at http://www1.eere.energy.gov-/vehiclesandfuels/avta/pdfs/phev/battery_volt_3929.pdf, accessed April 19, 2013.
- _____ (2013b). Alternative Fueling Station Locator. Alternative Fuels Data Center. Available at <http://www.afdc.energy.gov/locator/stations/>, accessed April 22, 2013.
- Electrification Coalition (2010). Fleet Electrification Roadmap: Revolutionizing Transportation and Achieving Energy Security. Washington, D.C. November. Available at <http://www.electrificationcoalition.org/sites/default/files/EC-Fleet-Roadmap-scre-en.pdf>, accessed April 22, 2013.
- U.S. Environmental Protection Agency (2012). 2012 Fuel Economy Datafile. Office of Transportation and Air Quality. Available at <http://www.fueleconomy.gov/feg-/download.shtml>, accessed January 28, 2013.
- _____ (2013). 2013 Fuel Economy Datafile. Office of Transportation and Air Quality. Available at <http://www.fueleconomy.gov/feg-/download.shtml>, accessed January 28, 2013.
- Francfort, J. (2012). DOE AVTA: The EV Project and Other Light-Duty Electric Drive Vehicle Activities. Presentation to the Committee on Overcoming Barriers to Electric Vehicle Deployment, October 29. National Research Council, Washington, D.C.
- _____ (2013). U.S. Department of Energy's Vehicle Technologies Program. Plug-in Vehicles and Charging Infrastructure Usage Patterns: Lessons Learned From the First Two Years. Presentation at SAE Government/Industry Meeting, March, Washington, D.C. Available at http://avt.inel.gov/pdf/prog_info/SAEGovtIndustryFeb2013.pdf, accessed April 22, 2013.
- GM-Volt (2013). 2011 Chevrolet Volt Specification. Available at <http://gm-volt.com/full-specifications/>, accessed April 22, 2013.
- Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo México (2012). La importancia de reducción del uso del automóvil en México. Recuperado de: <http://mexico.itdp.org-/wp-content/uploads/Importancia-de-reduccion-de-uso-del-auto.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística (2017). Índices de Precio al Consumidor Guatemala. Recuperado de www.ine.gob.gt/index.php/estadisticas-continuas/indice-de-precio-al-consumidos
- Lowenthal, R. (2012). ChargePoint Electric Vehicle Charging Services. Presentation to the Committee on Overcoming Barriers to Electric-Vehicle Deployment, December 17. National Research Council, Washington, D.C.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2015). Fuentes móviles en ruta de Guatemala y los gases de efecto invernadero, año base 2013 (Una perspectiva y una aproximación). Dirección de Cambio Climático. Recuperado de www.marn.gob.gt/Multimedios/7762.pdf
- Ministerio de Energía y Minas (2017). Informe Balance Energético 2016. Recuperado de www.mem.gob.gt/energia/estadisticas-energia/
- _____. Política Energética 2013-2027. Recuperado de www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2013/02/PE2013-2027.pdf
- _____ (2016). Planes Indicativos de Generación y Transmisión. Recuperado de <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2016/01/Planes-Indicativos-de-Generacio%CC%81n-y-Transmisio%CC%81n.pdf>
- National Electrical Code (2008). NEC2008 National Electrical Code, Article 625. Electrical Vehicle Charging System Equipment, Section 625-2. Available at <http://www.freenec.com/T504.html>, accessed December 31, 2012.
- National Research Council (2010). Transitions to Alternative Transportation Technologies-Plug-In Hybrid Electric Vehicles. The National Academies Press, Washington, D.C.
- _____ (2013). Overcoming Barriers to Electric-Vehicle Deployment: Interim Report. Washington, D.C.
- Organización Internacional de Constructores de Automóviles (2016). Vehicles in use 2005-2015. Recuperado de <http://www.oica.net/category/vehicules-in-use/>
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 2: Energía. Recuperado de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

- Society of Automotive Engineers (2012). SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler. Standard Code: J1772, Revision B. October 15. SAE International, Warrendale, Pa.
- Superintendencia de Administración Tributaria (2016). Registro fiscal de vehículos 2009-2016. Recuperado de www.sat.gob.gt/
- Toyota (2013). Prius Plug-in Hybrid 2013. Available at <http://www.toyota.com/prius-plugin/features.html#!/mpg/1235/1239>, accessed April 22, 2013.
- Voelcker, J. (2013). 2013 Nissan Leaf: Longer Range, Faster Charging, Leather Seats and More: All the Upgrades. Green Car Reports, January 9. Available at http://www.greencarreports.com/news/1081547_2013-nissan-leaf-longer-range-faster-charging-leather-seats-and-more-all-the-upgrades, accessed April 22, 2013.
- Wolf, J. (2012). Better Place. Presentation to the Committee on Overcoming Barriers to Electric-Vehicle Deployment, December 17. National Research Council, Washington, D.C.

Base de datos

- Administración de Información de Energía de los Estados Unidos (EIA): www.eia.gov/
- Agencia Internacional de Energía (IEA): www.iea.org/
- Asociación de Importadores y Distribuidores de Vehículos Automotores (AIDVA): www.fedicar.org/
- Asociación Nacional de Comerciantes de Automóviles de Estados Unidos (NADA): www.nadaguides.com/
- Banco de Guatemala (BANGUAT): banguat.gob.gt/
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID): www.iadb.org/en/topics-/energy/energy-database/
- Banco Mundial - Solución Comercial Integrada Mundial (WITS): wits.worldbank.org/
- Base de datos de factores de emisión (EFDB): www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php
- Clasificadora de ventas vehiculares de Estados Unidos (Cars): www.cars.com/
- Departamento de Energía - Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos: www.fueleconomy.gov/
- Importadora Nacional Red Comercial GT: www.redcomercialgt.com/
- Instituto Nacional de Estadística (INE): www.ine.gob.gt/
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN): www.marn.gob.gt/
- Ministerio de Energía y Minas (MEM): www.mem.gob.gt/
- Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA): www.oica.net/
- Plataforma online de información automotriz (Edmunds): www.edmunds.com/
- Superintendencia de Administración Tributaria (SAT): www.sat.gob.gt/



 @OLADEORG

 /OLADE

 Organización Latinoamericana de Energía OLADE

 OLADE Organización Latinoamericana de Energía

Av. Mariscal Antonio José de Sucre N58-63 y Fernández Sálvador
Edificio Olade, Sector San Carlos

Casilla 17-11-6413
Quito - Ecuador

Telf: (593 2) 2598 122 / 2598 280

Fax: (593 2) 2531 691

olade@olade.org
www.olade.org