



# Ministerio de Energía

**Informe Técnico Preliminar para el  
Establecimiento del Estándar  
de Eficiencia Energética Vehicular de  
Vehículos Motorizados Livianos**

**Septiembre 2021**

**Santiago - Chile**

## Resumen Ejecutivo

El día 13 de febrero de 2021 fue publicada en el Diario Oficial la Ley N° 21.305 sobre eficiencia energética, la cual, entre otros temas, mandata en su artículo 7° el establecimiento de estándares de eficiencia energética para vehículos livianos, medianos y pesados. Adicionalmente, la ley en su artículo 7° de las disposiciones transitorias indica que la resolución que establece los primeros estándares debe dictarse en el plazo de doce meses para el caso de vehículos livianos. El presente informe tiene como objetivo presentar los antecedentes y análisis considerados para la propuesta de estándar de eficiencia energética de vehículos livianos.

En términos energéticos, el año 2019 el sector transporte en Chile consumió 110.335 [Tcal] alcanzando una participación del 36,6 % de la energía secundaria total demandada, proveniente principalmente de derivados del petróleo (98,8%), generando un gran impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel nacional, haciéndonos además altamente dependientes de las importaciones de combustibles. En este contexto, Chile se ha impuesto metas para mejorar el uso de la energía en el sector transporte, y al mismo tiempo disminuir la intensidad de emisiones GEI del mismo.

Una medida que ha sido desarrollada por diversas economías es la implementación de estándares de eficiencia energética y/o la regulación de las emisiones de GEI del parque automotor liviano, en donde se han evidenciado mejoras en el parque entrante. Al realizar una comparación de los consumos específicos de combustibles, se observa que Chile tiene una tasa de mejora 59% menor al promedio mundial, y un 68% por debajo de lo que alcanza la OECD. Por otro lado, diversas economías estudiadas han declarado grandes ambiciones de seguir bajando el consumo de combustibles fósiles a través de la mejora de rendimientos de los vehículos que se venden en ellas. Dadas las proyecciones de línea de base para Chile y las metas declaradas por estas economías, las diferencias entre nuestro país y ellas se ven pronunciadas en el largo plazo, proyectándose una brecha aún mayor a la existente en el escenario de nula implementación de regulaciones para el cumplimiento.

En Chile no existe una industria nacional productora o armadora de vehículos livianos, por lo que la totalidad de los vehículos vendidos en Chile son importados de diferentes mercados, donde según la literatura revisada, varios índices catalogan nuestro mercado automotriz como un oligopolio y una industria desconcentrada. A lo largo de los años, la composición de las ventas de vehículos por tipo se ha mantenido relativamente constante, dominando los vehículos a gasolina. Los vehículos híbridos y eléctricos tuvieron una participación baja de 0,39% y 0,43% en 2019 y 2020 respectivamente.

Históricamente, se observa que los rendimientos energéticos promedio del parque nuevo nacional no han tenido mejoras significativas, situación análoga para las emisiones promedio.

El estándar de eficiencia energética vehicular en Chile, según lo establecido en el artículo 7° de la Ley 21.305, constará de metas de rendimiento energético, cuya métrica será el rendimiento energético en kilómetros por litros de gasolina equivalente. Además, se indicará su equivalencia en gramos de CO<sub>2</sub> por kilómetro. Ambos valores serán determinados usando la información contenida en el proceso de homologación del vehículo, donde se propone usar el rendimiento mixto. Para la

verificación del cumplimiento del estándar se propone utilizar el ciclo de conducción vigente al momento de la homologación.

Los vehículos que estarán afectos al estándar de eficiencia energética en esta primera etapa serán los vehículos livianos, de acuerdo con la definición del DS N°211, de 1991, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que actualmente corresponde a aquellos vehículos con peso bruto vehicular igual o menor a 2.700 kg.

Se propone que el descriptor a utilizar en el establecimiento del estándar sea la masa vehicular en kilogramos, pues presenta mayor correlación estadística con el rendimiento y permite hacer comparaciones directas con mercados de relevancia para Chile.

Según lo indicado en la Ley N° 21.305, los responsables del cumplimiento serán los importadores o representantes para cada marca de vehículos. Se evaluará el rendimiento energético para cada importador o representante según corresponda, en base al promedio de los rendimientos de todos los vehículos para los cuales cada responsable emitió un certificado de homologación individual.

El estándar propuesto en Chile, para cada responsable en cada año, estaría definido según la siguiente expresión:

$$Estandar_{i,j} = Estandar_{ref,j} + a * (M_{i,j} - M_0)$$

Donde  $Estandar_{i,j}$  es el estándar propuesto de rendimiento energético medido en km/l<sub>ge</sub> que debe cumplir el responsable  $i$  en el año  $j$ ;  $Estandar_{ref,j}$  es el rendimiento energético referencial establecido para el año  $j$  medido en km/l<sub>ge</sub>;  $a$  corresponde a la pendiente de la recta que caracteriza a los vehículos vendidos en Chile durante el año 2020 igual a -0,0063;  $M_{i,j}$  es la masa de referencia promedio medida en kg para el responsable  $i$  en el año  $j$ ; y  $M_0$  corresponde al promedio de la masa de referencia de los vehículos vendidos en Chile durante el año 2020, igual a 1.368 kg.

Luego, el estándar en cada año estaría dado por los siguientes valores:

Año	$Estandar_{ref}$ [km/l <sub>ge</sub> ]
<b>2024 - 2026</b>	22,5
<b>2027 - 2029</b>	27,3
<b>2030 en adelante</b>	28,9

Esta propuesta implica que, si bien para cada responsable el valor de estándar mínimo que debe cumplir cada año será distinto, dado que es un valor que depende de la masa de referencia promedio de los vehículos homologados por dicho responsable en cada año, el estándar en sí corresponde a la fórmula antes indicada, la cual es igual para todos los responsables.

Según lo indicado en la Ley N° 21.305, las sanciones serán ejecutadas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), quien aplicará una multa de hasta 0,2 UF por cada décima de kilómetro por litro de gasolina equivalente por debajo del estándar definido para un año determinado, multiplicado por el número total de certificados de homologación individual emitidos en el año respectivo. Para aquellos responsables que incumplan el estándar en un cierto año y deban pagar una multa, la Ley N° 21.305 establece que durante el año inmediatamente siguiente a aquel

en que se constate el incumplimiento del respectivo estándar de eficiencia energética, y en caso que quien hubiere sido sancionado supere su meta anual de eficiencia energética, se podrá descontar de la multa del año anterior el monto resultante de multiplicar cada décima de kilómetro por litro de gasolina equivalente por sobre el estándar de eficiencia energética definido para ese año. En caso de no descontarse total o parcialmente la multa del año anterior, se procederá al cobro de la parte de ésta que corresponda.

Finalmente, la Ley N° 21.305 indica que, para determinar el nivel de cumplimiento del estándar de eficiencia energética, se podrá contar hasta tres veces el rendimiento de cada vehículo eléctrico o híbrido con recarga eléctrica exterior, así como también otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía. Para el establecimiento de este primer estándar, se propone considerar este multiplicador igual a 3.

Se evaluaron los impactos de la implementación del estándar, en donde al proyectar el parque de vehículos livianos, se observa una disminución en el consumo del sector producto del cumplimiento del estándar. La diferencia, entre el escenario de base y el escenario de cumplimiento del estándar, aumenta gradualmente por el efecto acumulativo del ahorro de los vehículos que permanecen en circulación. Los ahorros de energía anuales tienen un efecto acumulativo, por tanto, estos crecen conforme aumenta el horizonte de evaluación. La implementación del estándar propuesto puede generar ahorros anuales de 1.410 [Tcal] el 2025 y 10.805 [Tcal] el 2035. Lo anterior significará una reducción de importación anual de crudo equivalente a 965 miles de barriles de petróleo equivalente al 2025 y de 7.392 miles de barriles de petróleo equivalente al 2035. Al mismo tiempo, la implementación del estándar propuesto alcanzaría reducciones acumuladas de 6,55 MM ton CO<sub>2e</sub> al año 2030. Esto significa que podría aportar un 11,4% a las acciones de mitigación necesarias para el período 2020 a 2030.

En cuanto al análisis costo beneficio para el usuario, se concluye que se presentan beneficios netos positivos al generarse un menor gasto por consumo de combustible el cual sobrepasa eventuales precios mayores de vehículos.

Los ahorros de los consumidores son calculados a partir de la diferencia de rendimientos entre la situación actual y el estándar exigido. Los ahorros anuales promedio serían de \$307.288 y el periodo promedio del retorno de la inversión sería de 19 meses. Luego de este tiempo, sólo habría beneficios para los consumidores. Esto supone que podría haber un aumento promedio de precios de un 3,82%, lo que a su vez asume el caso extremo en que todo el costo asociado al desarrollo necesario para que los vehículos cumplan con el estándar sea traspasado completamente al usuario. Se concluye que, a pesar de esta cota superior, los beneficios netos para el consumidor son positivos.

Finalmente, en el caso extremo en que los responsables decidieran no realizar mejoras a los vehículos importados para alcanzar el cumplimiento del estándar, y en vez de ello decidieran pagar las multas asociadas, el monto total de ellas sería como máximo el 3,4% de las ventas anuales.

Con la implementación del estándar de eficiencia energética se espera que se genere una mejora en el rendimiento del parque vehicular y se traduzca en un beneficio ambiental y económico para el país y para los usuarios.

## Tabla de contenidos

1.	Introducción .....	7
1.1	Ley 21.305 sobre eficiencia energética y la importancia de los estándares de eficiencia energética Vehicular .....	7
2.	Antecedentes internacionales .....	11
2.1	Consumo energético del sector transporte en el mundo .....	11
2.2	Medidas de eficiencia energética en el sector transporte.....	12
2.3	Benchmark internacional del rendimiento de vehículos livianos que ingresan al mercado 15	
3.	Antecedentes nacionales .....	19
3.1	Consumo energético del sector transporte en Chile .....	19
3.2	Medidas de eficiencia energética en el sector transporte.....	20
3.3	Caracterización del mercado de vehículos livianos.....	22
3.4	Caracterización de ventas de vehículos livianos en 2020 .....	25
3.5	Rendimiento histórico del parque de vehículos livianos en Chile .....	27
3.6	Antecedentes para proyección del rendimiento de los vehículos livianos para el mercado nacional .....	29
4.	Propuesta estándares de eficiencia energética para Vehículos Livianos.....	31
4.1	Tipo de estándar y su métrica .....	31
4.2	Gasolina equivalente.....	31
4.3	Vehículos regulados .....	33
4.4	Ciclo de Pruebas .....	33
4.5	Descriptor .....	34
4.6	Responsables del Cumplimiento .....	35
4.7	Estándar propuesto a establecer en Chile .....	35
4.8	Sanciones por incumplimientos propuestas para Chile .....	37
4.9	Crédito Inter-temporal por incumplimiento .....	38
4.10	Multiplicador.....	38
5.	Impacto estimado del estándar de eficiencia Energética para Vehículos Livianos.....	40
5.1	Impacto en el consumo de energía y reducción de emisiones de GEI.....	40
5.1.1	Metodología de cuantificación de ahorros energéticos .....	40
5.1.2	Ahorros energéticos y emisiones del estándar propuesto .....	43

5.2	Análisis de costo y beneficios para los consumidores .....	46
5.2.1	Efectos de mejora en eficiencia vehicular y beneficios a los consumidores.....	46
5.2.2	Análisis de sanciones por incumplimiento.....	49
6.	Conclusiones.....	51
7.	Glosario de Términos .....	52
8.	Bibliografía .....	54

Informe Técnico Preliminar

## 1. Introducción

### 1.1 Ley 21.305 sobre eficiencia energética y la importancia de los estándares de eficiencia energética Vehicular

El día 13 de febrero de 2021 fue publicada en el Diario Oficial la Ley 21.305 sobre eficiencia energética (Ministerio de Energía, 2021a), la cual, entre otras cosas, mandata en su artículo 7° el establecimiento de estándares de eficiencia energética para vehículos livianos, medianos y pesados. El Ministerio de Energía debe fijar entonces estándares los cuales consistirán en metas de rendimiento energético, en kilómetros por litro de gasolina equivalente, en términos promedio para el total de certificados de homologación individual emitidos o los certificados de cumplimiento del Decreto Supremo N° 55, de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, o el que lo reemplace, según corresponda. La fijación de los estándares se realizará mediante resolución suscrita conjuntamente con el ministro de Transportes y Telecomunicaciones y entrará en vigencia una vez transcurridos 24 meses desde su publicación en el diario oficial.

La ley además establece que los responsables del cumplimiento del estándar serán los importadores o representantes para cada marca de vehículos comercializados en Chile, que estén habilitados para emitir certificados de homologación individual, en el caso de vehículos livianos y medianos, o habilitados para emitir certificados individuales de cumplimiento del Decreto Supremo N° 55, de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, o el que lo reemplace, en el caso de vehículos pesados. En caso de que se constate el incumplimiento de los estándares, el Ministerio de Transportes -encargado de fiscalizar a los responsables- oficiará a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles para que ésta inicie el procedimiento sancionatorio respectivo. La sanción por este concepto ha quedado establecida en la ley como una multa de hasta 0,2 UF por cada décima de kilómetro por litro de gasolina equivalente por debajo del estándar definido para un año determinado, multiplicado por el número total de certificados, según corresponda, emitidos en el año respectivo.

Durante el año inmediatamente siguiente a aquel en que se constate el incumplimiento del respectivo estándar de eficiencia energética, y en caso de que quien hubiere sido sancionado sobre cumpla su meta anual, se podrá descontar de la multa del año anterior el monto resultante de multiplicar cada décima de kilómetro por litro de gasolina equivalente por sobre el estándar de eficiencia energética definido para ese año por el número total de certificados. En caso de no descontarse totalmente la multa del año anterior, se procederá al cobro de la parte de ésta que corresponda. Adicionalmente, los responsables cuentan con la posibilidad de que se podrá contar hasta 3 veces el rendimiento de cada vehículo eléctrico o híbrido con recarga eléctrica exterior, así como también otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía, para el cálculo del cumplimiento de su meta.

Finalmente, en lo que respecta a lo establecido por la Ley 21.305, su artículo 7° transitorio indica que la resolución que establece los primeros estándares debe dictarse en el plazo de doce meses

para el caso de vehículos livianos, treinta y seis meses para vehículos medianos y sesenta meses para vehículos pesados.

En la última década Chile ha establecido como meta fomentar el uso eficiente de la energía, instaurando metas de ahorro de 12% de reducción de la demanda energética proyectada al año 2020 con base en 2010 (Ministerio de Energía 2013)<sup>1</sup>, meta que fue actualizada en 2014 a 20% de ahorro al año 2025<sup>2</sup>. Adicionalmente, con la aplicación de las medidas contempladas en la Ley N° 21.305 se espera una reducción de intensidad energética de al menos 10% al 2030 con respecto al año 2019.

Al mismo tiempo, Chile ha adquirido y ratificado compromisos internacionales ambiciosos en materia de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) contra el cambio climático. En el horizonte de largo plazo, Chile buscará una trayectoria que le permita alcanzar la carbono neutralidad al 2050, tal como se ha establecido a través de la Contribución Nacional Determinada (NDC) presentada por Chile el 2020 con motivo del Acuerdo de París y también en el Proyecto de Ley Marco de Cambio Climático que actualmente se encuentra en discusión en el Congreso Nacional (Ministerio de Medio Ambiente, 2020a).

La última actualización de la NDC 2020 para reducir las emisiones y combatir el cambio climático estableció como meta de mitigación incondicional y transversal a la economía lo siguiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2020b):

1. Chile se compromete a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtCO<sub>2eq</sub>, entre el 2020 y 2030, con un máximo de emisiones de GEI al 2025, y a alcanzar un nivel de emisiones de GEI de 95 MtCO<sub>2eq</sub> al 2030.
2. Una reducción de al menos un 25% de las emisiones totales de carbono negro al 2030, con respecto al 2016.

Gráficamente, se puede ver en la Figura 1.

---

<sup>1</sup> En este informe se calculó una disminución estimada de 43.000 [Tcal] en 2020.

<sup>2</sup> En este informe se estimó un total de energía ahorrada en 2025 de 20.000 [GWh].

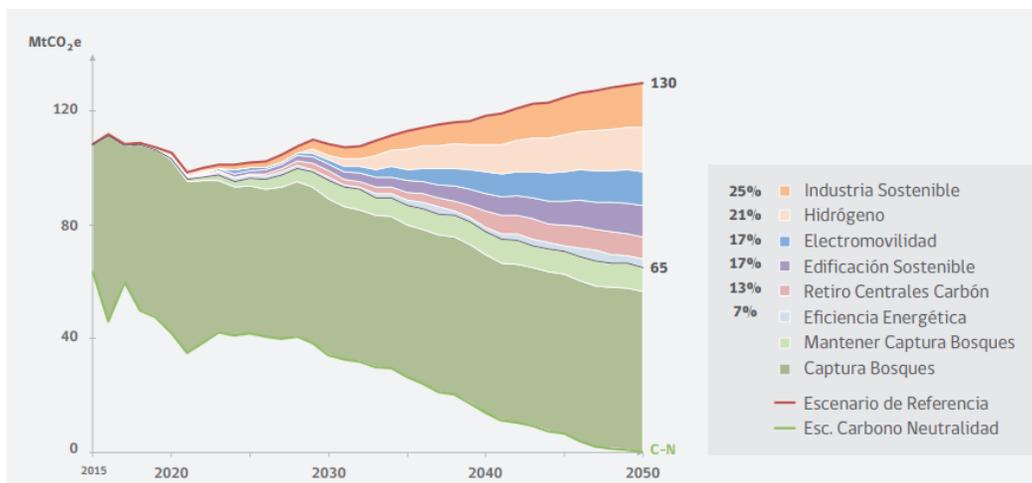


Figura 1: Representación gráfica de objetivos de la Contribución Nacional Determinada a Nivel Nacional 2020  
Fuente: (Ministerio de Energía, 2020a)

Para alcanzar las metas propuestas, se requerirá de un esfuerzo multisectorial en la aplicación de políticas y medidas que permitan la reducción efectiva y permanente de las emisiones de GEI de Chile en el tiempo, siendo el sector transporte un sector relevante en este ámbito.

En términos energéticos, el año 2019 (última información disponible) el sector transporte en Chile consumió 110.335 [Tcal], alcanzando una participación del 36,6 % de la energía secundaria total demandada, proveniente principalmente de derivados del petróleo (98,8%), generando un gran impacto en las emisiones de GEI a nivel nacional<sup>3</sup>, haciéndonos además altamente dependientes de las importaciones de combustible. El 81,2% del consumo de este sector está asociado al transporte terrestre caminero (Ministerio de Energía, 2020). Además, durante el periodo 2015-2019 la demanda energética del sector ha aumentado a una tasa anual promedio del 4,0%, mientras la demanda energética nacional ha aumentado a una tasa del 1,7% en el mismo periodo, luego su importancia relativa ha ido en aumento.

Dada la importancia del sector transporte en el consumo de energía y sus implicancias ambientales, el grupo de naciones G20 ha planeado diversas políticas con el fin de reducir el consumo de energía y las emisiones del sector. Mientras algunas naciones de este grupo como Canadá, Alemania, Reino Unido, Francia, Italia, Japón, Corea del Sur, Estados Unidos y México han implementado estándares de rendimiento o emisiones a vehículos livianos de pasajeros, otras tienen pendiente avanzar hacia su aplicación (Yang & Bandivadekar, 2017 Global update: Light-duty vehicle greenhouse gas and fuel economy standards, 2017). Comparativamente y sin pertenecer al G20, Chile ha seguido este camino en cuanto a la adopción de políticas de combustibles y emisiones (Kodjak, 2015). Políticas de combustibles con bajo contenido en azufre (*Clean, low-sulfur fuels*), normativa de emisión de contaminantes locales (*Tailpipe Emissions Standards*) y el establecimiento de impuestos verdes aplicados sobre vehículos livianos y medianos a diésel ya se han llevado a cabo en Chile, intentando seguir los estándares mundiales más exigentes. Incluso desde el año 2012, se ha establecido la regulación de etiquetado a vehículos livianos de pasajeros, como predecesor de la implementación

<sup>3</sup> De acuerdo al MMA (2018), el sector transporte es responsable del 24,1% de las emisiones de GEI totales del país.

de un estándar de rendimientos mínimos como medida costo-efectiva para reducir el consumo de energía del sector<sup>4</sup>.

El presente informe tiene como objetivo presentar los antecedentes y análisis considerados para la propuesta de estándar de eficiencia energética de vehículos livianos.

Informe Técnico Preliminar

---

<sup>4</sup> Durante el año 2016, fue publicado en el Diario Oficial el Decreto 107, el cual amplía el etiquetado vehicular al segmento de vehículos medianos (Ministerio de Energía 2016a).

## 2. Antecedentes internacionales

### 2.1 Consumo energético del sector transporte en el mundo

El sector transporte es uno de los principales consumidores de energía a nivel mundial. En el año 2018, se consumieron 2.891 [Mtp<sup>e</sup>]<sup>5</sup>, representando el 29,11% del consumo de energía a nivel global, consumo energético suplido principalmente por derivados del petróleo (92,2%) (IEA, 2020a). Los escenarios de proyección de la *International Energy Agency* (IEA) predicen que el uso de la energía en el transporte mundial y las emisiones del sector aumentarán significativamente en su escenario de referencia (ver Figura 2).

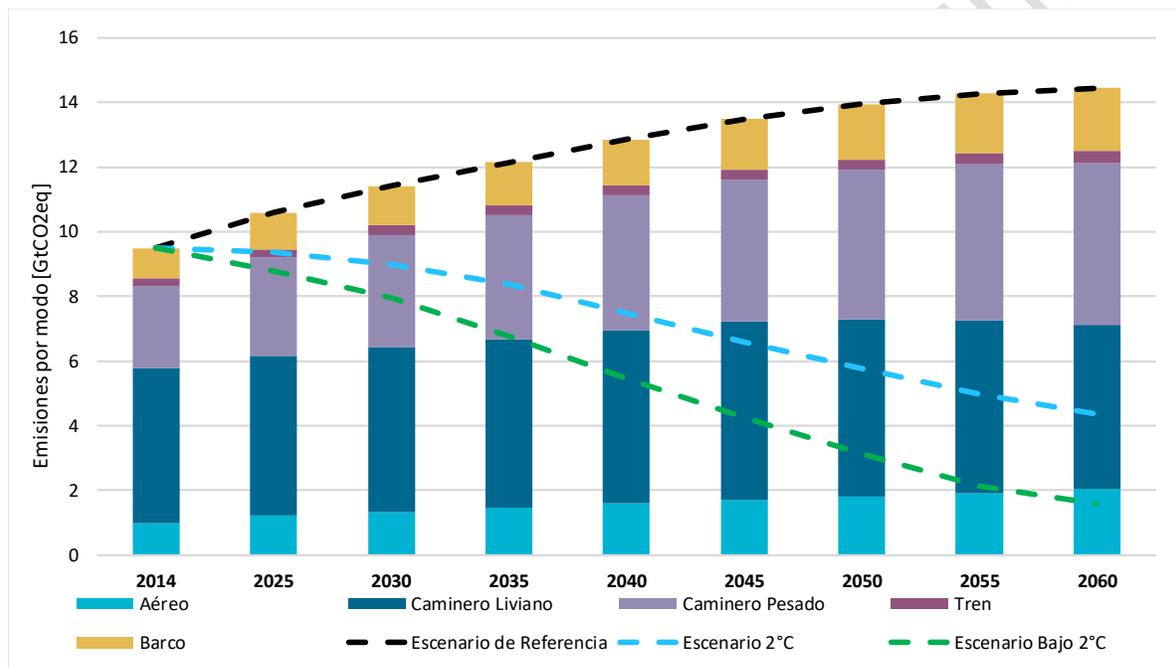


Figura 2: Proyección mundial de emisiones de GEI del sector transporte 2014 – 2060

Fuente: Elaboración Propia. Datos (IEA 2018)

Con lo anterior como base, la IEA ha publicado la distribución del consumo de energía del sector transporte en los países OECD, el cual da cuenta de la importancia de los vehículos de pasajeros, también conocido como caminero liviano, como grandes consumidores del sector. El uso de fuentes fósiles como principal energético del sector deriva en que, a nivel mundial, el 65% del petróleo consumido es utilizado por el transporte (IEA, 2020b).

Como consecuencia de lo anterior, el sector es uno de los mayores contribuyentes a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico, emitiendo 8.258 Mt CO<sub>2</sub> anualmente, el equivalente al 24,6% de las emisiones de GEI relacionadas con el sector energético (IEA, 2020a) (GFEI, 2016). Más aún, se prevé que, dado el aumento de la población y su capacidad adquisitiva,

<sup>5</sup> Millones de toneladas de petróleo equivalente.

este porcentaje de participación de emisiones de GEI aumentará en caso de no tomar ninguna acción correctiva (GFEI, 2016).

En el plano internacional y en términos de contribución a las emisiones de GEI del sector transporte, el 74,4% de éstas son atribuibles al transporte caminero, y en particular, más de la mitad (62,3%) de las emisiones del transporte caminero son provocadas por la utilización de vehículos livianos y medianos (ver Figura 3).



Figura 3: Participación de las emisiones del sector transporte a nivel mundial

Fuente: Elaboración Propia. Datos (IEA, 2020c)

Dado que se espera que las emisiones de este sector sigan creciendo, el potencial de reducción de emisiones de GEI asociado a las políticas de mejora de la eficiencia de los vehículos adquiere un rol relevante para alcanzar las metas de emisión del sector. De hecho, en el contexto global del transporte, la eficiencia energética<sup>6</sup> contribuiría con el 60% de las reducciones de emisiones acumuladas del sector transporte a 2070.

## 2.2 Medidas de eficiencia energética en el sector transporte

Dada la importancia del transporte caminero, en los últimos años diversos gobiernos han puesto foco en la regulación sobre estándares de eficiencia energética y/o emisiones GEI al parque automotor (Arena, y otros, 2014). En la Figura 4 se presenta un mapa mundial del estado de regulación de estándares eficiencia energética/emisiones para vehículos livianos.

<sup>6</sup> Eficiencia energética incluye la mejora del rendimiento debido a mejoras tecnológicas, así como cambios en los sectores de uso final desde vehículos que son intensivos en uso de energía, a menores (incluso a través de cambios de energéticos).

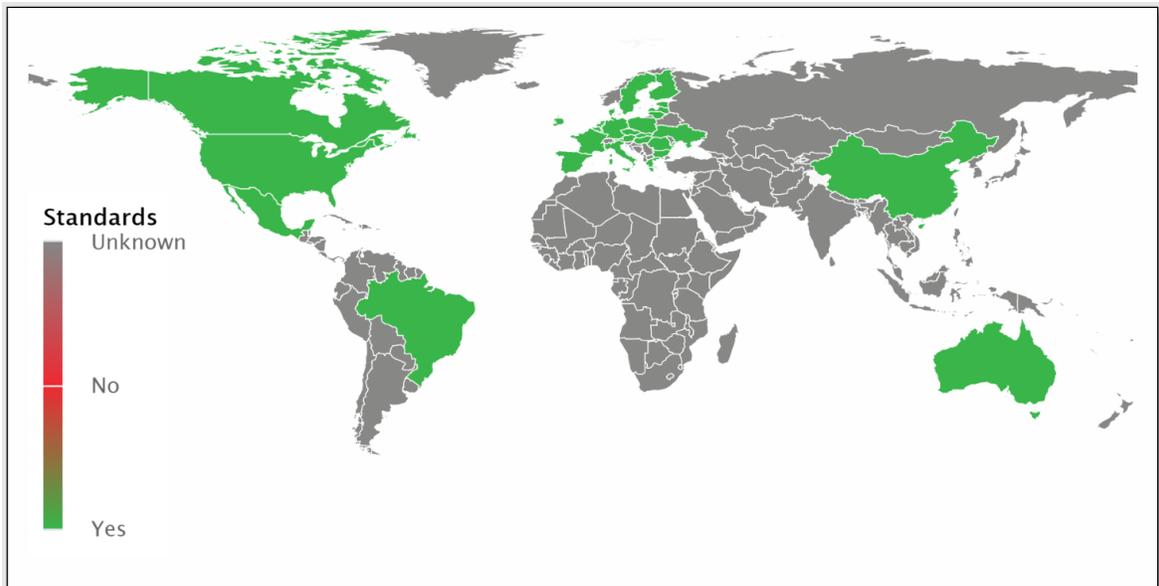


Figura 4: Estado de regulación de estándares a nivel mundial para vehículos livianos  
Fuente: (United Nations Environment Programme, 2020)

Hoy, diez economías alrededor del mundo (Japón, Unión Europea, Estados Unidos, Canadá, China, Corea del Sur, México, Brasil, India y Arabia Saudita) han establecido o propuesto estándares de eficiencia energética o emisiones de CO<sub>2</sub> (si bien se miden en forma diferente y con focos diferentes, los efectos globales en general son los mismos) para vehículos livianos. Estos mercados en conjunto representan cerca del 80% de las ventas mundiales de este tipo de vehículos (Yang & Bandivadekar, 2017 Global update: Light-duty vehicle greenhouse gas and fuel economy standards, 2017)

Consecuentemente, en el periodo 2005–2013 se ha evidenciado una clara tendencia de mejora en el rendimiento de vehículos livianos nuevos que ingresan al parque mundial (medido como consumo específico<sup>7</sup> en litros de gasolina equivalente<sup>8</sup> cada 100 kilómetros (L<sub>ge</sub>/100 km)). En este sentido, la Figura 5 presenta tanto los consumos específicos históricos como los proyectados de los países que cuentan con metas de rendimiento.

<sup>7</sup> Los estándares de rendimiento (Eficiencia Energética) aplicado a vehículos pueden basarse en mediciones del rendimiento de los vehículos o flotas por:

- I. Consumo específico, que evalúa el rendimiento en unidades de energía por unidades de distancia (MJ/km; Litros de gasolina equivalente/100 km u otra), ó
- II. Rendimiento, que evalúa la performance del vehículo o flota mediante la distancia recorrida por cada unidad energética consumida (km/Litro de gasolina equivalente; millas/galón gasolina equivalente u otro).

<sup>8</sup> Unidad energética equivalente a la cantidad de energía contenida en un litro de gasolina.

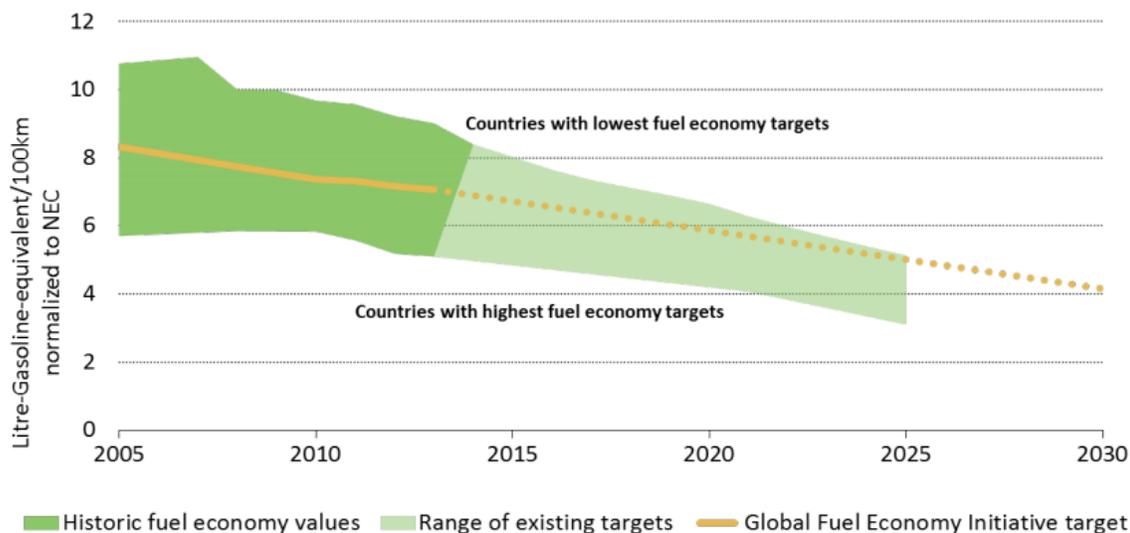


Figura 5: Evolución y proyección del promedio del consumo específico de combustible

Fuente: (IEA, 2015)

La *Global Fuel Economy Initiative* (GFEI) ha mostrado que utilizando tecnologías costo-efectivas desarrolladas, es posible reducir el consumo específico promedio de los vehículos en un 50% al año 2030 relativo a los niveles del año 2005.

La línea de color amarillo en la Figura 5 establece la meta de rendimiento planteada por la GFEI. Si bien existen países que superan las metas planteadas, se requieren mayores esfuerzos para alcanzar dicha meta (OECD/IEA, 2016). En el largo plazo, se espera que aquellos países con metas menos ambiciosas alcancen o superen la meta establecida por la GFEI.

Las principales características de algunas de las normas de eficiencia energética o emisiones que han desarrollado los países se presentan en la Tabla 1

Tabla 1: Resumen principal normativa internacional  
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI

	Unión Europea	Estados Unidos	Corea del Sur	Japón	China	México	Brasil
Ciclo de Conducción	WLTP	FTP-75 (55% ciudad) HWFET (45% carretera)	FTP-75 (55% ciudad) HWFET (45% carretera)	JC08 Test/WLTP <sup>9</sup>	NEDC/WLTC <sup>10</sup>	(55% ciudad) HWFET (45% carretera)	FTP-75 (55% ciudad) HWFET (45% carretera)
Vehículos a los cuales aplica	M1	VP de PBV ≤ 3.855 kg; SUVs y camionetas de PBV ≤ 4.535 kg	VP y SUVs, máx. 10 filas asientos, PBV ≤ 3.500 kg.	VP, camionetas y LCV PBV ≤ 2500 kg; LCV PBV ≤ 3.500 kg	VP PBV ≤ 3.500 kg	VP PBV ≤ 3.857 kg	-
Métrica	gCO <sub>2</sub> /km	mpg y gCO <sub>2</sub> /km	km/l (eq. gCO <sub>2</sub> /km)	km/L <sub>ge</sub>	L <sub>ge</sub> /100km	gCO <sub>2</sub> /km (eq. Km/l)	MJ/km
Atributo	Masa Vehicular	Footprint	Masa Vehicular	Masa Vehicular	Masa Vehicular	Footprint	Masa Vehicular
Alcance de aplicación	Promedio corporativo <sup>11</sup>	Promedio corporativo	Promedio corporativo	Promedio corporativo <sup>12</sup>	Vehículo individual / promedio corporativo	Promedio corporativo	Promedio corporativo
Participación de marcas <sup>13</sup> en mercados livianos y medianos en Chile (2020)	9,8%	3,3%	10,3%	8,8%	24,7%	7,5%	-

\* M1 corresponde según la clasificación en la Unión Europea a Vehículo para transporte de pasajeros y que no contenga más de 8 asientos además del asiento del conductor. VP: Vehículo de pasajeros. PBV: Peso Bruto Vehicular. LCV: Vehículos comerciales livianos.

### 2.3 Benchmark internacional del rendimiento de vehículos livianos que ingresan al mercado

En Chile, en el periodo 2013-2019, en ausencia de cualquier tipo de regulación al respecto, la disminución anual promedio en el consumo específico de combustible fue de 0,83%, según datos del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. El 2014 la IEA en el contexto de la *Global Fuel Economy Initiative* (GFEI) realizó una comparación internacional de los rendimientos de vehículos livianos de pasajeros (LDVs) entre el periodo 2005-2015 presentando resultados importantes que son resumidos en la Tabla 2.

<sup>9</sup> Hasta el 2020 la meta fue en ciclo JC08, la meta al 2030 se definió usando el ciclo WLTP.

<sup>10</sup> Se establece cambio al ciclo WLTP a partir del 2021.

<sup>11</sup> Significa que el estándar exigido es para el promedio de las ventas anuales de un corporativo, y por tanto no es aplicado a cada vehículo vendido.

<sup>12</sup> Para cada segmento de peso (*Top Runner*).

<sup>13</sup> Según país de fabricación.

Tabla 2: Comparación internacional de los consumos específicos de combustible normalizados al ciclo NEDC

Fuente: (IEA, 2017)

		2005	2008	2011	2013	2030
<b>Promedio OCDE</b>	Promedio Economía de Combustible ( $l_{ge}/100$ km)	8,6	7,9	7,3	6,9	
	Tasa promedio de mejora anual (% por año)	-2,7%		-2,6%		
		<b>-2,6%</b>				
<b>Promedio No - OCDE</b>	Promedio Economía de Combustible ( $l_{ge}/100$ km)	7,3	7,4	7,3	7,2	
	Tasa promedio de mejora anual (% por año)	0,5%	-0,4%		-0,9%	
		<b>-0.2%</b>				
<b>Promedio Global</b>	Promedio Economía de Combustible ( $l_{ge}/100$ km)	8,3	7,7	7,3	7,1	
	Tasa promedio de mejora anual (% por año)	-2,3%	-1,9%		-1,8%	
		<b>-2,0%</b>				
<b>Objetivos GFEI</b>	Promedio Economía de Combustible ( $l_{ge}/100$ km)	<b>8,3</b>				<b>4,2</b>
	Tasa anual de mejora requerida (% por año)	Año base 2005	<b>-2,7%</b>			
		Año base 2014	<b>-3,1%</b>			

De acuerdo con lo presentado en la Tabla 2, la tasa promedio de mejora de Chile en el periodo 2013-2019 está aún por debajo de lo observado a nivel internacional en el periodo 2005-2013, siendo un 59% menor al promedio mundial (2,0%), y un 68% más bajo de lo que alcanza la OECD (2,6%). Más aún, considerando los principales mercados de origen de los vehículos que ingresan al parque nacional, las metas de rendimiento publicadas por cada uno de estos, y los horizontes de tiempo para dar cumplimiento, la tasa de mejora será aún mayor en el futuro, como lo muestra la Tabla 3.

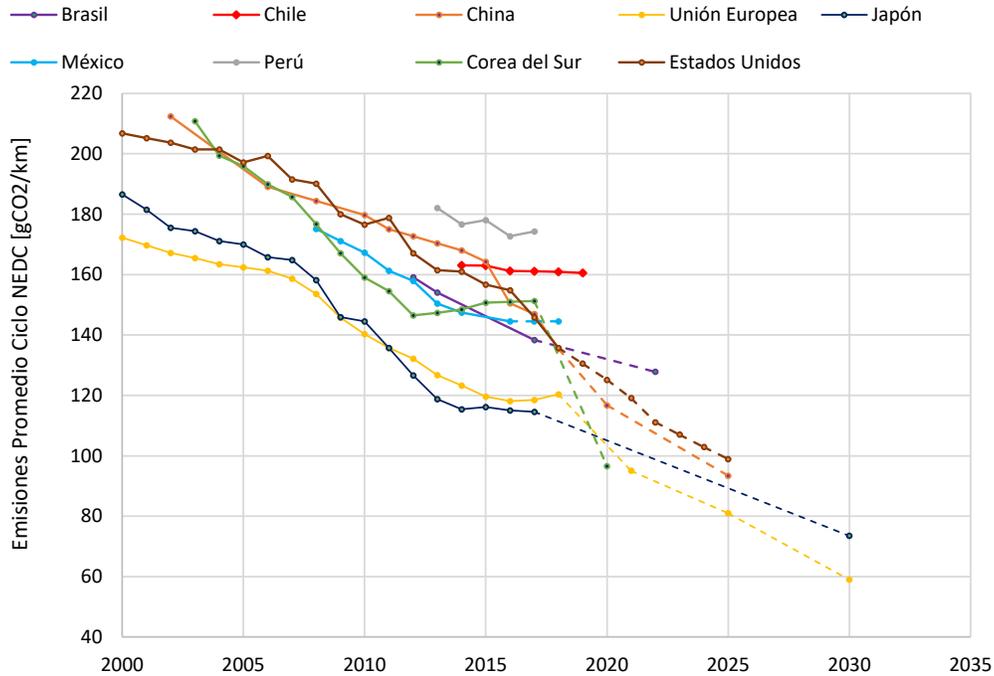
Tabla 3: Mejoras de rendimientos promedio anuales requeridas para alcanzar metas promulgadas en km/l en ciclo NEDC

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI

	Estados Unidos	Unión Europea	Corea del Sur	China	Japón
<b>[km/<math>l_{ge}</math>]</b>	0,42	1,47	1,36	1,08	0,50
<b>Comentarios</b>	Periodo 2017-2026 Incluye reducción de exigencias de 2020 (NHTSA, 2020) (ICCT, 2021)	Periodo 2018 - 2030 (Mock, 2019) (ICCT, 2021)	Periodo 2014 - 2020 (Transport Policy, 2021a) (ICCT, 2021)	Periodo 2018 - 2025 (Transport Policy, 2021b) (ICCT, 2021)	Periodo 2019 - 2030 (Yang & Rutherford, 2019) (ICCT, 2021)

Los valores presentados en la Tabla 3, muestran un gran nivel de ambición en el establecimiento de metas de rendimiento energético para vehículos livianos de pasajeros. De cumplirse estos valores, las diferencias en el rendimiento energético vehicular entre Chile y los países que han implementado estándares de eficiencia energética aumentarían en caso de que Chile no implementara dichos estándares en su parque vehicular.

Comparativamente, en la Figura 6 y Figura 7 se presentan las emisiones y los rendimientos promedio (normalizados al ciclo NEDC) históricos y proyectados tanto de Chile (según la tasa de mejora vegetativa observada que será profundizada en la Sección 3.6) como de otros países.



\*Análisis considera para Chile a livianos de pasajeros más comerciales livianos

Figura 6: Comparación de emisiones promedio de vehículos livianos de pasajeros en mercados internacionales

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos (ICCT, 2020)

La Figura 6 muestra las emisiones promedio del parque de vehículos livianos nuevos de pasajeros de algunos países de interés.

Los datos en la Figura 7 evidencian que, comparativamente, en términos de rendimientos energéticos, Chile (en rojo) es de los países con los promedios más bajos y, por lo tanto, con peores rendimientos. Como se muestra en la comparación, de los países analizados a nivel Latinoamericano, Chile se encuentra solo por encima de Perú (sin ninguna clase de regulación al respecto), pero por debajo de países como Brasil y México, que ya han establecido estándares para este segmento.

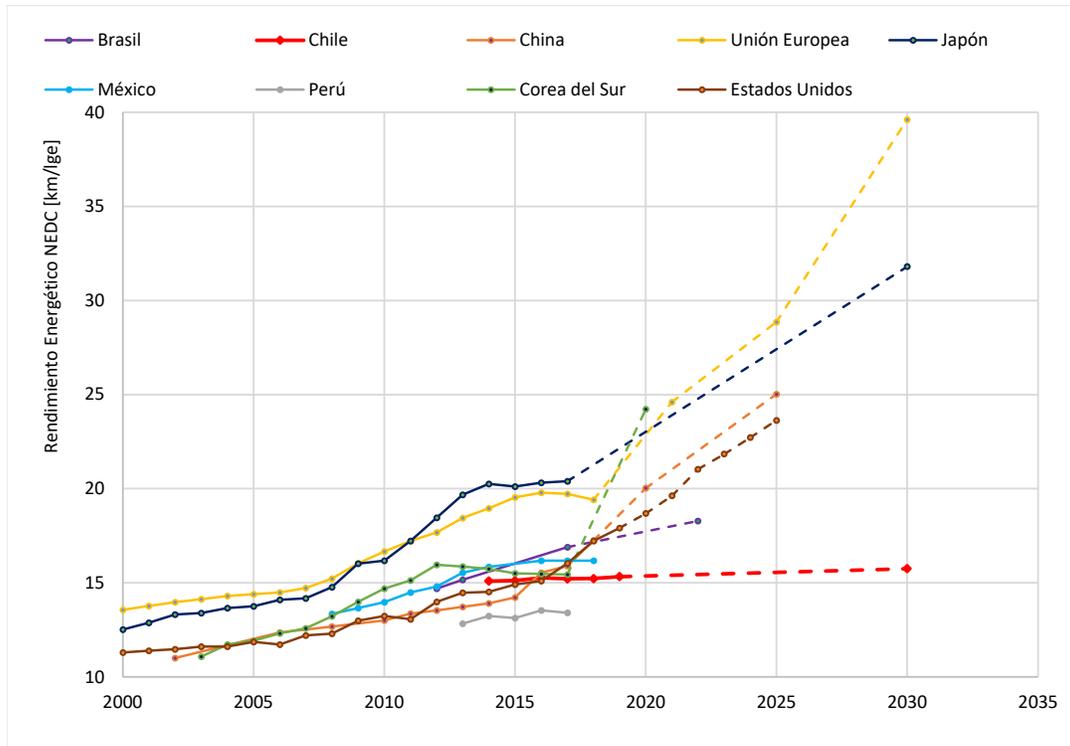


Figura 7: Comparación de rendimientos históricos y proyectados de los vehículos livianos que ingresan a los mercados  
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos (ICCT, 2020)

A la fecha, los rendimientos de entrada de los vehículos livianos en el mercado nacional están muy por debajo de Japón, Unión Europea, Corea del Sur y China, pero no tan distante del rendimiento observado en Estados Unidos<sup>14</sup>. Por otra parte, dadas las proyecciones de línea de base para Chile y las metas declaradas por estos países, estas diferencias se ven pronunciadas en el largo plazo, creando una brecha preocupante en el escenario de nula implementación de regulaciones para el rendimiento.

<sup>14</sup> Tanto en la Figura 6 como en la Figura 7 el rendimiento proyectado para Estados Unidos corresponde a los estándares establecidos en la administración Obama (2012).

### 3. Antecedentes nacionales

#### 3.1 Consumo energético del sector transporte en Chile

En el año 2019, el consumo de energía del sector transporte fue de 110.335 [Tcal], lo que representa un 36,6% del consumo de energía a nivel nacional (Ministerio de Energía, 2020). De acuerdo con el Balance Nacional de Energía (BNE) 2019, el mayor consumo energético del sector transporte corresponde al generado por el subsector caminero, con el 81,2% del total. El sector aéreo representa el 13%, mientras que el marítimo, ferroviario y ductos representan el 4%, el 0,9% y 0,4% respectivamente. Lo anterior es presentado en la Figura 8

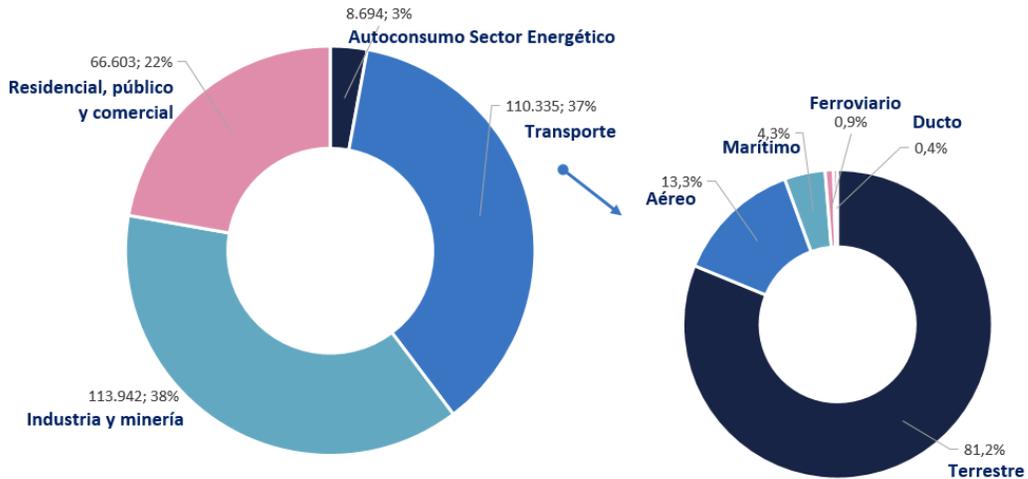


Figura 8, y son cifras que se asemejan a lo observado a nivel internacional.

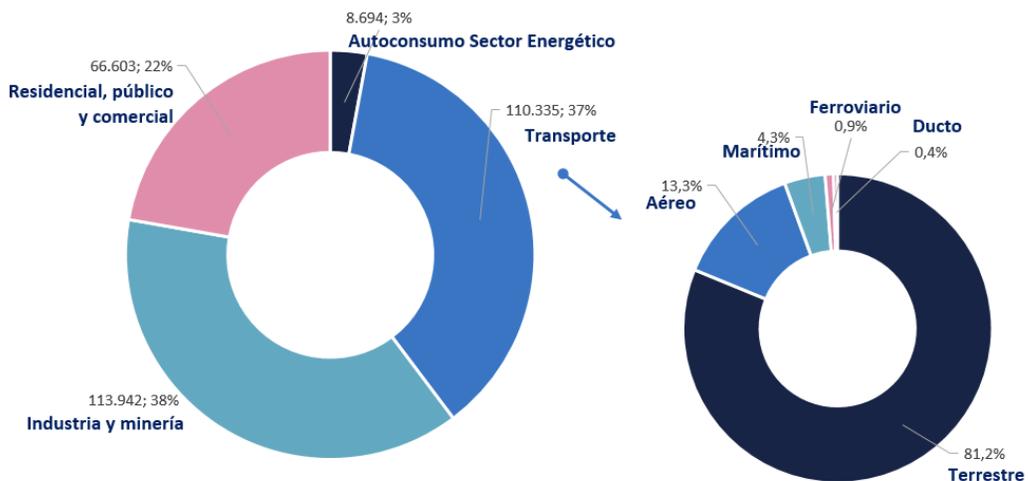


Figura 8 Consumo de Energía del sector transporte a nivel nacional [Tcal]

Fuente: Elaboración Propia. Datos (Ministerio de Energía, 2020)

Dentro del consumo de energía del transporte terrestre, el 50% se atribuye al segmento de vehículos livianos y medianos, siendo el 15% del consumo energético total a nivel nacional<sup>15</sup>. Al comparar los porcentajes de participación del consumo de energía del sector caminero (o terrestre) con años anteriores, se constata un aumento en la participación porcentual en el consumo de energía para este subsector, lo cual implica que el aumento de demanda de este sector crece a una mayor tasa que el resto de los sectores<sup>16</sup>.

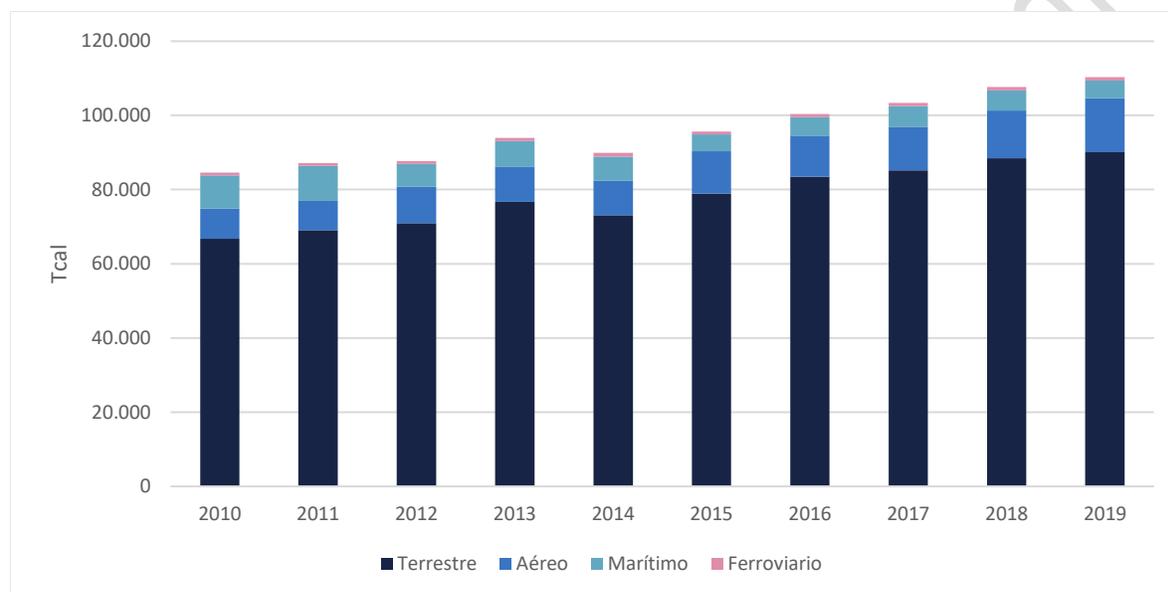


Figura 9: Consumo final de Energía entre 2010 y 2019 para los distintos segmentos de transporte

Fuente: Elaboración Propia. Datos (Ministerio de Energía, 2020)

### 3.2 Medidas de eficiencia energética en el sector transporte

Dentro de los últimos años diversas políticas, estrategias y planes de acción han fijado como meta la reducción del consumo de energía en Chile por medio de la eficiencia energética. Uno de ellos fue el “Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020” (PAEE2020) del año 2013, el cual tuvo como meta alcanzar una reducción del 12% de la demanda proyectada al año 2020, meta que fue actualizada en la “Agenda Energía 2014” al 20% al año 2025 (Ministerio de Energía, 2014). Una de las medidas enfocadas al sector transporte fue la de mejorar la eficiencia energética de vehículos livianos y medianos que ingresan al parque. Por otra parte, la “Política Energética de Largo Plazo” (Energía 2050) lanzada en 2016, ha establecido dentro de sus lineamientos y metas la adopción de estándares de eficiencia energética vehicular (Ministerio de Energía, 2015).

<sup>15</sup> El cálculo del consumo de energía del sector entre los vehículos pesados y livianos corresponde a una estimación realizada a partir de los datos entregados por el BNE y las características del parque nacional.

<sup>16</sup> Estimaciones derivadas de los modelos de demanda energética.

Adicionalmente, la “Estrategia Nacional de Electromovilidad” de 2017 (Ministerio de Energía, 2017), establece como metas que el 40% del parque automotriz privado y el 100% del transporte público urbano sean eléctricos al 2050 y 2040 respectivamente.

Finalmente, mediante la NDC presentada por Chile en 2020, con motivo del Acuerdo de París, el país reafirma el compromiso de alcanzar la carbono neutralidad al año 2050.

Una política precursora a los estándares de eficiencia energética vehicular fue el establecimiento del reglamento de etiquetado vehicular<sup>17</sup>, que obliga a la exhibición de etiquetas de consumo energético a todos los vehículos motorizados livianos y medianos nuevos vendidos en el país, (ver Figura 10). Dicha etiqueta debe ser confeccionada por los fabricantes, armadores, comercializadores, distribuidores o importadores de los vehículos con los valores oficiales proporcionados por el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV), del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Esta información es determinada en el proceso de homologación del vehículo a través de pruebas de laboratorio realizadas bajo determinadas condiciones de conducción, es decir, se trata de información medida directamente por el Estado de Chile, y no proporcionada por los fabricantes. De este modo, se cuenta ya con un sistema que proporciona información oficial, pública y transparente con la que se evaluará el cumplimiento futuro de los estándares.



Figura 10: Etiqueta de eficiencia energética  
Fuente: <http://www.consumovehicular.cl/>

Finalmente, con el fin mejorar el desempeño energético del transporte y aportar al cumplimiento de las metas de carbono neutralidad establecidas por el país, el Ministerio de Energía, mediante la Ley N° 21.305, mandata la fijación de estándares de rendimiento energético para los vehículos nuevos que se comercialicen en el país.

<sup>17</sup> Decreto Supremo N° 61, de 2012, del Ministerio de Energía.

Por medio de esta medida se espera contribuir a:

- i. Disminuir la demanda por combustibles importados aportando a la autonomía energética. El sector transporte corresponde a uno de los de mayor intensidad en consumo de combustibles derivados del petróleo en el país, los que son en su mayoría importados, por lo tanto, la reducción en el consumo energético del parque automotriz permitirá aportar a la reducción de la dependencia energética de estos combustibles.
- ii. Reducir las emisiones de GEI del sector transporte a nivel nacional, favoreciendo así el cumplimiento de los compromisos internacionales de Chile en este ámbito. Como se ha indicado en los antecedentes, el sector transporte representa uno de los principales consumidores de energía del país, particularmente de combustibles fósiles con altos factores de emisión. La reducción del consumo energético del parque automotriz tiene efectos directos en la reducción de emisiones de GEI. En un contexto de la actualización de la NDC en 2020, la implementación de este instrumento será un aporte relevante para alcanzar los compromisos ambientales internacionales. Esto se condice a su vez con la Política Energética de Largo Plazo, la cual en su última actualización indica que el sector de transporte terrestre disminuiría 35%, 45% y 55% sus emisiones al 2050, comparado con el 2020, dependiendo del escenario evaluado. Esto respondiendo a medidas relacionadas tanto de mejora en la eficiencia energética vehicular como de su electrificación (Ministerio de Energía, 2021b).
- iii. Reducción de los costos de operación en transporte a usuarios finales del transporte privado. Los combustibles fósiles, utilizados principalmente en el sector transporte, presentan características de volatilidad, generando una importante sensibilidad de los precios a variables económicas y políticas externas. La reducción del consumo energético del parque automotriz permitirá reducir las presiones en la economía doméstica asociada al gasto periódico en energéticos para el transporte de personas y de carga, mejorando las condiciones de asequibilidad de la población y de competitividad de los sectores productivos, acorde a su vez a lo planteado en la Política Energética de Largo Plazo, “Energía 2050”, en el eje “Energía como motor de desarrollo”, temática que está siendo ratificada en la actualización de la Política Energética Nacional que será publicada durante el 2021.

### 3.3 Caracterización del mercado de vehículos livianos

En Chile no existe una industria nacional productora o armadora de vehículos livianos, por lo que la totalidad de los vehículos vendidos en Chile son importados desde diferentes mercados. Durante el año 2020 se comercializaron vehículos de 64 marcas diferentes representadas por 31 importadores/distribuidores (representantes oficiales de las marcas en Chile). La Figura 11 presenta la participación del mercado (de la cantidad de vehículos vendidos en 2020) de los diferentes importadores en Chile.

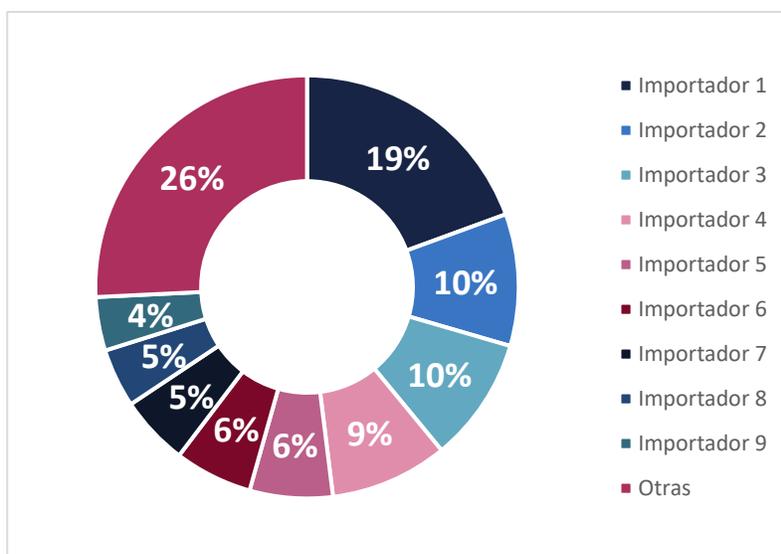


Figura 11: Participación de los diferentes importadores en el mercado nacional durante 2020 (cantidad de vehículos vendidos)

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

De acuerdo con lo presentado en la Figura 12, la razón de concentración de las 4 firmas importadoras de mayor tamaño ( $CR_4$ )<sup>18</sup> en 2020 fue igual al 48%, valor que, dependiendo de la literatura revisada, cataloga al mercado como un oligopolio o cercano a esto. Por otra parte, el Índice de Herfindahl–Hirschman (IHH)<sup>19</sup> calculado para el mercado automotriz en Chile en el año 2020, mostró un valor de  $H=854$ , que refleja una industria desconcentrada (una industria es considerada moderadamente concentrada para valores de IHH mayores a 1.500; el valor del índice para un monopolio es 10.000).

Los índices de concentración del mercado automotriz (aplicado al segmento de vehículos livianos) en el periodo 2013-2019 se presentan en la Figura 12.

<sup>18</sup> *Concentration Ratio ( $CR_x$ )* es un indicador utilizado en economía que mide la concentración de un mercado, cuantificando la producción o ventas en relación al total de X compañías que participan en la industria. Los ratios de concentración más comunes son el  $CR_4$  y el  $CR_8$ .

<sup>19</sup> El índice de Herfindahl–Hirschman (IHH) es una medida del tamaño de las firmas con relación al tamaño del mercado y el nivel de competencia entre ellas. Los valores van entre 0 y 10,000.

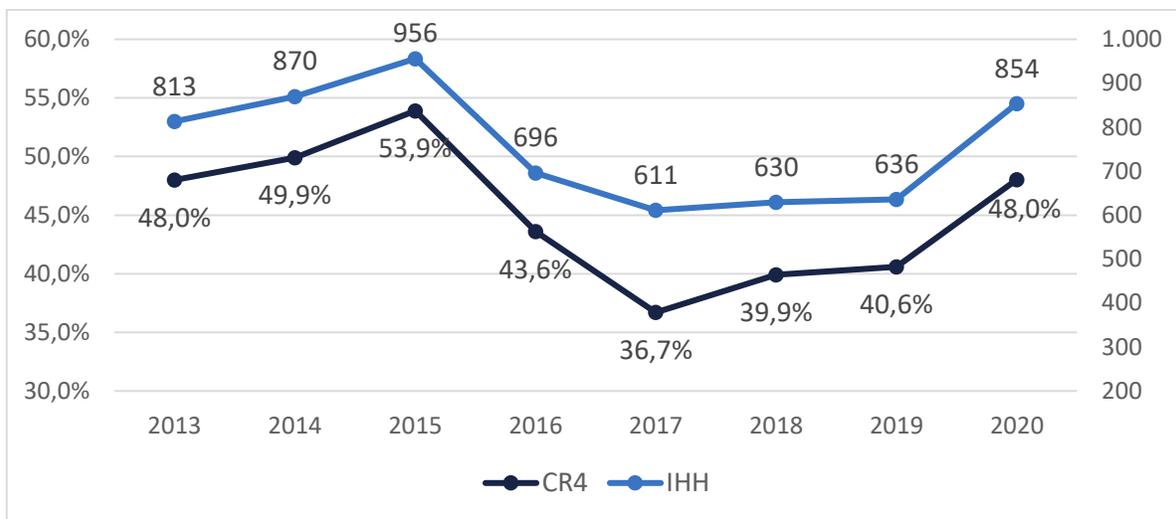


Figura 12: Índices de concentración de mercado anual en el segmento de vehículos livianos en Chile  
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Los lugares de origen de las diferentes marcas comercializadas en el mercado nacional están también poco concentrados. Por ejemplo, en 2020, los principales países de origen de las marcas que ingresaron a Chile fueron Japón (30,3%), China (19,2%), Estados Unidos (16,8%), Corea del Sur (15,3%), Francia (8,9%) y Alemania (6,7%).

No obstante, es relevante destacar que existen diferencias entre el origen de las marcas y el origen de fabricación del modelo de la marca. Es decir, que una marca tenga un origen no significa necesariamente que los modelos de esa marca son fabricados en el lugar de origen. Por ejemplo, para el caso del mercado chileno en el 2016 las marcas de origen japonés tuvieron una participación del 33%, pero sólo el 12% de los vehículos vendidos en Chile se produjeron en Japón. El caso contrario ocurre con mercados como el mexicano o el brasileño, entre otros. Lo anterior es reflejado en la Figura 13.

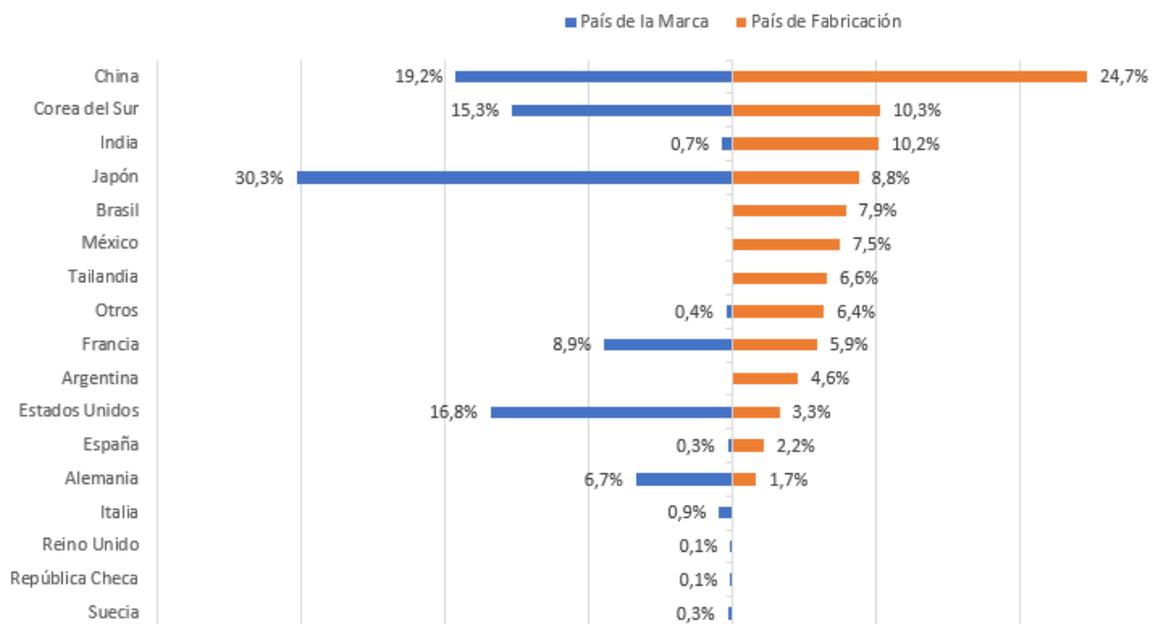


Figura 13: Origen de marcas y de fabricación de ventas en Chile de vehículos livianos y medianos en 2020

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Asociación Nacional Automotriz de Chile A.G. 2020

### 3.4 Caracterización de ventas de vehículos livianos en 2020

Al igual que la actividad económica, las ventas de vehículos livianos nuevos durante el año 2020 se vieron fuertemente afectadas por la pandemia. Las ventas de este segmento se redujeron en un 60% respecto al año anterior, pasando de 303.554 unidades en 2019 a 183.305 en 2020. La evolución de las ventas de vehículos livianos nuevos en Chile se presenta en la Figura 14.

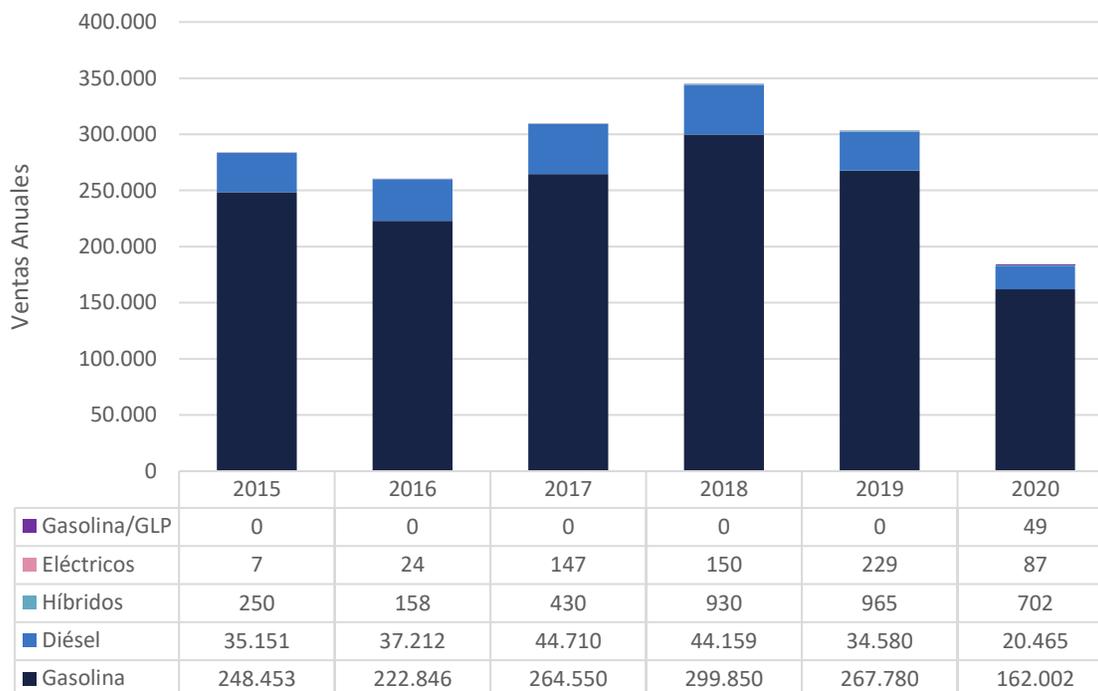


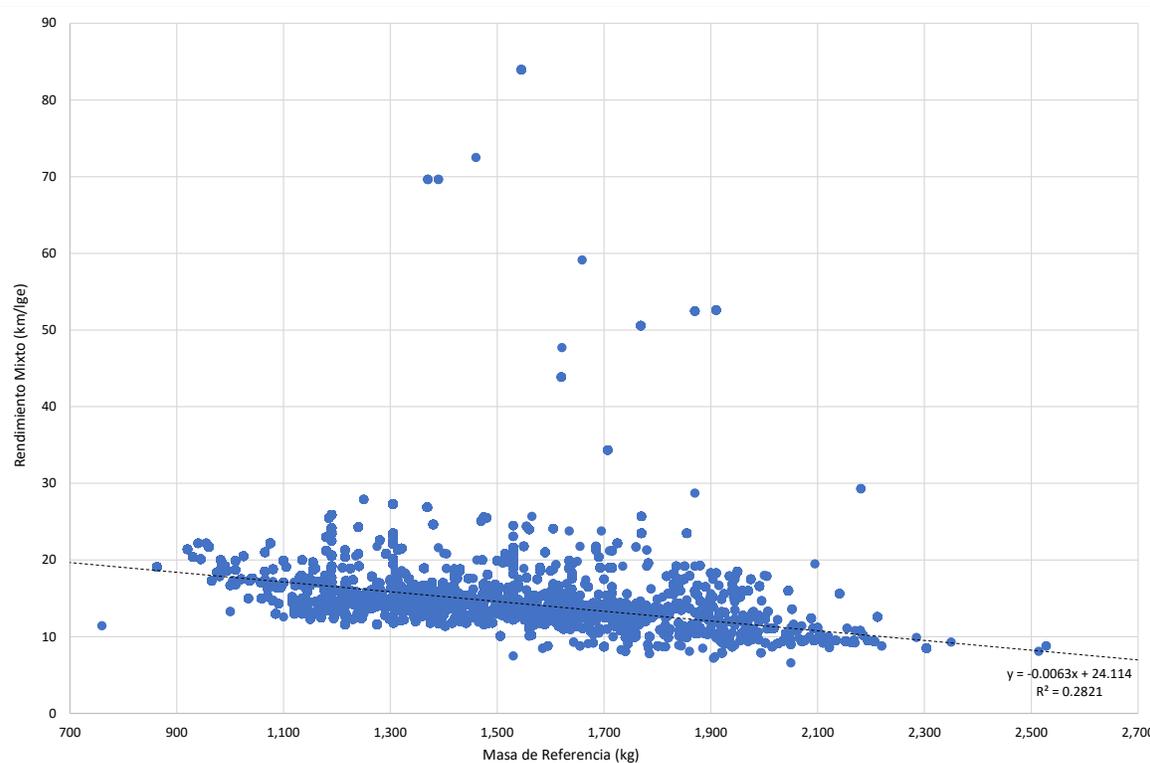
Figura 14: Participación de ventas de vehículos livianos en Chile por tipo de motor. Periodo 2015 -2020

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI

Se puede observar que la penetración de vehículos híbridos y eléctricos es escasa. Su participación, en términos porcentuales, es pequeña: 0,39% de las ventas de 2019 y 0,43% de 2020. De la Figura 14 se desprende que las variaciones porcentuales en la participación de las distintas tecnologías se han mantenido relativamente constante en el periodo de evaluación. Llama particularmente la atención el caso del diésel, cuya participación no ha sido afectada significativamente aun cuando en el periodo ha sido implementado el impuesto verde a las fuentes móviles que rige desde 2014. De un análisis *expost* de la política se obtuvo como principal conclusión la siguiente: “El impuesto verde a fuentes móviles aplicado en Chile ha mostrado – hasta el momento- un efecto acotado en la mejora sobre las variables ambientales (rendimiento urbano y emisiones NO<sub>x</sub>). Al mismo tiempo ha tenido un efecto neto cero en la venta de vehículos diésel” (Mardones, 2018).

El rendimiento urbano promedio de los vehículos livianos vendidos en 2020, sin considerar ninguna clase de descriptor adicional, fue de 12,02 [km/l<sub>ge</sub>], mientras que el rendimiento mixto alcanzó los 15,28 [km/l<sub>ge</sub>]. Al considerar la Masa de Referencia<sup>20</sup>, el rendimiento de las ventas 2020 queda representado en la Figura 15.

<sup>20</sup> La masa de referencia corresponde a la masa en vacío del vehículo (la cual considera el vehículo en vacío más todos los líquidos requeridos para su funcionamiento) más una masa uniforme de 100 kg.



*Figura 15: Rendimientos ventas 2020 en [km/l<sub>ge</sub>] utilizando la Masa de Referencia como descriptor.  
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI, Datos Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones*

La recta representativa de ventas de vehículos para el año 2020, fue obtenida mediante una regresión lineal de todas las ventas realizadas en el año, llevando los rendimientos a una unidad común de distancia recorrida por unidad energética consumida (kilómetros por litro de gasolina equivalente) explicada en detalle en la sección 4.1. A partir de la Figura 15 se observa que, en promedio, por cada aumento de 100 [kg] en la masa de referencia, el rendimiento disminuye en 0,63 [km/l<sub>ge</sub>].

### 3.5 Rendimiento histórico del parque de vehículos livianos en Chile

A partir de las bases de datos de los años 2015 al 2020 es posible obtener los principales parámetros que caracterizan el parque de vehículos que ingresaron al mercado chileno y que son resumidos en la Tabla 4.

Tabla 4: Resumen ventas de vehículos livianos para los años 2015 al 2020

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

		2015	2016	2017	2018	2019	2020
Rendimiento Ciudad Promedio	[km/l <sub>ge</sub> ]	11,76	11,94	11,88	11,90	11,92	12,02
Rendimiento Mixto Promedio	[km/l <sub>ge</sub> ]	15,12	15,26	15,21	15,20	15,21	15,28
Rendimiento Carretera Promedio	[km/l <sub>ge</sub> ]	18,21	18,28	18,27	18,25	18,22	18,26
Emisiones Promedio	[gCO <sub>2</sub> /km]	163,0	161,2	161,1	160,9	160,5	159,0
Masa de Referencia Promedio	[kg]	1.370	1.376	1.377	1.378	1.377	1.368
Footprint Promedio	[m <sup>2</sup> ]	4,62	4,67	4,66	4,64	4,64	4,63

Se observa en la Tabla 4 que para los rendimientos energéticos promedio no ha habido mejoras significativas en los últimos 5 años. Situación análoga para las emisiones promedio, en donde en los últimos 5 años se mantiene casi constante.

De acuerdo con lo observado en la Tabla 4, la masa de referencia y el *footprint* promedio, ambos indicadores del tamaño vehicular muestran pequeñas diferencias durante el periodo analizado.

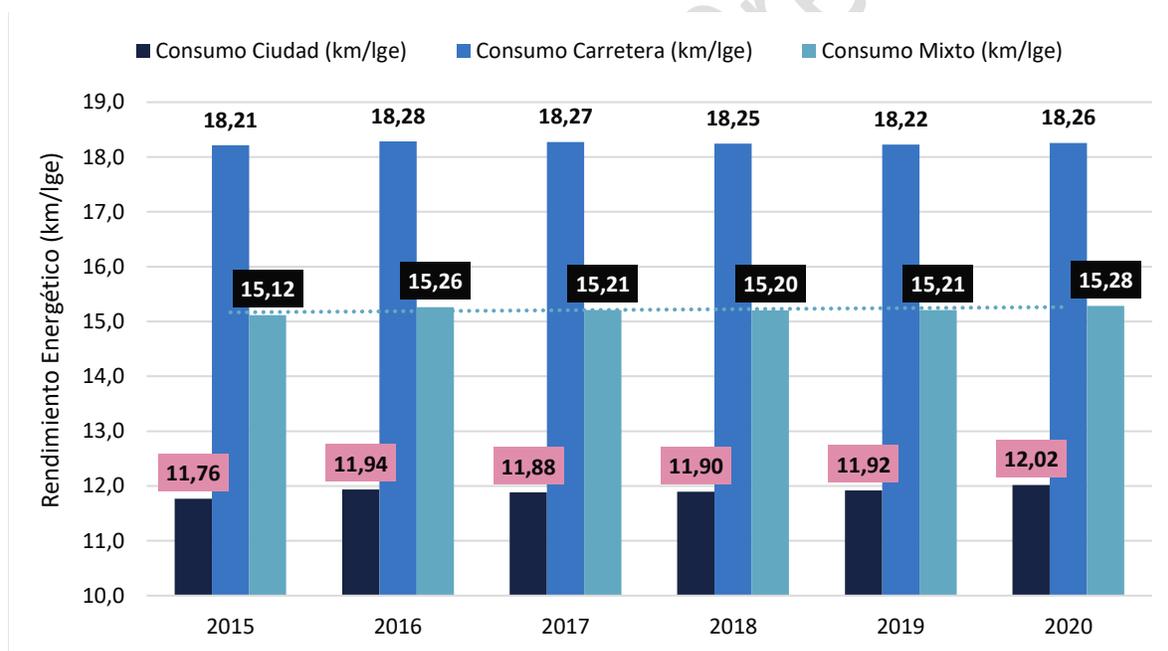


Figura 16: Rendimientos Ciudad, Carretera y Mixtos históricos promedio del parque de vehículos que ingresan al mercado. Periodo 2015-2020

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI, Datos Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Si bien la Figura 16 muestra que en el periodo 2015 – 2020 existe una leve mejora promedio de 0,033 [km/l<sub>ge</sub>] en el rendimiento mixto, ésta se explica por la importación de vehículos más eficientes, dado que el tamaño y la composición tecnológica del parque se han mantenido relativamente constantes durante el periodo. Sin embargo, la tasa de mejora es baja en comparación con otros países de la OECD. De acuerdo con el análisis de (OECD/IEA, 2016) esta baja tasa de mejora en los rendimientos se explicaría por los siguientes factores:

- Inexistencia de regulación respecto a los rendimientos vehiculares.
- Falta de incentivos para la compra de vehículos más eficientes.
- Impuestos moderados a los combustibles derivados del petróleo.

### 3.6 Antecedentes para proyección del rendimiento de los vehículos livianos para el mercado nacional

El comportamiento del rendimiento del parque de vehículos motorizados livianos que ingresarán al mercado nacional en el futuro es difícil de determinar; no obstante, un dato importante con el que se cuenta es que desde el año 2015 se han presentado mejoras anuales promedio de 0,033 [km/l<sub>ge</sub>], que será denominada tasa natural de mejora del rendimiento. Dado que en Chile no se han implementado ninguna clase de estándares de rendimiento, ya sea voluntarios u obligatorios, se estima que la tasa natural de mejora del rendimiento se debe principalmente a la adopción de nuevos y más exigentes estándares de emisión de contaminantes locales.

Se podría conjeturar que la regulación de estándares de eficiencia (o emisiones) en países fabricantes de vehículos generan un efecto directo en el mercado chileno. Esto, sin embargo, no se sostiene en los datos: al observar las tasas de mejora promedio en el periodo 2000 – 2014 para algunos de los países de origen de las principales marcas del mercado automotriz nacional (ver Tabla 5), es posible notar que dichas mejoras son mayores a las observadas para Chile en el mismo periodo. Esto permite concluir que la existencia de estándares de rendimiento (o emisiones) en los países de donde provienen las marcas, no garantiza mejoras de los rendimientos en el mercado nacional. Lo anterior se debe a que los fabricantes producen versiones diferenciadas de acuerdo con las exigencias de los diferentes mercados para un mismo modelo, exportándose aquellos de menor rendimiento a los mercados menos exigentes.

Tabla 5: Mejoras de rendimientos promedio anuales requeridas para alcanzar metas promulgadas en km/l en ciclo NEDC  
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos indicados en la tabla.

	Estados Unidos	Unión Europea	Corea del Sur	China	Japón
[km/l <sub>ge</sub> ]	0,42	1,47	1,36	1,08	0,50
<b>Comentario</b>	Periodo 2017-2026 Incluye reducción de exigencias de 2020 (NHTSA, 2020) (ICCT, 2021)	Periodo 2018-2030 (Mock, 2019) (ICCT, 2021)	Periodo 2014–2020 (Transport Policy, 2021a) (ICCT, 2021)	Periodo 2018 - 2025 (Transport Policy, 2021b) (ICCT, 2021)	Periodo 2019 – 2030 (Yang & Rutherford, 2019) (ICCT, 2021)

En el caso de Europa, el estudio contrafactual para la evaluación de la implementación de estándares de emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos livianos de la Unión Europea (Gibson, y otros, 2015), señala que en ausencia de regulación al respecto, las mejoras en las emisiones por kilómetro podría haber sido sólo de 0,5 [gCO<sub>2</sub>/km] anuales hasta 2013. El mismo estudio señala que en ausencia de cualquier regulación, los rendimientos podrían mantenerse estáticos o incluso empeorar. La evaluación contrafactual de la línea base para la Unión Europea es presentada en la Figura 17.

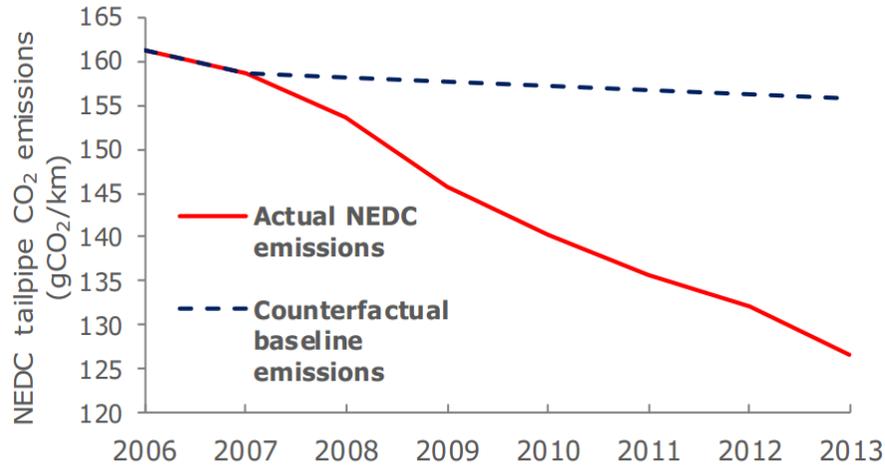


Figura 17: Línea base escenario contrafactual para vehículos de pasajeros  
Fuente: (Gibson, y otros, 2015)

El mismo estudio señala que la introducción de estándares de eficiencia energética ha sido un elemento significativo para la mejora de los rendimientos vehiculares en términos de emisiones. En este sentido, la Figura 18 muestra la tasa de mejora comparada al año anterior y la tasa de reducción promedio para tres periodos de tiempo determinados, 2001 – 2006 acuerdos voluntarios, 2007 – 2009 regulación anunciada y 2009 – 2013 regulación implementada.

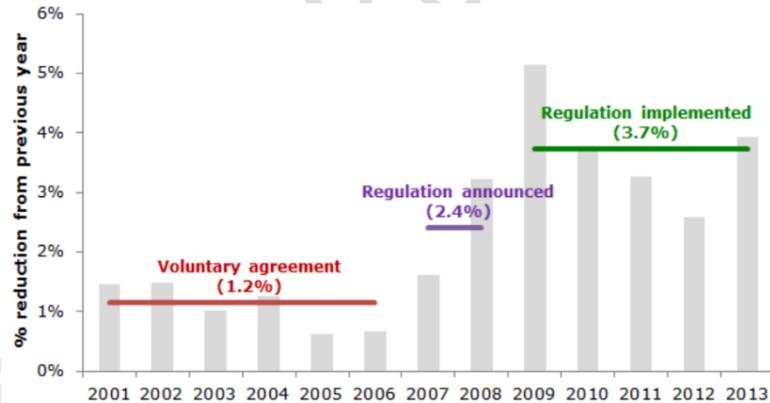


Figura 18: Porcentajes de mejora en la reducción de gCO<sub>2</sub>/km en vehículos livianos comparadas al año anterior en la Unión Europea  
Fuente: (Gibson, y otros, 2015)

Utilizando métodos estadísticos de análisis regresivos los autores del mismo estudio sugieren que el efecto asociado a la regulación (implementación de estándares) fue responsable de la mayoría de las reducciones de emisiones observadas a partir de 2009 (Gibson, y otros, 2015).

Teniendo en consideración los antecedentes anteriores, se establece como línea base del rendimiento de vehículos livianos que ingresan al parque chileno, una recta cuya pendiente es igual a la tasa de mejora de rendimiento observada entre los años 2015 y 2020.

## 4. Propuesta estándares de eficiencia energética para Vehículos Livianos

Considerando los antecedentes internacionales, y la experiencia nacional que se ha generado a través del etiquetado vehicular y las definiciones establecidas en la Ley N° 21.305, a continuación, se describen las propiedades consideradas para la definición del estándar de eficiencia energética propuesto para los vehículos motorizados livianos nuevos en Chile.

Las propiedades a considerar son: tipo de estándar y su métrica, gasolina equivalente, vehículos regulados, ciclo de pruebas, descriptor, responsables del cumplimiento, el estándar propuesto, sanciones por incumplimiento, el crédito inter temporal y el multiplicador.

### 4.1 Tipo de estándar y su métrica

Los estándares del parque automotriz pueden estar basados en el rendimiento vehicular (ya sea como rendimiento o consumos específicos), emisiones de CO<sub>2</sub> o ambos (Arena, y otros, 2014). Mientras algunos países cuentan con estándares basados en emisiones de CO<sub>2</sub>, y establecen sus metas en [gCO<sub>2</sub>/km] como la Unión Europea, otros países cuentan con estándares de rendimiento y establecen sus metas en [km/l<sub>ge</sub>] (Japón o Corea del Sur), o [mpg] (millas por galón) como Estados Unidos o Canadá, quienes además presentan sus metas en [gCO<sub>2</sub>/milla]. Otros países basan su estándar en el consumo específico de combustible [l/100 km] como China o en [MJ/km] como es el caso de Brasil.

En Chile, según lo establecido en el artículo 7° de la Ley 21.305, el Ministerio de Energía deberá fijar estándares de eficiencia energética que consistirán en metas de rendimiento energético, cuya métrica será el rendimiento energético en kilómetros por litros de gasolina equivalente. Además, se indicará su equivalencia en gramos de CO<sub>2</sub> por kilómetro. Ambos valores serán determinados usando la información contenida en el proceso de homologación del vehículo.

### 4.2 Gasolina equivalente

La actual medición de rendimientos volumétricos en km/l realizada durante el proceso de homologación vehicular por el 3CV del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, no da cuenta de las diferencias en el contenido energético entre el diésel y la gasolina. En este sentido, el mayor contenido energético por litro de diésel le entrega ventajas en el rendimiento a los vehículos que utilizan este combustible. Al mismo tiempo, no es posible describir el rendimiento energético de un vehículo que no utiliza un combustible líquido o cualquier otro energético como fuente de energía, a no ser que de que éste sea convertido a una unidad común.

Para la aplicación del estándar de eficiencia energética es necesario dar cuenta de las diferencias en el contenido energético entre el diésel, la gasolina, la electricidad u otros energéticos y poder medir los rendimientos vehiculares de los diferentes tipos de tecnologías, por lo que se requiere de una unidad común. En este caso, se ha establecido como base común el litro de gasolina equivalente (l<sub>ge</sub>) en la Ley N° 21.305. La metodología establecida para realizar la conversión de rendimiento se presenta a continuación:

- a) Para el caso de vehículos que utilicen combustible líquido, la equivalencia estará dada por la siguiente expresión:

$$Rendimiento_{eq_{comb.original}} \left[ \frac{km}{l_{ge}} \right] = Rendimiento_{comb.original} * \frac{\rho_{gasolina} * PC_{gasolina}}{\rho_{comb.original} * PC_{comb.original}}$$

Donde:

$Rendimiento_{eq_{comb.original}}$  : es el rendimiento del vehículo que utiliza combustible líquido medido en kilómetros por litro de gasolina equivalente (km/l<sub>ge</sub>);

$Rendimiento_{comb.original}$ : es el rendimiento del vehículo que utiliza combustible líquido en kilómetros por litro de combustible que utiliza el vehículo (km/l<sub>comb.original</sub>);

$\rho_{gasolina}$  : es la densidad de la gasolina en kilogramo por litro de gasolina (kg/l);

$PC_{gasolina}$  : es el poder calorífico de la gasolina en kilojoule por kilogramo de gasolina (kJ/kg);

$\rho_{comb.original}$  : es la densidad del combustible que utiliza el vehículo en kilogramo por litro de combustible (kg/l);

$PC_{comb.original}$  : es el poder calorífico del combustible que utiliza el vehículo en kilojoule por kilogramo de combustible (kJ/kg);

- b) Para el caso de vehículos eléctricos puros, la equivalencia estará dada por la siguiente expresión:

$$Rendimiento_{eq_{eléctrico}} \left[ \frac{km}{l_{ge}} \right] = Rendimiento_{eléctrico} * \frac{\rho_{gasolina} * PC_{gasolina}}{3600 \left[ \frac{kJ}{kWh} \right]}$$

Donde:

$Rendimiento_{eq_{eléctrico}}$  : es el rendimiento del vehículo eléctrico puro medido en kilómetros por litro de gasolina equivalente (km/l<sub>ge</sub>);

$Rendimiento_{eléctrico}$  : es el rendimiento del vehículo eléctrico puro en km/kWh;

$\rho_{gasolina}$  : es la densidad de la gasolina en kilogramo por litro de gasolina (kg/l);

$PC_{gasolina}$  : es el poder calorífico de la gasolina en kilojoule por kilogramo de gasolina (kJ/kg);

- c) Para el caso de vehículos híbridos con recarga exterior, para los cuales se haya determinado más de un rendimiento (uno por cada energético), la equivalencia quedará determinada por el promedio ponderado de la conversión a gasolina equivalente de sus energéticos originales, según la proporción de autonomías otorgadas por cada uno, al vehículo.
- d) Para el caso de vehículos que utilicen otro tipo de energéticos no contemplados anteriormente, la equivalencia se establecerá por Resolución del Ministerio de Energía

La densidad de los combustibles y el poder calorífico de los mismos corresponderán a aquellos que utilice el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones para calcular el rendimiento energético en el proceso de homologación vehicular.

Finalmente, se determina utilizar el rendimiento mixto (en kilómetros por litro de gasolina equivalente) al ser este un rendimiento más representativo del tipo de conducción en Chile y entregar mejores resultados estadísticos a la hora de representar el parque.

### 4.3 Vehículos regulados

Como se indicó anteriormente y para dar cumplimiento al artículo 7° y al artículo 7° transitorio de la Ley N° 21.305, el presente informe técnico corresponde a la evaluación y propuesta de estándares de eficiencia energética vehicular para vehículos motorizados livianos. Para efectos de este documento se consideran vehículos livianos de acuerdo con la definición establecida en el inciso tercero del artículo 1° del Decreto Supremo N° 211, de 1991, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones que establece normas sobre emisiones de vehículos motorizados livianos, o el que lo reemplace, que actualmente corresponde a aquellos vehículos con peso bruto vehicular igual o menor a 2.700 kg.

### 4.4 Ciclo de Pruebas

Tal como se indicó en la Tabla 1, donde se señalan las principales características de algunas de las normas de eficiencia energética o emisiones que han desarrollado distintos países, existen diferentes tipos de ciclo de testeo de emisiones y rendimiento utilizados en el mundo.

Al igual que la mayoría de los países, en Chile la homologación de rendimientos se basa en el Nuevo Ciclo Europeo de Conducción “NEDC” (por su sigla en inglés “*New European Driving Cycle*”).

Sin embargo, en Europa se evidencian diferencias relevantes entre los rendimientos obtenidos en este test y los rendimientos observados en ciclos de conducción real, las cuales han crecido en los últimos años (ICCT, 2017a).

Dado lo anterior, la UNECE (*The United Nations Economic Commission for Europe*) ha adoptado recientemente un ciclo de prueba más representativo denominado WLTP, por su sigla en inglés “*Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure*”, que sustituirá gradualmente al ciclo NEDC en los próximos años (GFEI 2014).

En Chile se realizará la transición de ciclo de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 41 del 2019 del Ministerio del Medio Ambiente, que modifica el Decreto Supremo N° 211 de 1991 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que establece la norma de emisión para vehículos livianos, o el que lo reemplace. Se propone que la verificación del cumplimiento del estándar de eficiencia energética para vehículos livianos se realice considerando el rendimiento resultante del proceso de homologación definido en la referida norma.

#### 4.5 Descriptor

Con el fin de establecer una adecuada exigencia que considere las características de los vehículos y los consumos energéticos generados, los estándares de rendimiento (o de emisión de CO<sub>2</sub>) basan sus metas en relación al *footprint* (área que cubre el vehículo entre sus ejes) o a la masa vehicular. Las metas basadas en el *footprint* como descriptor se utilizan en Estados Unidos, Canadá y México. El resto de los países utiliza como descriptor la masa del vehículo (Arena, y otros, 2014). Existe una fuerte correlación entre la masa del vehículo y el consumo de combustible, sobre todo para los vehículos de combustión interna (ver Figura 19) y en general, a mayor masa del vehículo, mayor es su consumo. Por otro lado, utilizar la masa como descriptor del consumo de energético presenta una correlación estadística más estrecha en comparación al uso del *footprint*, precisamente porque es uno de los factores que influyen directamente en el consumo energético de los vehículos.

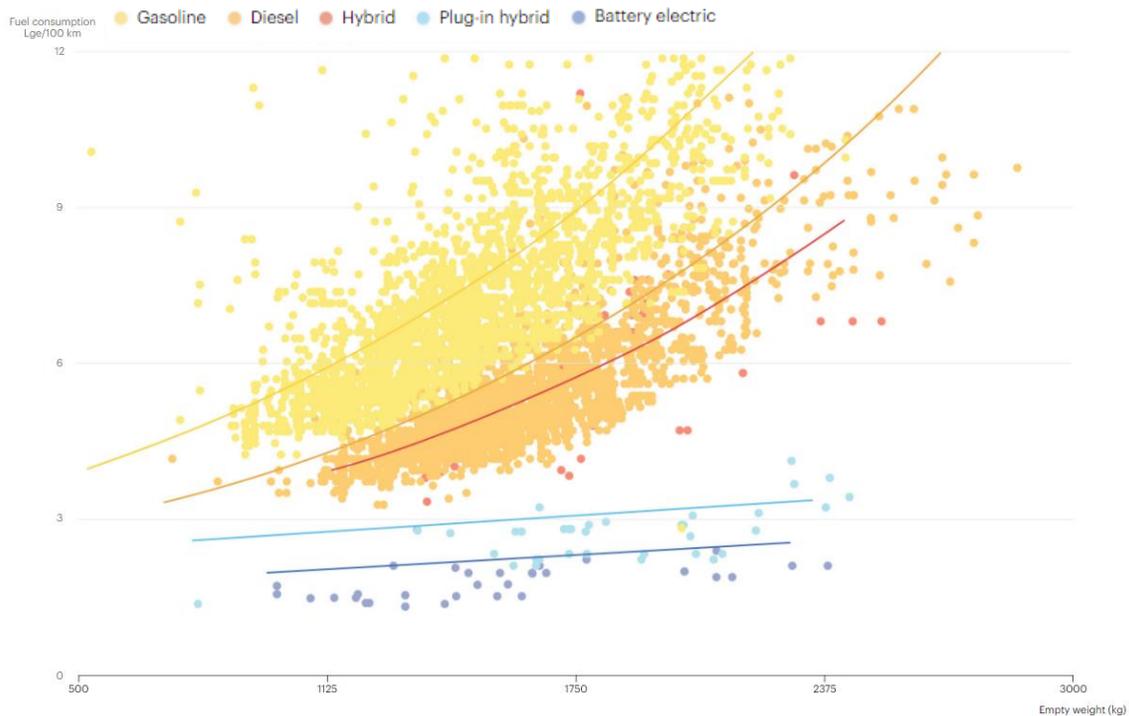


Figura 19: Consumo de combustible como una función de peso vehicular para las distintas tecnologías

Fuente: (IEA, 2021b)

Para el estándar de vehículos livianos en Chile, se propone utilizar como descriptor la masa vehicular (kg), pues: (i) presenta buena correlación estadística con el rendimiento, lo que facilita la implementación de un estándar inicial y (ii) permite hacer comparaciones directas con mercados de relevancia para Chile como Corea del Sur, Japón, Unión Europea y China (origen de las marcas que abarcan la mayor parte del mercado).

#### 4.6 Responsables del Cumplimiento

Para comprender quien es el responsable del cumplimiento del estándar, es importante tener en cuenta la estructura del mercado automotriz en Chile. La cadena de valor de la industria automotriz comúnmente se estructura en base a 4 grandes actores (ver Figura 20):

1. Fabricante automotriz.
2. Importador o representante oficial de las marcas.
3. Concesionario de las marcas.
4. Consumidor final.



Figura 20: Cadena de valor de la industria automotriz

Luego, según lo indicado en la Ley N° 21.305, los responsables del cumplimiento del estándar de eficiencia vehicular son los importadores o los representantes para cada marca de vehículos comercializados en Chile que, para el caso de los vehículos motorizados livianos, estuvieren habilitados para emitir certificados de homologación individual. Por su parte, el rendimiento energético vehicular se evaluará para cada importador o representante, según corresponda, en base al promedio de los rendimientos de todos los vehículos para los cuales cada responsable emitió un certificado de homologación individual en un año.

Durante el desarrollo del presente Informe Técnico y para una mejor comprensión de este, de aquí en adelante el importador y representante serán denominados indistintamente como “el/los responsable/s”.

#### 4.7 Estándar propuesto a establecer en Chile

En esta sección, se establece el estándar evaluado para el caso de Chile el cual fija metas de rendimiento para el parque de vehículos motorizados livianos para el cual se emitan certificados de homologación individual en Chile. Su construcción se realizó en base a criterios de exigencia progresiva y semejanza a la normativa de otros países estudiados. El análisis de sus impactos se presentará en la sección 5 de este informe.

Estos estándares se traducen como una recta cuando se lleva a la representación del parque de vehículos nuevos graficados según su descriptor, que en este caso corresponde a la masa de referencia, como se indicó en la sección 4.5. Luego, la verificación del cumplimiento del estándar por cada responsable se debe realizar comparando el rendimiento promedio corporativo anual del responsable con el estándar de rendimiento energético que el responsable debe cumplir, dada su masa de referencia promedio. De este modo, se puede considerar que, para cada año, cada responsable deberá cumplir con un estándar de rendimiento dado, que dependerá del promedio de las masas de referencia de todos los vehículos con certificado de homologación emitidos por dicho responsable, según la siguiente expresión:

$$Estandar_{i,j} = Estandar_{ref,j} + a * (M_{i,j} - M_0)$$

Donde:

$Estandar_{i,j}$  : estándar de rendimiento energético medido en km/l<sub>ge</sub> que debe cumplir el responsable  $i$  en el año  $j$ ;

$Estandar_{ref,j}$  : estándar de rendimiento energético referencial establecido para el año  $j$  medido en km/l<sub>ge</sub>;

$a$  : corresponde a la pendiente de la recta igual a -0,0063 km/(l<sub>ge</sub>.kg)

$M_{i,j}$  : masa de referencia promedio medida en kg para el responsable  $i$  en el año  $j$ , que corresponde al promedio de la masa de referencia de todos los vehículos con certificado de homologación emitidos por el responsable  $i$  en el año  $j$ ;

$M_0$  : igual a 1.368 kg que corresponde al promedio de la masa de referencia de los vehículos vendidos en Chile durante el año 2020.

La pendiente ( $a$ ) corresponde al valor de la pendiente de la recta que caracteriza a los vehículos vendidos en Chile durante el año 2020, por lo que el estándar propuesto corresponde a una recta paralela a ella.

En cuanto a la masa de referencia de cada vehículo, esta se considerará como la tara, en kg, del vehículo en vacío más todos los líquidos requeridos para su funcionamiento, sumándole una masa uniforme de 100 kg.

En cuanto al estándar referencia en cada año, estos estarán dados por los siguientes valores:

*Tabla 6: Propuesta de estándares para vehículos livianos en Chile*

Año	$Estandar_{ref}$ [km/l <sub>ge</sub> ]
<b>2024 - 2026</b>	22,5
<b>2027 - 2029</b>	27,3
<b>2030 en adelante</b>	28,9

Cabe destacar que estos estándares de referencia se han definido de forma que al año 2030 Chile logre alcanzar un nivel de rendimiento energético vehicular equivalente al propuesto por la Unión Europea para el año 2025, es decir, esta propuesta considera un retraso de cinco años respecto de la normativa internacional.

Esta propuesta implica que, si bien para cada responsable el valor de estándar mínimo que debe cumplir cada año será distinto, dado que es un valor que depende de la masa de referencia promedio de los vehículos homologados por dicho responsable en cada año, el estándar en sí corresponde a la fórmula antes indicada, la cual es igual para todos los responsables.

#### 4.8 Sanciones por incumplimientos propuestas para Chile

De acuerdo con lo indicado en la Ley N° 21.305, las sanciones serán aplicadas por la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC) y consistirán en una multa de hasta 0,2 UF por cada décima de kilómetro por litro de gasolina equivalente por debajo del estándar definido para un año determinado, multiplicado por el número total de certificados de homologación individual emitidos en el año respectivo.

De acuerdo a lo indicado en la sección anterior, para cada responsable se deberá calcular su rendimiento promedio corporativo anual, a partir de la totalidad de certificados de homologación que haya emitido cada año, y compararlo con el estándar de rendimiento energético de dicho responsable, calculado en función del promedio de la masa de referencia de todos los vehículos con certificado de homologación emitidos por el responsable durante ese mismo año. De este modo, el cálculo de la sanción, en caso de aplicarse, será sobre cada responsable según la fórmula presentada a continuación.

$$Multa_{i,j} [UF] = (Estandar_{i,j} - Rendimiento_{i,j}) * 10 * N_{i,j} * F$$

Donde:

$Multa_{i,j}$  : multa anual a pagar por el responsable  $i$  en UF por incumplimiento del estándar en el año  $j$ ;

$Estandar_{i,j}$  : estándar de rendimiento energético medido en  $km/l_{ge}$  que debe cumplir el responsable  $i$  en el año  $j$ ;

$Rendimiento_{i,j}$ : rendimiento energético real medido en  $km/l_{ge}$  del responsable  $i$  para la totalidad de los vehículos para lo que se emitió certificados de homologación en el año  $j$ ;

$N_{i,j}$  : número total de certificados de homologación individual emitidos en el año  $j$  por el responsable  $i$ ; y

$F$  : factor de cobro por incumplimiento medido en UF por cada décima de  $km/l_{ge}$  de acuerdo a lo determine el proceso sancionatorio de la SEC.

## 4.9 Crédito Inter-temporal por incumplimiento

Para aquellos responsables que incumplan el estándar en un cierto año y deban pagar una multa, la Ley N° 21.305 establece que durante el año inmediatamente siguiente a aquel en que se constate el incumplimiento del respectivo estándar de eficiencia energética, y en caso que quien hubiere sido sancionado supere su meta anual de eficiencia energética, se podrá descontar de la multa del año anterior, el monto resultante de multiplicar cada décima de kilómetro por litro de gasolina equivalente por sobre el estándar de eficiencia energética definido para ese año. En caso de no descontarse total o parcialmente la multa del año anterior, se procederá al cobro de la parte de ésta que corresponda. Este sistema de crédito se calculará, en estos casos, de manera análoga al cálculo de la multa y le permitirá, al responsable que incumplió, disminuir parcial o totalmente su multa del año anterior. Si hubiese multa remanente después de aplicar el crédito, esta deberá ser pagada en ese período.

## 4.10 Multiplicador

La Ley N° 21.305 indica en su artículo 7° que, para determinar el nivel de cumplimiento del estándar de eficiencia energética, se podrá contar hasta tres veces el rendimiento de cada vehículo eléctrico o híbrido con recarga eléctrica exterior, así como también otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía.

Para el establecimiento del primer estándar de eficiencia energética de vehículos motorizados livianos, este multiplicador se considerará igual a tres tanto para los vehículos eléctricos, híbridos con recarga eléctrica exterior, así como también otros calificados como cero emisiones. De esta manera el rendimiento anual de cada responsable se establecerá según lo siguiente:

$$Rendimiento_{i,j} = \frac{3 * \sum_{h=1}^{n_{i,j}} Redimiento\_sin\_emisiones_{i,j,h} + \sum_{h=1}^{m_{i,j}} Redimiento\_con\_emisiones_{i,j,h}}{3 * n_{i,j} + m_{i,j}}$$

Donde:

$Rendimiento_{i,j}$  : rendimiento energético real medido en km/l<sub>ge</sub> del responsable  $i$  para los vehículos para lo que se emitió certificados de homologación en el año  $j$ ;

$Redimiento\_sin\_emisiones_{i,j}$  : rendimiento energético medido en km/l<sub>ge</sub> para cada vehículo eléctrico, híbrido con recarga eléctrica exterior, u otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía;

$Redimiento\_con\_emisiones_{i,j}$  : rendimiento energético medido en km/l<sub>ge</sub> para cada vehículo que no corresponda a vehículos eléctricos, híbridos con recarga eléctrica exterior, u otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía;

$n_{i,j}$  : cantidad de vehículos eléctricos, híbridos con recarga eléctrica exterior, u otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del

Ministerio de Energía para los cuales el responsable  $i$  emitió certificados de homologación en el año  $j$ ;

$m_{i,j}$  : cantidad de vehículos para los cuales el responsable  $i$  emitió certificados de homologación en el año  $j$  que no correspondan a vehículos eléctricos, híbridos con recarga eléctrica exterior, u otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía.

Se utilizará este valor máximo permitido por la ley como incentivo inicial al despliegue de la electromovilidad, dada su baja penetración actual respecto a los otros tipos de vehículos, como se evidencia en la Figura 14, considerando todos los beneficios que aporta esta nueva tecnología, tanto al uso más eficiente de la energía como a la disminución de emisiones de GEI. Esto se condice además con las actuales políticas públicas que tienen como objetivo el impulso transversal de esta tecnología, como la Estrategia Nacional de Electromovilidad, siendo esta tecnología clave para alcanzar la meta de carbono neutralidad en Chile al 2050.

Informe Técnico Preliminar

## 5. Impacto estimado del estándar de eficiencia Energética para Vehículos Livianos

A continuación, se presentará un análisis del impacto que el estándar de rendimiento energético para el parque vehicular chileno tendría en los consumos de energía y la reducción de emisiones, así como también un análisis de costo beneficio que tendría para los usuarios.

### 5.1 Impacto en el consumo de energía y reducción de emisiones de GEI

A partir de la definición del estándar de eficiencia energética propuesto para los vehículos livianos nuevos en Chile, en la presente sección se analizan los impactos estimados de su aplicación en términos de ahorro de consumo energético y reducción de emisiones de GEI. Cabe mencionar que, dada la disponibilidad de información de rendimiento del parque vehicular actual, la cual hasta el momento ha sido obtenida mediante el ciclo de conducción NEDC, los análisis de los efectos del estándar propuesto se han hecho considerando este mismo ciclo. Sin embargo, a medida que se realice el cambio de ciclo en Chile, en virtud de lo indicado en el Decreto 41, de 2019, del Ministerio de Medio Ambiente, que modifica decreto supremo N° 211, de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que establece la norma de emisión para vehículos livianos, el rendimiento a considerar para la verificación de cumplimiento será aquel derivado del proceso de homologación y, por lo tanto, considerará el ciclo de medición vigente.

#### 5.1.1 Metodología de cuantificación de ahorros energéticos

Para la cuantificación de ahorros energéticos estimados producidos por el establecimiento del estándar propuesto para vehículos livianos, se determinaron la proyección de ventas del segmento y su consumo energético.

##### 5.1.1.1 Determinación de la proyección de ventas de vehículos livianos

Para el análisis de esta sección se realizó una estimación de la evolución de ventas de vehículos livianos nuevos. La metodología utilizada se basa en el crecimiento de la tasa de motorización nacional en relación con el ingreso per cápita. La relación entre estas variables está representada por una curva S. Lo anterior implica que la tasa de motorización se incrementa lentamente a bajos niveles de ingreso per cápita, y más rápidamente a medida que este último aumenta, hasta alcanzar un nivel de saturación ( Dargay, Gately, & Sommer, 2007).

Diversos estudios han utilizado la función de Gompertz para describir la tasa de motorización como una función de ingreso económico per cápita ( Dargay, Gately, & Sommer, 2007) (Singh, Mishra, & Banerjee, 2020) (Wu, Zhao, & Ou, 2014), descrita de forma general de acuerdo con:

$$M_t^* = \gamma * e^{\alpha * e^{\beta * GDP_t}}$$

Donde  $M_t^*$  es la tasa de motorización en el año t (medido en vehículos / 1000 habitantes);  $\gamma$  es el nivel de saturación propio de cada país (medido en vehículos / 1000 habitantes);  $GDP_t$  es el ingreso

per cápita del país en el año t;  $\gamma$ ,  $\alpha$  y  $\beta$ <sup>21</sup> son coeficientes negativos propios de cada país que le dan la forma a la curva. Sin embargo, la ecuación antes presentada describe la relación entre tasa de motorización e ingreso per cápita en el largo plazo, por lo que para que esta sea válida en todo momento se utiliza:

$$M_t = M_{t-1} + \theta * (M_t^* - M_{t-1})$$

Donde  $\theta$  es un parámetro de velocidad de ajuste ( $0 < \theta < 1$ ). Este valor fue calibrado para Chile a partir de los datos históricos conocidos, considerándose igual a 0,095. Combinando ambas ecuaciones:

$$M_t = \gamma * \theta * e^{\alpha * e^{\beta * GDP_t}} + (1 - \theta) * M_{t-1}$$

El crecimiento de la tasa de motorización depende del ingreso per cápita y este a su vez depende de la población y el PIB. Para proyectar este último se utilizó un escenario de crecimiento económico desarrollado por el Ministerio de Hacienda en 2021. En tanto la proyección del crecimiento poblacional fue obtenida de la última información disponible del Instituto Nacional de Estadísticas (INE 2020).

Una vez determinado el stock de vehículos en el tiempo, es posible determinar las ventas anuales de acuerdo con:

$$V_t = S_t - S_{t-1} + R_t$$

Donde  $V_t$  corresponde a las ventas de vehículos anuales para cada periodo t;  $S_t$  corresponde al stock de vehículos privados en cada periodo t,  $S_{t-1}$  corresponde al número de vehículos registrados el año anterior t-1;  $\gamma$ ,  $R_t$  corresponde al número de vehículos que salen del mercado en cada periodo t. La tasa de retiros promedio observada durante el periodo 2015-2019 fue del 3,6% del parque total, valor utilizado en todo el horizonte de evaluación.

De acuerdo con la metodología indicada, a continuación, se presenta la proyección del parque de vehículos livianos, donde los datos, hasta el año 2020, corresponden a la cantidad real:

---

<sup>21</sup>  $\alpha$  y  $\beta$  se consideran igual a -5,7 y -0,000148 respectivamente, en base a ajuste estadístico a partir de datos históricos.

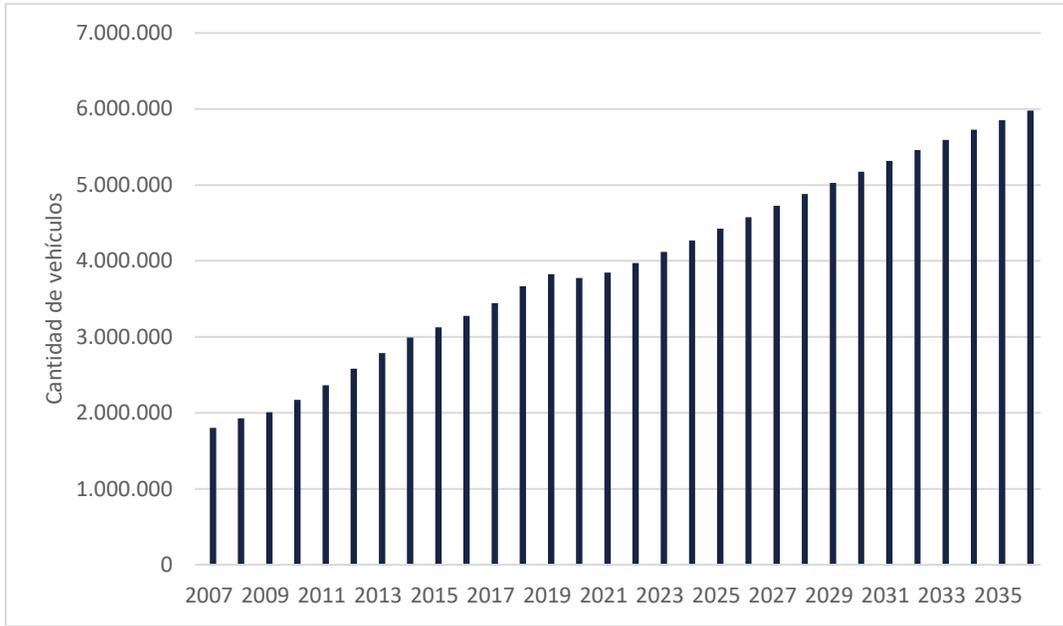


Figura 21: Proyección Parque Vehículos Livianos

El cálculo del consumo de energía de los vehículos que ingresen al parque con posterioridad a la implementación del estándar en cada año  $t$  (en términos de Tcal), se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\sum_{t=2024}^T V_t * e^{-\left(\frac{T-t}{\beta}\right)^\alpha} * \frac{D}{\eta_t} * \rho_{ge} * PC_{ge} * 10^{-9}$$

Donde  $V_t$  corresponde al número de vehículos nuevos vendidos en cada año  $t$  [veh];  $D$  corresponde al nivel de actividad medio para vehículos livianos particulares [km/año] constante y aproximada a 15.000 (km/año) de acuerdo con (GEASUR, 2015);  $\eta_t$  representa el rendimiento anual promedio del año  $t$  [km/l];  $\rho_{ge}$  representa la densidad de la gasolina [kg/l];  $PC_{ge}$  representa el poder calorífico de la gasolina [kcal/kg], ambos valores constantes y declarados en el Balance Nacional de Energía (BNE), iguales a 0,73 [kg/l] y 11.200 [kcal/kg] respectivamente (Ministerio de Energía, 2020). La expresión  $e^{-\left(\frac{T-t}{\beta}\right)^\alpha}$  es utilizada para asignar una probabilidad de permanencia en circulación para cada stock de vehículos que ingresan en cada año  $t$  como una función de su antigüedad y cuya metodología es descrita en la publicación denominada “*New vehicle fuel economy and CO2 emission standards, Emissions Evaluation Guide*”. Dado que no se cuenta con información suficiente para estimar los parámetros de  $\alpha$  y  $\beta$  para el mercado nacional, fueron utilizados los valores indicados en la referida publicación, iguales a 1,9 y 25 respectivamente (Posada, Yang, & Blumberg, 2017)

Finalmente, es posible cuantificar el ahorro de energía que resultará de la fijación de cada una de las alternativas de estándar, así como también el consumo asociado a la Línea Base. Lo anterior es representado en la Figura 22 que se muestra a continuación.

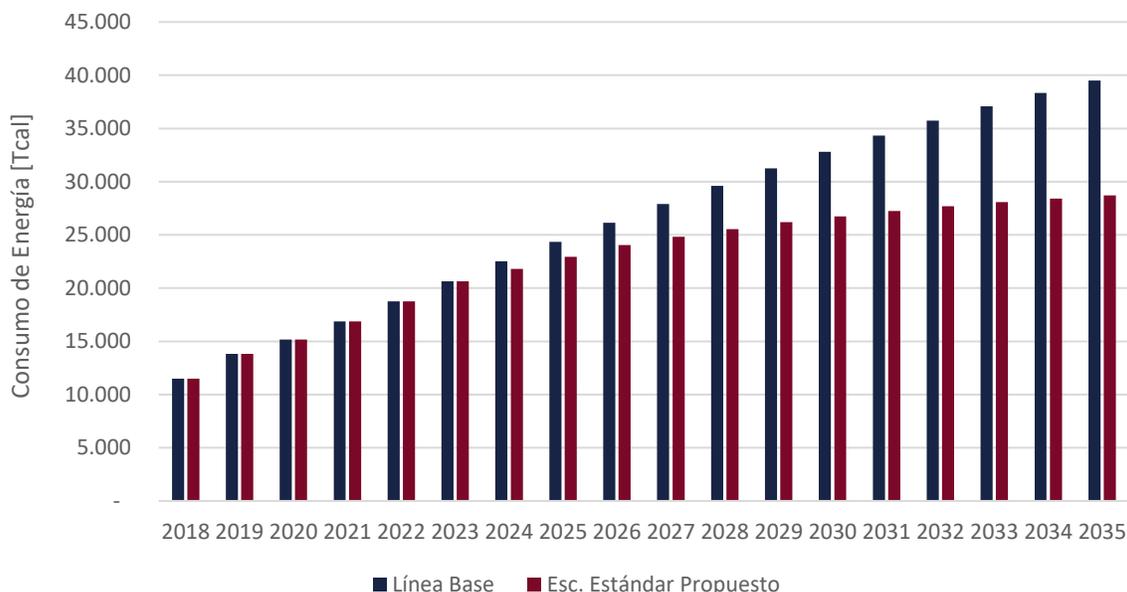


Figura 22: Proyección del consumo anual de energía al 2035

De acuerdo con lo presentado en la Figura 22 los consumos anuales hasta antes del año 2024 serían iguales en los dos casos estudiados (Línea Base y Estándar propuesto), ya que se asume en la evaluación que la vigencia inicia a partir de dicho año (dos años a contar de su establecimiento). Desde este año, se observa una disminución en el consumo energético del sector producto de la vigencia del estándar. La diferencia aumenta gradualmente por el efecto acumulativo de ahorro de los vehículos que permanecen en circulación (un vehículo más eficiente ahorrará a lo largo de toda su vida útil).

## 5.1.2 Ahorros energéticos y emisiones del estándar propuesto

### 5.1.2.1 Contribución a la reducción del consumo de energía

Se observa en la Figura 22 que, con la introducción del estándar vehicular propuesto, se alcanza una significativa reducción del consumo de energía de los nuevos vehículos. Los ahorros anuales generados son presentados en la Figura 23.

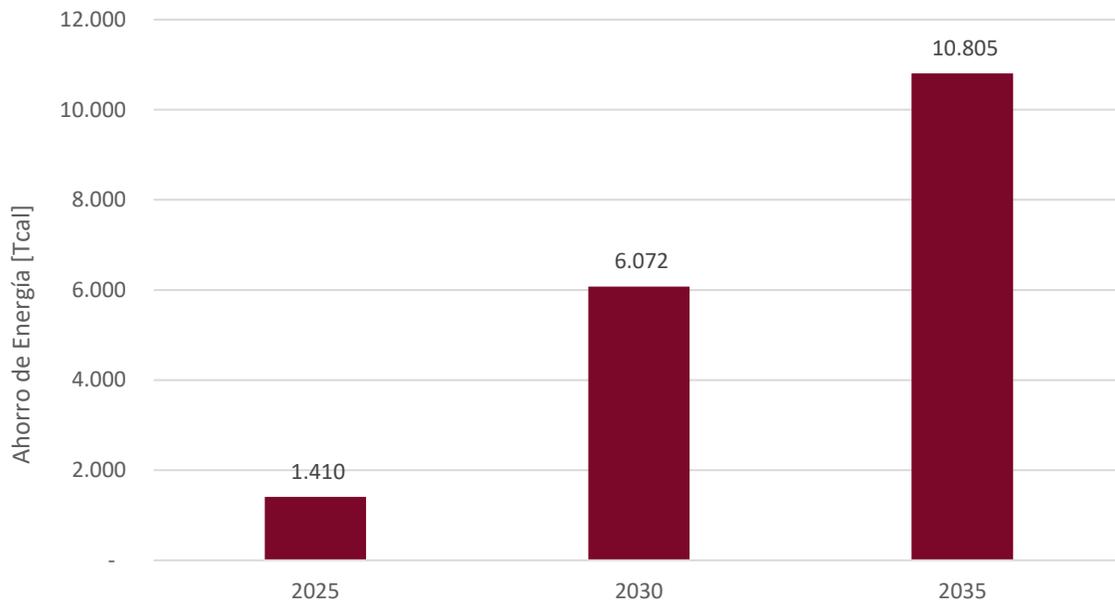


Figura 23: Ahorros anuales de energía esperado para el estándar propuesto

Los ahorros de energía anuales tienen un efecto acumulativo (un vehículo más eficiente ahorrará a lo largo de toda su vida útil) y, por tanto, estos crecen conforme aumenta el horizonte de evaluación. En términos absolutos, la implementación del estándar propuesto puede generar ahorros anuales de 1.410 [Tcal] el 2025 y 10.805 [Tcal] el 2035. Lo anterior significará una reducción de importación anual de crudo equivalente a 965 miles de barriles de petróleo equivalente al año 2025 y de 7.392 miles de barriles de petróleo equivalente al año 2035.

#### 5.1.2.2 Contribución a la reducción de emisiones GEI

La última actualización de la NDC 2020 para reducir las emisiones y combatir el cambio climático estableció como meta de mitigación incondicional y transversal a la economía lo siguiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2020b):

- Chile se compromete a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtCO<sub>2eq</sub>, entre los años 2020 y 2030, con un máximo de emisiones (peak) de GEI al año 2025, y a alcanzar un nivel de emisiones de GEI de 95 MtCO<sub>2eq</sub> al año 2030.

Para cumplir con este presupuesto de GEI en este periodo, se requiere de políticas públicas que permitan reducir las emisiones respecto al escenario de referencia. La proyección de emisiones de GEI para Chile en su escenario de referencia y el requerido para el cumplimiento de la NDC es presentado en la Figura 24:

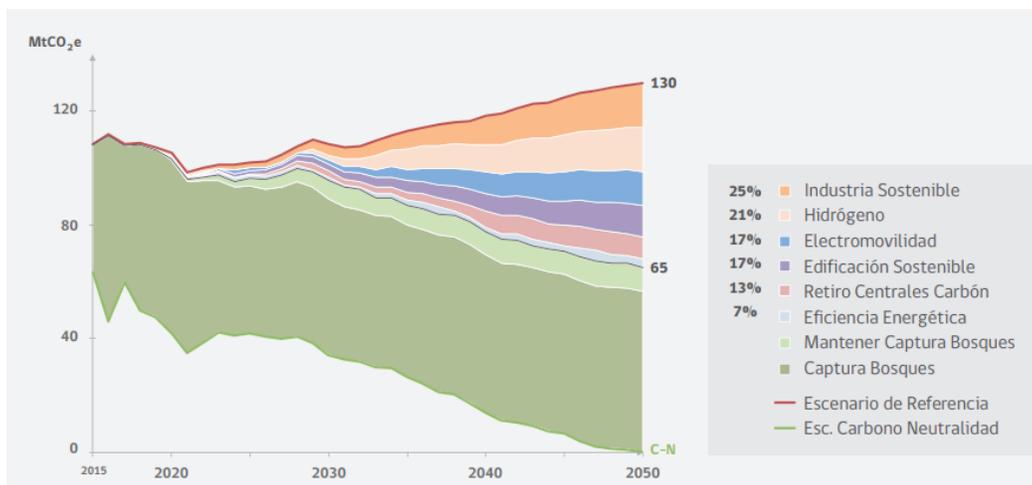


Figura 24: Representación gráfica de objetivos de la Contribución Nacional Determinada a Nivel Nacional 2020  
Fuente: (Ministerio de Energía, 2020a)

Existe una brecha entre el escenario de referencia (en rojo) y el escenario requerido para el cumplimiento de la NDC (verde). La disminución de esta brecha debe conseguirse con acciones de mitigación que reduzcan las emisiones a nivel nacional. Durante el periodo 2020 a 2030, dicha diferencia corresponde a alrededor de 68 MM tCO<sub>2eq</sub>.

El escenario con la aplicación del estándar de rendimiento propuesto fue evaluado en términos de su aporte a las acciones de mitigación en el mismo periodo. La Figura 25 muestra las reducciones de emisiones anuales de GEI hasta el año 2030, para este escenario:

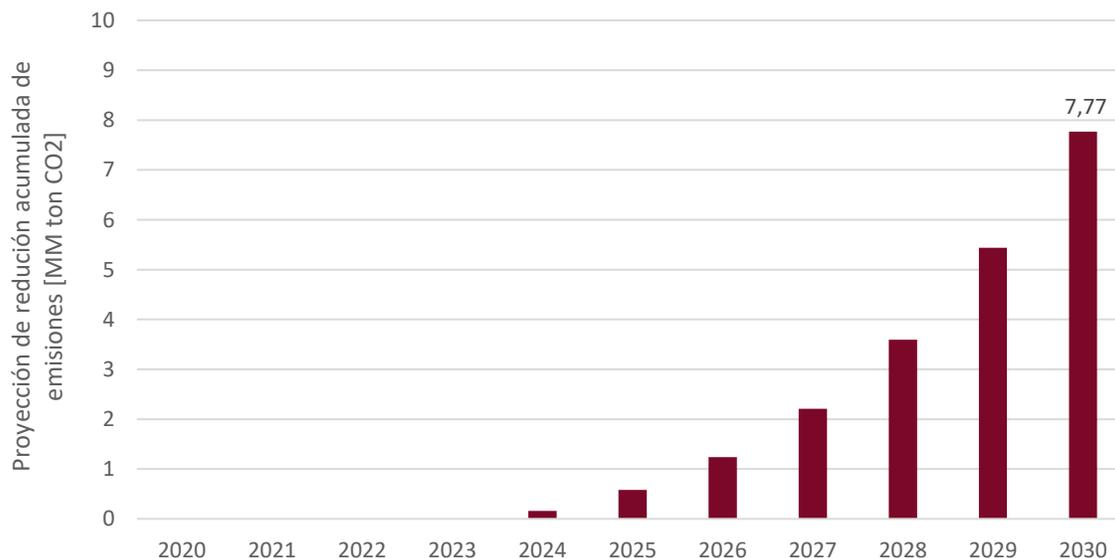


Figura 25: Reducción acumulada de emisiones de GEI al 2030

Para evaluar la contribución de las alternativas al presupuesto de carbono al año 2030, deben ser considerados los ahorros acumulados a tal año. La implementación del estándar propuesto alcanzaría reducciones acumuladas de 7,77 MM ton CO<sub>2e</sub>. Lo presentado en la Figura 25, implica

que la aplicación del estándar de rendimiento podría aportar un 11,4% a las acciones de mitigación necesarias para este periodo.

## 5.2 Análisis de costo y beneficios para los consumidores

En esta sección se evalúan los potenciales costos y beneficios a los consumidores a partir de la implementación de los estándares propuestos. Pese a los posibles aumentos de precios que éstos podrían generar<sup>22</sup>, es importante destacar que la mejora de rendimiento del vehículo implicará un menor gasto por consumo de combustible, lo que es un beneficio directo a los consumidores.

### 5.2.1 Efectos de mejora en eficiencia vehicular y beneficios a los consumidores

Para llevar a cabo el presente análisis los cálculos se realizaron sobre la base de los 154 modelos más vendidos durante el año 2020 (todo modelo con 300 unidades vendidas o más), los cuales representan el 70% de las ventas. Los precios utilizados fueron los precios de lista a mayo del año 2021. Por otro lado, se utiliza el costo incremental de producción asociado a la mejora tecnológica requerida para aumentar el rendimiento de un modelo que no cumple de modo de que llegue hasta el rendimiento exigido por el estándar. Es decir, se asume que todos los vehículos que no cumplen, que pertenezcan a un responsable que no cumple en promedio, serán mejorados para que sí lo hagan. Así, la evaluación económica considera que los modelos que no cumplen el estándar al año 2024 serían reemplazados por los responsables, de modo de traer modelos tecnológicamente más avanzados que sí cumplan con el estándar. Se supondrá que todos los consumidores asumen directamente el costo incremental de producción asociado a la mejora tecnológica del modelo, y que éstos no sustituirán su elección de vehículo. En este sentido, el aumento de precios que se calcule es sin duda una cota superior, porque asume que toda la inelasticidad está de parte de los consumidores.

Para estimar los costos incrementales de producción se utilizó la curva presentada en la Figura 26. En esta se presenta la curva de costos incrementales de fabricación de un vehículo, asociados a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

---

<sup>22</sup> Los estudios realizados para la UE mostraban (European Commission, 2015), en términos medios, un aumento esperado del 5% para el precio de los vehículos, luego de la aplicación de su primer estándar de emisiones, sin embargo, estudios ex post realizados reflejaron un aumento medio sólo del 4%.

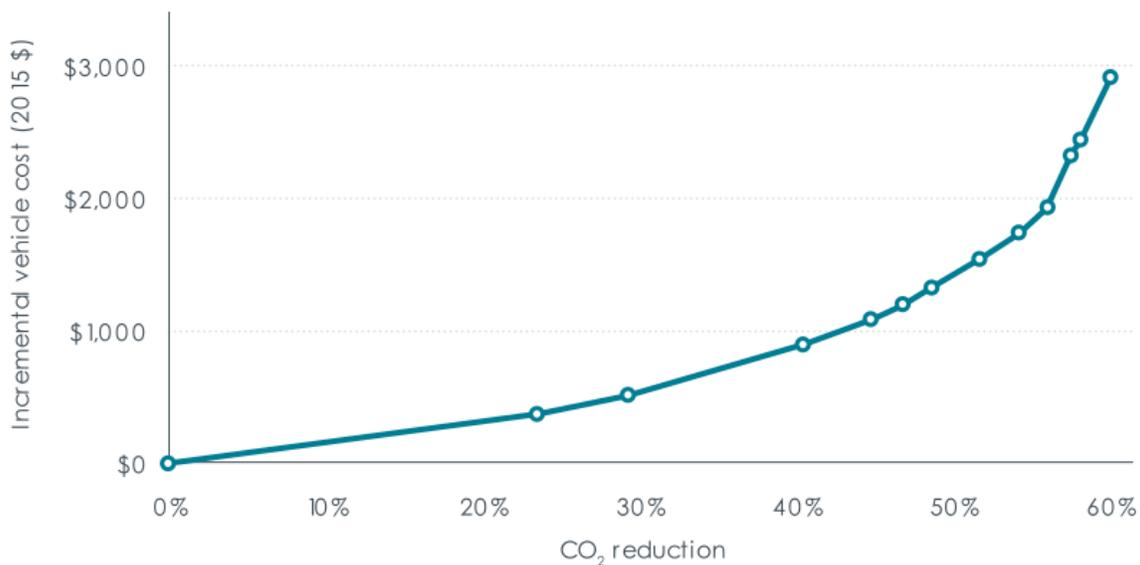


Figura 26: Costo adicional de fabricación, en dólares, asociado a porcentajes de esfuerzo de mejora de rendimientos, adaptación a partir de (ICCT, 2017b)

En términos generales y a modo de ejemplo, un modelo cuyas emisiones sean de 159 gCO<sub>2</sub>/km y que requiera reducir las emisiones a 109 gCO<sub>2</sub>/km, deberá alcanzar una reducción relativa de emisiones del 31% (-30% en la gráfica). La curva en la figura es una función que determina el costo adicional para el fabricante, como función de la reducción relativa de emisiones de cada modelo. Determinada la reducción relativa de emisiones de cada modelo, se calculan sus costos adicionales de fabricación. Para el ejemplo descrito, el costo adicional estaría cercano a los 500 dólares (ICCT, 2017b).

La variación promedio de los precios de los vehículos bajo los supuestos considerados, sería de un 3,82%. Cabe recordar que estas son cotas superiores, ya que se asumió un traspaso total de los costos incrementales de la nueva y mejor tecnología a los consumidores.

Por otro lado, los ahorros son calculados a partir de la diferencia de rendimientos entre la situación actual y el estándar exigido, y para su cuantificación se utilizaron parámetros como recorrido promedio anual (15.000 km)<sup>23</sup>, precio promedio de combustible igual a 939 CL\$/l<sup>24</sup>, y una tasa de descuento del 6%, correspondiente a la tasa social de descuento.

Es posible entonces comparar los potenciales aumentos de precio con los ahorros en consumo de combustible debido a los mejores rendimientos. A partir de este cálculo de ahorros, se estimó el periodo de retorno de la inversión adicional por un vehículo eficiente. Los principales resultados son presentados en la Tabla 7.

<sup>23</sup> De acuerdo con (GEASUR, 2015).

<sup>24</sup> Valor al día 24 de septiembre de 2021.

Tabla 7: Resumen de los beneficios a los consumidores

<b>Aumento promedio costos de inversión (CL\$)</b>	<b>Ahorros anuales promedio (CL\$/año)</b>	<b>Periodo promedio del retorno de la inversión (meses)</b>
<b>478.423</b>	307.288	19

Es importante destacar que los aumentos promedio presentados son sólo para los modelos que no cumplirían el estándar. Como se puede observar, el periodo de retorno de la inversión está en torno a los 2 años. Después de este tiempo, comienza un periodo de beneficio para los consumidores, que se extiende por todo el ciclo de uso de cada vehículo. De esto se concluye que los estándares de rendimiento mínimo benefician no sólo al país, en términos de consumo de energía y emisión de GEI, sino que se trata de una medida que también va en directo beneficio individual de los consumidores.

El porcentaje acumulado de modelos que alcanzan su periodo de retorno de la inversión adicional para el cumplimiento del estándar es presentado en la Figura 27.

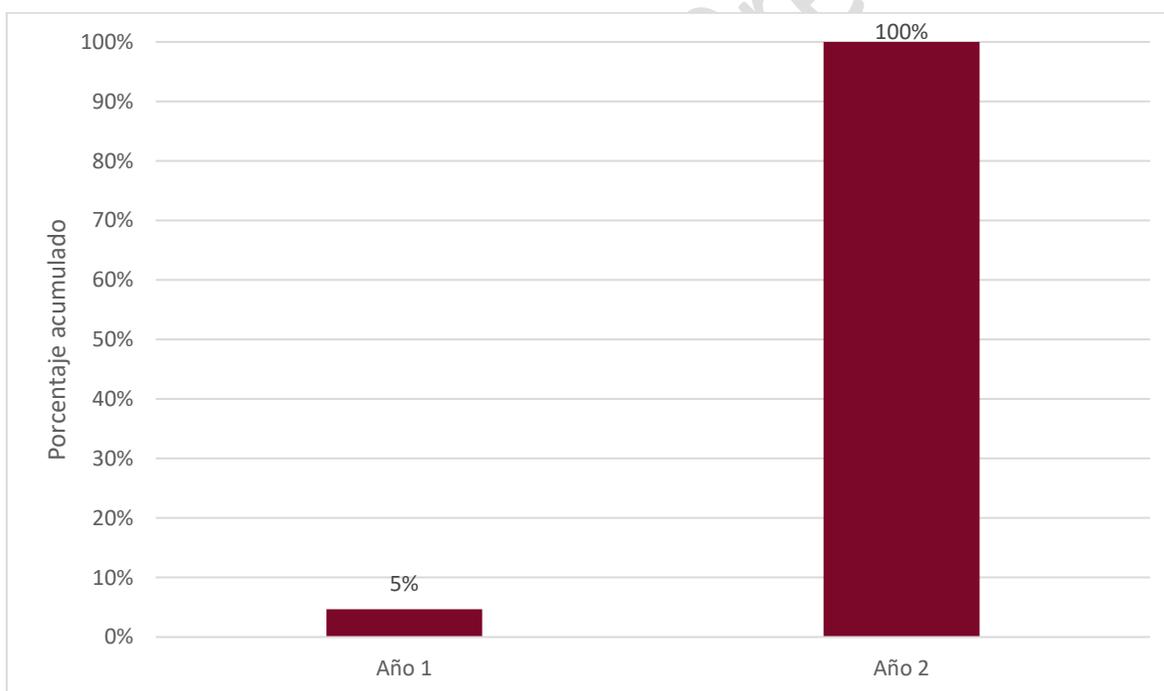


Figura 27: Porcentaje acumulado de modelos que alcanzan su periodo de retorno de la inversión adicional en 2024

Se observa que, con la aplicación del estándar propuesto, todos los modelos han recuperado la inversión al segundo año.

Adicionalmente, se presentan los resultados obtenidos al sensibilizar los precios de la gasolina considerando un aumento y disminución de 15%:

Tabla 8: Resumen de los beneficios a los consumidores incorporando variación en precios de la gasolina

Escenario	Aumento promedio costos de inversión (CL\$)	Ahorros anuales promedio (CL\$/año)	Periodo promedio del retorno de la inversión (meses)
Caso Base	478.423	307.288	19
Aumento 15% precio gasolina	478.423	353.382	17
Reducción 15% precio gasolina	478.423	261.195	23

Como se observa en la Tabla 8, la variación porcentual en los precios de la gasolina afecta directamente los ahorros anuales y periodos de retorno de la inversión obtenidos a partir de la aplicación del estándar propuesto. Por tanto, en un escenario en que los precios de la gasolina aumenten, mayores serán los beneficios económicos que obtendrán los consumidores.

### 5.2.2 Análisis de sanciones por incumplimiento

El objetivo principal buscado mediante el establecimiento de estándares de eficiencia energética vehicular es lograr una mejora en el rendimiento de los vehículos que se incorporan al parque del país, logrando con ello mejorar el uso de la energía del sector transporte, así como también los beneficios para los usuarios, tal como se evaluó en la sección anterior. Ahora bien, si se considera el caso extremo en que los responsables no realizan las mejoras necesarias para el cumplimiento, se puede llegar a evaluar una cota máxima de la multa asociada bajo ciertos supuestos.

Para ello, a partir de la recta promedio que caracterizó la venta de vehículos livianos en el mercado local durante el año 2020, fue evaluado el estándar propuesto en el horizonte 2024, año en que se estima comenzará a regir el primer estándar. El escenario a evaluar entonces corresponde a una recta con diferentes niveles de rendimientos energéticos exigidos según la masa de referencia vehicular.

Para evaluar el estado de cumplimiento de los responsables al año 2024, se consideró su masa de referencia promedio igual a la del año 2020 (no modifican su mix de ventas y venden proporcionalmente las mismas cantidades), y su rendimiento promedio al año 2020 más una tasa de crecimiento igual a 0,033 km/l<sub>ge</sub> equivalente a la tasa de mejora vegetativa registrada en Chile. Además, se considera el monto máximo que se puede aplicar para esta multa según la Ley N° 21.305, el cual es 0,2 UF/décima de km/l<sub>ge</sub>

De acuerdo a lo anterior, el monto total de las multas a pagar por la industria bajo este escenario extremo, en que los responsables decidieran no realizar mejora alguna correspondería como máximo al 3,4% de las ventas anuales registradas con los datos de 2020<sup>25</sup>. Este valor evidencia que en el peor de los casos las multas asociadas al no cumplimiento del estándar no deberían ser relevantes en comparación con las ventas de la industria, no obstante, se espera que genere una

<sup>25</sup> Considera valor de la UF de \$30.052.

mejora en el rendimiento del parque vehicular y se traduzca en un beneficio para el país y para los usuarios.

Informe Técnico Preliminar

## 6. Conclusiones

Luego de las evaluaciones realizadas, se observa que la implementación del estándar propuesto tendría diversos beneficios, tanto sociales, ambientales, como desde el punto de vista del uso de la energía en el sector transporte en Chile.

En términos energéticos, el consumo disminuiría por efecto de la implementación del estándar, al exigir que se aumenten los rendimientos del parque vehicular nuevo. Además, la diferencia entre el escenario de base y el escenario de cumplimiento del estándar aumenta gradualmente por el efecto acumulativo del ahorro de los vehículos que permanecen en circulación. La implementación del estándar propuesto puede generar ahorros anuales de 1.410 [Tcal] el 2025 y 10.805 [Tcal] el 2035. Esto además se traduce en la disminución de importación anual de crudo, equivalente a 965 miles de barriles de petróleo equivalente al 2025 y de 7.392 miles de barriles de petróleo equivalente al 2035.

En términos ambientales, la implementación del estándar propuesto alcanzaría reducciones acumuladas de 6,55 MM ton CO<sub>2e</sub> al año 2030. Esto significa que podría aportar un 11,4% a las acciones de mitigación necesarias para el período 2020 a 2030 rumbo a alcanzar la carbono neutralidad al 2050.

En cuanto al análisis costo beneficio para el usuario, se concluye que se presentan beneficios netos positivos al generarse un menor gasto por consumo de combustible el cual sobrepasa eventuales precios mayores de vehículos. Los ahorros anuales promedio serían de \$307.288 y el periodo promedio del retorno de la inversión sería de 19 meses. Luego de este tiempo, sólo habría beneficios para los consumidores. Esto supone que podría haber un aumento promedio de precios de un 3,82%, lo que a su vez asume el caso extremo en que todo el costo asociado al desarrollo necesario para que los vehículos cumplan con el estándar sea traspasado completamente al usuario. Se concluye que, a pesar de esta cota superior, los beneficios netos para el consumidor son positivos.

Finalmente, en el caso extremo en que los responsables decidieran no realizar mejoras a los vehículos importados para alcanzar el cumplimiento del estándar, y en vez de ello decidieran pagar las multas asociadas, el monto total de ellas sería como máximo el 3,4% de las ventas anuales.

Con la implementación del estándar de eficiencia energética se espera que se genere una mejora en el rendimiento del parque vehicular y se traduzca en un beneficio ambiental y económico para el país y para los usuarios.

## 7. Glosario de Términos

**Contribución Nacional Determinada (NDC):** son los instrumentos a través de los cuales los países comunican, cada cinco años, los compromisos y planes que implementarán para avanzar hacia el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París.

**Descriptor:** Parámetro que permite caracterizar la utilidad de un vehículo, pudiéndose considerar el *footprint* o la masa de éste.

**Estándar de consumo energético:** estándar aplicado al consumo de energía o equivalentemente al rendimiento energético de los vehículos. Sus métricas pueden ser en energía por distancia recorrida (por ejemplo, L/ 100 km) o en términos de rendimiento en distancia recorrida por unidad de energía utilizada (por ejemplo, km/L).

**Estándar de emisiones de CO<sub>2</sub>:** estándar aplicado a las emisiones de CO<sub>2</sub> de los gases de escape de los vehículos, cuya métrica está descrita en gCO<sub>2</sub> por unidad de distancia recorrida.

**Federal Test Procedure o Procedimiento de Prueba Federal (FTP-75):** protocolo internacional que determina consumos y emisiones de cada vehículo para su posterior homologación.

**Footprint:** corresponde al área entre ejes y trochas de un vehículo.

**Highway Fuel Economy Test (HWFET):** protocolo internacional que determina consumos y emisiones de cada vehículo para su posterior homologación.

**Importador:** Persona jurídica que introduce al país vehículos motorizados para su comercialización, y que se encuentra habilitado para emitir Certificados de Homologación Individual, o los certificados de cumplimiento del Decreto Supremo N°55, de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, o aquel que lo reemplace, según corresponda.

**Litros de gasolina equivalente (lge):** Unidad de medida equivalente a la cantidad de energía contenida en un litro de gasolina y que permite comparar el consumo energético de vehículos que utilicen distintos combustibles o energéticos.

**New European Driving Cycle o Nuevo Ciclo Europeo de Conducción (NEDC):** protocolo internacional que determina los consumos y emisiones de cada vehículo para su posterior homologación.

**Masa en vacío:** Considera la masa del vehículo en vacío más todos los líquidos requeridos para su funcionamiento.

**Masa en Orden de Marcha (MOM):** se considera como masa en orden de marcha el resultado de sumar a la tara la masa estándar del conductor de 75 kg. La tara del vehículo considera la masa del vehículo en vacío más todos los líquidos requeridos para su funcionamiento.

**Masa de Referencia (MR):** corresponde a la masa del vehículo en vacío y sumándole una masa uniforme de 100 kg.

**Peso Bruto Vehicular (PBV):** es el peso máximo en carga con la que se permite la circulación de un vehículo.

**Representante:** Persona jurídica que, estando debidamente autorizada por una o más marcas, promueve y concierta la venta de vehículos motorizados a mayoristas o consumidores finales, encontrándose habilitada para emitir Certificados de Homologación Individual o los certificados de cumplimiento del Decreto Supremo N°55, de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, o aquel que lo reemplace, según corresponda.

**Vehículos Livianos:** todo vehículo motorizado con un peso bruto de menos de 2.700 kg., excluidos los de 3 o menos ruedas. Los vehículos livianos se clasifican en vehículos de pasajeros y comerciales.

**Vehículos Livianos de Pasajeros (LDVs):** Todo vehículo motorizado liviano diseñado principalmente para el transporte de personas. Se incluyen en esta definición, las camionetas livianas o furgones con un peso bruto menor a 2.700 kg. y que son derivadas de vehículos que fueron originalmente diseñados para el transporte de pasajeros.

**Vehículo Comercial Liviano:** Son los vehículos motorizados livianos con un peso bruto menor a 2.700 kg. diseñados para el transporte de carga o derivados de éstos.

**Vehículo Motorizado Mediano:** todo vehículo motorizado destinado al transporte de personas o carga, por calles y caminos y que tiene un peso bruto vehicular igual o superior a 2.700 kg. e inferior a 3.860 kg.

**Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure o Procedimiento Mundial Armonizado para Ensayos de Vehículos Ligeros (WLTP):** protocolo internacional que determina los consumos y emisiones de cada vehículo para su posterior homologación.

## 8. Bibliografía

- Dargay, J., Gately, D., & Sommer, M. (2007). Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide: 1960-2030. *The Energy Journal*, 143-170.
- Arena, f., Mezzana, L., Doyon, A., Suzuk, H., Lee, K., & Becker, T. (2014). *The Automotive CO2 Emissions Challenge - 2020 Regulatory Scenario for Passenger Cars*. Retrieved from [https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/ADL\\_AMG\\_2014\\_Automotive\\_CO2\\_Emissions\\_Challenge.pdf](https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/ADL_AMG_2014_Automotive_CO2_Emissions_Challenge.pdf)
- European Comission. (2015). "Evaluation of Regulation 443/2009 and 510/2011 on the reduction of CO2 emissions from light-duty vehicles" Study contract no 071201/2013/664487/ETU/CLIMA.C.2.
- GEASUR. (2015). *Análisis y Desarrollo de Factores de Deterioro y Caracterización de las Emisiones de la Flota mediante el Sistema Remote Sensing Devices (RSD)*.
- GFEI. (2016). *Fuel Economy State of the World 2016: Time for global action*.
- Gibson, G., Kollamthodi, S., Kirsch, F., Elisabeth, W., Brannigan, C., White, B., . . . Skinner, I. (2015). *Evaluation of Regulation 443/2009 and 510/2011 on the reduction of CO2 emissions from light-duty vehicles*. European Commission. Retrieved from [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/evaluation\\_ldv\\_co2\\_regs\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/evaluation_ldv_co2_regs_en.pdf)
- ICCT. (2013). *Passenger car fuel-efficiency, 2020–2025*.
- ICCT. (2017a). *FROM LABORATORY TO ROAD:A COMPARISON OF OFFICIAL AND REAL-WORLD FUEL CONSUMPTION AND CO2 VALUES FOR PASSENGER CARS IN EUROPE, THE UNITED STATES, CHINA AND JAPAN*.
- ICCT. (2017b). *Efficiency technology and cost assessment for U.S. 2025 - 2030 light duty vehicles*.
- ICCT. (2020). *Chart library: Passenger vehicle fuel economy - date tables May 2020*. Retrieved from <https://theicct.org/chart-library-passenger-vehicle-fuel-economy>
- ICCT. (2021, Septiembre 22). *Chart library: Passenger vehicle fuel economy*. Retrieved from Data tables. May 2020: <https://theicct.org/chart-library-passenger-vehicle-fuel-economy>
- IEA. (2015, July 7). *Energy Techonolgy Perspectives 2015 - John Dulac*. Retrieved from Energy Technology Perspectives, Pathways for Low-Carbon Transport: [https://elering.ee/sites/default/files/public/tarkvork-konv/2015.10.15\\_SG\\_Conference\\_-\\_Jean-Francois\\_Gagne.pdf](https://elering.ee/sites/default/files/public/tarkvork-konv/2015.10.15_SG_Conference_-_Jean-Francois_Gagne.pdf)

- IEA. (2017). *GFEI Working Paper 15 - International comparison of light-duty vehicle fuel economy 2005-2015: ten years of fuel economy benchmarking*.
- IEA. (2020a, Noviembre 08). *Data and statistics - Explore energy data by category, indicator, country or region*. Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySector>
- IEA. (2020a). *Explore energy data by category, indicator, country or region - Total final consumption (TFC) by sector, World 1990-2018*. Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TFCShareBySector>
- IEA. (2020b). *Data and statistics*. Retrieved from Obtenido de Oil products final consumption by sector, World 1990-2018: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=OilProductsConsBySector>
- IEA. (2020c). *Energy Technology Perspectives 2020 Report extract Technology needs in long-distance transport - Global CO2 emissions in transport by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2070*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020/technology-needs-in-long-distance-transport#abstract>
- IEA. (2021). *Transport Improving the sustainability of passenger and freight transport - Mobility fell by an unprecedented amount in the first half of 2020*. Retrieved from <https://www.iea.org/topics/transport>
- IEA. (2021b). *Fuel Consumption of Cars and Vans - Powertrain technology and vehicle size are the main determinants of fuel consumption*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/fuel-consumption-of-cars-and-vans>
- IPCC. (2018). *Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de GEI*.
- Kodjak, D. (2015). *Policies to reduce fuel consumption, air pollution, and carbon emissions from vehicles in G20 nations*. The International Council on Clean Transportation, Washington DC. Retrieved from [https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_G20-briefing-paper\\_Jun2015\\_updated.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_G20-briefing-paper_Jun2015_updated.pdf)
- Mardones, C. (2018). *Análisis retrospectivo de la implementación de impuestos verdes sobre automóviles*.
- Ministerio de Energía . (2014). *Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020 (PAEE2020)*. Santiago, Chile.

- Ministerio de Energía. (2015, 12 30). *Política Energética de Chile 2050*. Retrieved from [https://energia.gob.cl/sites/default/files/energia\\_2050\\_-\\_politica\\_energetica\\_de\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf)
- Ministerio de Energía. (2017). *Estrategia Nacional de Electromovilidad - Un camino para los vehículos eléctricos*. Retrieved from [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_electromovilidad-8dic-web.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_electromovilidad-8dic-web.pdf)
- Ministerio de Energía. (2020). *Balance de Energía Año 2019*. Ministerio de Energía - División de Políticas y Estudios Energéticos y Ambientales, Santiago - Chile.
- Ministerio de Energía. (2020a). *Carbono Neutralidad en el Sector Energía: Proyección de Consumo Energético Nacional 2020*.
- Ministerio de Energía. (2021a). *Ley 21.305 Sobre Eficiencia Energética*. Retrieved from <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1155887>
- Ministerio de Energía. (2021b). *Informe Preliminar: Planificación Energética de Largo Plazo*.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2018). *Tercer informe bienal actualización de Chile sobre el cambio climático*. Ministerio del Medio Ambiente, Oficina de Cambio Climático, Santiago - Chile.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2020a). *Proyecto de Ley Marco de Cambio Climático*.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2020b). *Contribución determinada a nivel nacional (NDC) de Chile - Actualización 2020*. Santiago, Chile.
- Mock, P. (2019). *CO2 emission standards for passenger cars and light-commercial vehicles in the European Union*. Policy update, ICCT. Retrieved from <https://theicct.org/publications/ldv-co2-stds-eu-2030-update-jan2019>
- NHTSA. (2020, April 30). The Safer Affordable Fuel-Efficient (SAFE) Vehicles Rule for Model Years 2021–2026 Passenger Cars and Light Trucks . *Federal Register - Rules and Regulations* , 85(84). Retrieved from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2020-04-30/pdf/2020-06967.pdf>
- OECD/IEA. (2016). *Technology and policy drivers of the fuel economy of new light-duty vehicles - Comparative analysis across selected automotive markets*. Retrieved from <https://www.globalfueleconomy.org/media/367815/wp12-technology-policy-drivers-ldvs.pdf>
- PNUD. (2021). *Objetivo 13: Acción por el clima*. Retrieved from <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>

- Posada, F., Yang, Z., & Blumberg, K. (2017). *New Vehicle Fuel Economy and CO2 Emission Standards Emissions Evaluation Guide*.
- Singh, N., Mishra, T., & Banerjee, R. (2020). Projection of Private Vehicle Stock in India up to 2050. *Transportation Research Procedia*, Volume 48, 2020, Pages 3380-3389.
- Tietge, U., Mock, P., Franco, V., & Zacharof, N. (2017). From laboratory to road: Modeling the divergence between official and real-world fuel consumption and CO2 emission values in the German passenger car market for the years 2001–2014. *Energy Policy*, 103, 212-222. doi:10.1016/j.enpol.2017.01.021
- Transport Policy. (2021a, Septiembre 22). *South Korea: Light-duty: Fuel economy and GHG*. Retrieved from <https://www.transportpolicy.net/standard/south-korea-light-duty-fuel-economy-and-ghg/>
- Transport Policy. (2021b, Septiembre 22). *China: Light-Duty: Fuel Consumption*. Retrieved from Phase V: <https://www.transportpolicy.net/standard/china-light-duty-fuel-consumption/>
- United Nations Environment Programme. (2020, April 18). *The Global Fuel Economy Initiative Toolkit - Standards Global Status*. Retrieved from <http://www.airqualityandmobility.org/gfeitoolkit/#/home>
- Wu, T., Zhao, H., & Ou, X. (2014). Vehicle ownership analysis based on GDP per capita in China: 1963-2050. *Sustainability*, 4877-4899.
- Yang, Z., & Bandivadekar, A. (2017). *2017 Global update: Light-duty vehicle greenhouse gas and fuel economy standards*. International Council on Clean Transportation, Washington DC. Retrieved from [https://theicct.org/sites/default/files/publications/2017-Global-LDV-Standards-Update\\_ICCT-Report\\_23062017\\_vF.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/2017-Global-LDV-Standards-Update_ICCT-Report_23062017_vF.pdf)
- Yang, Z., & Rutherford, D. (2019). *Policy update - Japan 2030 fuel economy standards*. Policy update, ICCT. Retrieved from <https://theicct.org/publications/japan-2030-fuel-economy-standards>