

Entregable final del estudio “Evaluación de la efectividad de la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 (NOM-163) sobre emisiones y rendimiento de combustible de los vehículos ligeros nuevos.”

“Programa Gestión Ambiental Urbana e Industrial en México II” (PGAUI II) PN
2013.2163.7-7001.00

Proyecto elaborado en el marco de la
cooperación bilateral a través de la Agencia
de Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ)
GmbH en México.



El presente trabajo fue elaborado por:

Mtro. Iván Islas Cortés

Lic. Carolina Inclán Acevedo

Y por encargo de la:

Cooperación Alemana al Desarrollo,

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

En el marco de la cooperación Bilateral entre México y Alemania

©Todos los derechos reservados pertenecen a la GIZ, GmbH. Toda reproducción parcial o total de este documento deberá tener la previa autorización de GIZ.

México, D.F. a 30 de septiembre de 2015

Contenido

Contenido.....	3
Índice de figuras	4
Índice de tablas.....	5
Resumen ejecutivo.....	8
1. Introducción.....	13
2. Experiencias nacionales e internacionales sobre regulación de emisiones y eficiencia energética de vehículos ligeros nuevos	17
2.1 Estado actual del sector transporte en el mundo	17
2.2 Estado actual de las políticas regulatorias de eficiencia energética y de emisiones de GEI de vehículos ligeros nuevos en los principales mercados automotrices del mundo.	21
2.2.1 China.....	24
2.2.2 Unión Europea	25
2.2.3 Estados Unidos de Norteamérica	28
2.2.4 Japón	32
2.2.5 Brasil	33
2.2.6 Canadá.....	34
2.2.7 Corea del Sur	35
2.3 Estado actual del sector transporte en México.....	37
2.4 La regulación de vehículos ligeros en México	37
2.4.1 La norma de emisiones de CO ₂ y eficiencia energética NOM-163	39
3. Evaluación de eficacia y efectividad de la NOM163.....	43
4. Evaluación de eficiencia e impacto de la norma	51
5. Análisis de la propuesta de armonización con la EPA	63
5.1. Estándar 2017-2025 CAFE/GEI	63
5.2. Beneficios en Mitigación	69
6. Continuidad de la regulación actual de la NOM-163	71

7. Análisis de propuesta de armonización con la Regulación Europea.....	82
8. Propuesta de anteproyecto de modificación a la NOM-163 y su análisis costo-beneficio social.....	90
8.1. Definición del problema y objetivos generales de la regulación.....	90
8.2. Identificación de posibles alternativas a la regulación.....	92
8.3. Análisis Costo-Beneficio	96
8.3.1. Metodología para el cálculo de beneficios en combustible	97
8.3.2. Emisiones evitadas de CO ₂	107
8.3.3. Valoración económica de los beneficios asociados con los ahorros de combustible y con las emisiones evitadas de CO ₂	108
8.3.4. Emisiones evitadas de contaminantes locales (óxidos de nitrógeno y bióxido de azufre).....	111
8.3.5. Valoración los beneficios totales asociados con la implementación de la norma	113
8.4. Versión final aprobada de la propuesta de modificación de la NOM.....	125
9. Conclusiones.....	145
Referencias.....	148
Anexo 1 Figuras adicionales de las experiencias internacionales.....	151
Anexo 2 Valores y parámetros de NHTSA menos el 1% y 2% para VP y CL	154

Índice de figuras

Figura 1 Emisiones del sector transporte por modo en el mundo	18
Figura 2 Emisiones globales del sector transporte 2010-2030	19
Figura 3 Comparación de evolución y metas de rendimiento de combustible para diferentes países	23
Figura 4 Desempeño histórico y futuro de las emisiones de CO ₂ /km	28
Figura 5 Evaluación del cumplimiento de la Norma de EUA para 2012 y 2013.....	31
Figura 6 Composición de ventas para la categoría de vehículos ligeros y de camionetas ligeras 1994-2014.....	39
Figura 7 Representación gráfica sobre los beneficios estimados de la publicación de la NOM-163	42
Figura 8 Esquema del proceso de evaluación de instrumentos normativos del sector ambiental.....	45
Figura 9 Evaluación de los beneficios ambientales (Indicador gCO ₂ /km)	59
Figura 10 Evaluación del cumplimiento de la Norma de EUA para 2012 y 2013.....	65

Figura 11 Curvas para vehículos de pasajeros armonización EPA 2017-2025	67
Figura 12 Curvas para camionetas ligeras armonización EPA 2017-2025.....	69
Figura 13 Curvas para vehículos de pasajeros NHTSA 2017-2025 en Km/l.....	72
Figura 14 Curvas para vehículos de pasajeros NHTSA 2017-2025 en g CO ₂ /km	73
Figura 15 Curvas para camionetas ligeras NHTSA 2017-2025 en Km/l	75
Figura 16 Curvas para camionetas ligeras NHTSA 2017-2025 en g CO ₂ /km.....	76
Figura 17 Figura NHTSA vs Continuidad NOM-163 para VP	78
Figura 18 NHTSA vs Continuidad NOM-163 para CL.....	79
Figura 19 Flota mexicana de VP vs meta Europea	85
Figura 20 Camionetas ligeras.....	86
Figura 21 Ejercicio comparativo de regulación entre el atributo de sombra y peso	88
Figura 22. y Figura 23. Rendimiento de combustible ajustado de Estados Unidos y composición de ventas 1975-2013.....	102
Figura 24. Relación de los kilómetros recorridos y la antigüedad del vehículo	104
Figura 25. Consumo de combustible de vehículos nuevos bajo el escenario sin norma y con norma (impacto permanente)	107
Figura 26. Costo promedio por comercializadora para alcanzar la meta al 2021 ^a	119
Figura 27 Metas europeas 2015 y 2020 para vehículos de pasajeros y camionetas ligeras	151
Figura 28 Uso de flexibilidades, atributos y créditos hasta 2014 por armadoras de EUA	151
Figura 29 Emisiones de CO ₂ e de vehículos ligeros en Brasil	152
Figura 30 Rendimiento de combustible histórico y metas futuras para Vehículos de Pasajeros de Canadá	152
Figura 31 Rendimiento de combustible histórico y metas futuras para Camionetas ligeras de Canadá.....	153

Índice de tablas

Tabla 1 Comparación de las metas de cada una de las opciones regulatorias	11
Tabla 2. Análisis costo beneficio agregado	12
Tabla 3 Evolución del rendimiento de combustible comparado a la meta GFEI.....	21
Tabla 4 Resumen de regulaciones en el mundo	22
Tabla 5 Tasas IPI (Producción nacional)	34
Tabla 6 Metas de Corea del Sur para el periodo 2006-2020	36
Tabla 7 Evolución del rendimiento y las emisiones de la flota de vehículos nuevos 2008- 2014 (ciclo CAFE) en México	38
Tabla 8 Emisiones y rendimiento de combustible para los escenarios con y sin norma ..	41
Tabla 9 Combustible ahorrado y emisiones evitadas de CO ₂ por la instrumentación de la norma	47
Tabla 10 Sujetos obligados y sus características	48
Tabla 11 Porcentaje de ventas de las versiones más eficientes de VP en 2014.....	53
Tabla 12 Ventas de vehículos de pasajeros	54

Tabla 13 Beneficios evaluados en términos monetarios (millones de pesos) 2013-2032..	56
Tabla 14 Metas esperadas, alcanzadas y exigidas en términos de rendimiento de combustible en Km/l.....	56
Tabla 15 Beneficios evaluados en términos monetarios hasta el 2014 (millones de pesos) 2013-2032	57
Tabla 16 Indicador de beneficios ambientales para la NOM.....	59
Tabla 17 Beneficios ambientales.....	60
Tabla 18 Emisiones evitadas de contaminantes criterio	61
Tabla 19 Beneficios económicos	62
Tabla 20 Uso de flexibilidades, atributos y créditos hasta 2014 por armadoras de USA...	66
Tabla 21 Parámetros para vehículos de pasajeros.....	67
Tabla 22 Parámetros para camionetas ligeras 2017-2025.....	68
Tabla 23 Metas estimadas armonización EPA 2017-2025	69
Tabla 24 Beneficios esperados de la armonización con EPA 2017-2025	70
Tabla 25 Parámetros para vehículos de pasajeros en Km/l.....	72
Tabla 26 Parámetros para vehículos de pasajeros en gCO ₂ /km*	73
Tabla 27 Parámetros para camionetas ligeras en Km/l	75
Tabla 28 Parámetros para camionetas ligeras en gCO ₂ /km	76
Tabla 29 Metas estimadas de la propuesta NHTSA.....	77
Tabla 30 Metas estimadas para VP reduciendo los parámetros CAFE en 1%	77
Tabla 31 Evaluación de los ajustes de 2% para CL.....	78
Tabla 32 Metas estimadas para el escenario continuación NOM-163 vs NHTSA, utilizando la flota mexicana año modelo 2013	79
Tabla 33 Comparación de beneficios de la continuidad NOM-163 versus NHTSA	80
Tabla 34 Tabla comparación del peso y emisiones de la flota mexicana y la europea 2013.....	83
Tabla 35. Proyección de ventas durante el periodo 2012-2042	100
Tabla 36. Rendimientos de combustible asumidos para los escenarios sin norma y con norma.....	103
Tabla 37. Kilómetros recorridos y probabilidad de sobrevivencia por año de vida del vehículo.....	104
Tabla 38. Ahorros en consumo de combustible (millones de litros de gasolina)	106
Tabla 39. Resumen de ahorros de combustible de la regulación	107
Tabla 40. Emisiones evitadas de CO ₂ por la instrumentación de la norma	108
Tabla 41. Precios internacionales de la gasolina	109
Tabla 42. Valor de la tonelada de CO ₂ (IWGSCC, 2015).....	110
Tabla 43. Factores de emisión empleados para estimación de emisiones de contaminantes locales	111
Tabla 44. Emisiones evitadas de contaminantes locales por instrumentación de la NOM	112
Tabla 45. Beneficios evaluados en términos monetarios (millones de pesos),	113
Tabla 46. Clasificación de la flota mexicana en función del tren motriz y tamaño del vehículo.....	115

Tabla 47. Porcentaje de ventas por categoría	117
Tabla 48. Esfuerzos requeridos para cumplir con la regulación en Km/l.....	118
Tabla 49. Esfuerzos requeridos para cumplir con la regulación en g CO ₂ /km.....	118
Tabla 50. Costo promedio por comercializadora para alcanzar la meta al 2021 y 2015, relativo a la NOM -163, año modelo 2016 en 2014 DLS	119
Tabla 51. Análisis costo-beneficio por vehículo.....	121
Tabla 52 Costos por vehículo en el periodo de la regulación	122
Tabla 53. Análisis costo beneficio agregado	123
Tabla 54 Comparación de beneficios en millones de toneladas evitadas de CO ₂	147
Tabla 55 Valores y parámetros NHTSA para vehículos de pasajeros menos 1% en términos de rendimiento de combustible (Km/l)	154
Tabla 56 Valores y parámetros NHTSA para vehículos de pasajeros menos 1% en su equivalencia de g CO ₂ /km	154
Tabla 57 Valores y parámetros NHTSA para camionetas ligeras menos 2% en términos de rendimiento de combustible Km/l.....	155
Tabla 58 Valores y parámetros NHTSA para vehículos de pasajeros menos 2% en su equivalencia de g CO ₂ /km	155

Resumen ejecutivo

La NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013, sobre emisiones de contaminantes globales y rendimiento de combustible de los vehículos ligeros nuevos, es una pieza fundamental de la política energética, climática y ambiental de México. Esta norma, junto con la NOM-042-SEMARNAT-2003, sobre emisiones de contaminantes criterio de vehículos ligeros nuevos, son instrumentos de política pública alineados a mitigar el cambio climático y mejorar la calidad del aire, al exigir controles más estrictos y tecnologías más eficientes al sector automotriz, lo que tendrá un impacto positivo en la calidad de vida y salud de la población mexicana. Estas normas tienen a su vez una incidencia directa en la producción y el consumo sustentable, al fomentar directamente la innovación y desarrollo tecnológico, demandando a los corporativos automotrices a producir e importar para el consumo nacional, vehículos con los más altos estándares para la reducción de emisiones y el incremento de su eficiencia energética.

Este documento final, del proyecto sobre la evaluación y actualización de la NOM-163, presenta en su primera parte el estado actual del sector transporte en el mundo y en México en términos de su consumo energético y sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Hace énfasis en el transporte automotor en carretera y en particular en el desempeño ambiental y energético de los vehículos ligeros nuevos. Esto sirve de contexto para enmarcar la importancia de este tipo de vehículos en las emisiones de contaminantes locales y globales del sector y el potencial existente de su reducción a partir de la regulación directa que pueda hacerse sobre ellos.

La regulación de los vehículos ligeros nuevos de pasajeros en el mundo es diversa y presenta diferentes metas y características técnicas. Se presenta un resumen de las características regulatorias de los mercados más importantes de vehículos ligeros en el mundo, haciendo un enfoque en las normas de Estados Unidos y de la Unión Europea, al ser los mercados más grandes de vehículos de los cuales México importa vehículos y son destino de la mayor parte de su producción.

El documento hace una descripción técnica detallada de la NOM-163 que regula emisiones de bióxido de carbono (CO₂) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3 857 kilogramos. Esta norma, publicada el 21 de junio de 2013, contempla un cumplimiento voluntario para los vehículos año-modelo 2012 y 2013, y un periodo obligatorio para vehículos año-modelo 2014, 2015 y 2016. La NOM-163 establece (con algunos cambios) las fórmulas de los parámetros del estándar CAFE

(Promedio Corporativo de Rendimiento de Combustible, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de Norteamérica.

De acuerdo a los resultados de la evaluación del periodo de implementación 2012-2014, se concluye que la NOM-163 ha incentivado de manera efectiva el cambio en la reducción de emisiones de los vehículos ligeros, más allá de lo que se esperaba cuando se publicó en 2013. Los escenarios realizados por el grupo de trabajo del Gobierno Federal asumían que la composición de ventas entre vehículos de pasajeros (VP) y camionetas ligeras (CL) se mantendría similar a la flota del año 2010. El escenario construido pronosticaba emisiones promedio ponderadas de la flota para el año 2014 de 171 g CO₂/km (13.75 Km/l), mientras que el observado de ese mismo año fue de 168.6 g CO₂/km (13.94 Km/l). Como se podrá observar por los cálculos realizados para este periodo, el diferencial entre lo pronosticado y lo observado alcanza reducciones acumuladas por 16.9 MtCO₂.

Con respecto a la evaluación de eficacia de la norma se encontraron áreas de oportunidad para mejorarla, sobre todo en la armonización de la información entregada a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) por parte de los sujetos regulados. De la misma manera se encontró una ambigüedad respecto al otorgamiento de créditos que tiene que ser resuelta pues tendrá implicaciones en la próxima actualización de la NOM-163.

Respecto de la actualización de la norma para regular vehículos año-modelo 2017 y posteriores, se presenta el análisis de diferentes opciones: 1) la armonización de la NOM-163 con la Regulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de vehículos ligeros de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de Norteamérica para los vehículos nuevos año-modelo 2017-2025; 2) la continuación de la NOM-163, conservando las modificaciones que se le hicieron para el periodo 2014-2016 pero actualizando los valores y parámetros para regular los vehículos año-modelo 2017-2025 y; 3) un análisis de armonización con la regulación Europea en la materia.

El análisis de las tres propuestas se realizó a partir de la proyección de las metas alcanzadas en cada uno de los escenarios antes descritos en términos de las emisiones promedio ponderado de la flota en g CO₂/km (y su equivalencia en Km/l) para cada una de las flotas reguladas y los beneficios totales alcanzados por la mitigación de emisiones en dos sub-escenarios, temporal y permanente¹. Todos los escenarios fueron

¹ Estos dos escenarios son explicados más adelante en el análisis de los escenarios pero su diferencia radica en el supuesto de que en el escenario permanente las emisiones alcanzadas por la norma se mantienen en el tiempo, mientras que en

comparados contra un escenario de referencia en el que se asume el cumplimiento de la regulación actual al 2016. Utilizando los parámetros de la NOM-163 con la flota año modelo 2013, la meta de cumplimiento en el 2016 será de 150.7 g CO₂/km (15.58 Km/l) en promedio ponderado de la flota. Éste se mantiene sin cambios como escenario de referencia para el periodo evaluado de las tres propuestas descritas anteriormente.

Con respecto a la propuesta de armonización con la regulación 2017-2025 de la EPA, se observa que las metas alcanzan una reducción de las emisiones de 39% con respecto a las emisiones del último año regulado (2016) con 92.2 g CO₂/km (25.5 Km/l) en el año-modelo 2025. Los beneficios en términos de reducción de emisiones alcanzan las 494 MtCO₂ en el escenario permanente y de 130.8 MtCO₂ en el escenario temporal. Hay que tomar en cuenta que se espera que las flotas puedan alcanzar este nivel de emisiones en la regulación de EPA no sólo a través de reducciones en las emisiones provenientes del escape (o de manera equivalente por incrementos en el rendimiento de combustible), sino haciendo uso de los créditos por mejoras en los sistemas de aires acondicionados (cambios de gases refrigerantes, reducción de fugas y eficiencia de los sistemas), por el uso de tecnologías fuera del ciclo de prueba y de tecnologías altamente eficientes.

El análisis de la propuesta de la continuación de la NOM-163 con las modificaciones que se concedieron en su momento (curvas NHTSA con reducciones en 1% y 2% respectivamente en vehículos de pasajeros (VP) y camionetas ligeras (CL)) arroja resultados que alcanzan una meta de 103.1 g CO₂/km (22.8 Km/l) para el año-modelo 2025. En términos de emisiones mitigadas, esta propuesta reduce 93.6 MtCO₂ en el escenario temporal y 386.7 MtCO₂ en el escenario permanente.

El tercer escenario de armonización con Europa resulta en metas más estrictas que las de la EPA. Utilizar esta norma lleva a la flota mexicana a alcanzar una meta de 100.8 g CO₂/km para la flota año-modelo 2020. Este es un esfuerzo de 33% en 4 años. Este esfuerzo es mayor debido a las diferencias entre las flotas mexicana y europea que van desde la sombra, el peso, el tipo de vehículo regulado y los combustibles utilizados (Europa utiliza diésel en una proporción importante de su flota). La tabla 1 muestra las metas para los tres escenarios analizados.

el escenario temporal al término de la regulación éstas regresan a su nivel de antes de la implementación de la norma, evaluándose de facto sólo las flotas reguladas.

Tabla 1 Comparación de las metas de cada una de las opciones regulatorias

Escenarios	2017 (g CO ₂ /km)*	2021(g CO ₂ /km)*	2025 (g CO ₂ /km)*
1) Armonización con la EPA	136.3	111.4	92.2
3) Continuación NOM-163	143.5	124	103.1
4) Regulación europea		100.8**	

*Todo en ciclo de prueba FTP75

** La Unión Europea plantea metas por separado para cada categoría. Para hacerla comparable con las otras propuestas se supone la composición de las categorías observadas de la flota 2013

Fuente: elaboración propia

Finalmente se concluye, con base en los resultados de este análisis, que la opción de la armonización con la regulación de la EPA arroja mayores beneficios de mitigación en comparación con la de la continuación de la NOM-163. Es más factible técnicamente que la armonización con la regulación europea que regula flotas con características diferentes a la mexicana y que resultaría más estricta que la de la EPA en un periodo menor de tiempo. Además, como se detallará en el capítulo del análisis de este escenario, el atributo que regula la norma europea es el peso bruto vehicular, fuertemente correlacionado con la reducción de emisiones y por tanto, sujeto a ser manipulado para ubicarse en metas menos estrictas.

A petición de la GIZ para este segundo entregable y, de acuerdo a los términos de referencia establecidos para el presente proyecto, se elaboró una versión preliminar de modificación de la NOM-163 para el periodo 2017-2025. Este borrador de propuesta de actualización de anteproyecto está basado en el escenario con mayor factibilidad técnica y beneficios ambientales y económicos para México. En este caso se elaboró una propuesta de anteproyecto de norma con base en la armonización con la EPA y que se presenta completa en el capítulo 8 de este documento. Este anteproyecto refleja varios cambios técnicos necesarios para armonizar la NOM-163 con la regulación de la EPA, entre los que se encuentran: 1) el cambio de valores y parámetros para el cálculo de las metas de vehículos de pasajeros y camionetas ligeras; 2) nuevas fórmulas para la evaluación del cumplimiento anual que abre la puerta al banqueo e intercambio de créditos y; 3) la generación de créditos por vehículo sujeto a volumen de ventas por

cambios en los gases refrigerantes, eficiencia de los sistemas de aire acondicionado, tecnologías fuera del ciclo de prueba, y tecnologías altamente eficientes.

Finalmente, además del borrador de anteproyecto de norma y, de acuerdo a los entregables establecidos para el presente proyecto, el capítulo 8 de este documento contiene el análisis costo-beneficio de la propuesta de anteproyecto de norma. Este análisis es parte esencial de la Manifestación de Impacto Regulatorio (MIR) del proyecto de norma que la SEMARNAT tendrá que realizar para la actualización de la NOM. Se puede observar, por los resultados mostrados en la tabla 2, que los beneficios agregados sociales de la implementación de la norma son mayores que los de sus costos agregados a valor presente y que la razón beneficio-costos es de 3.5.

Tabla 2. Análisis costo beneficio agregado

Concepto	Escenario con impacto temporal (millones de pesos)	Escenario con impacto permanente (millones de pesos)
Ahorro en consumo de gasolina	663,943	2,510,673
Emisiones evitadas de CO ₂	108,858.3	414,154.5
Beneficios totales	772,801.3	2,924,827.5
Costos totales	224,244	824,075
Relación Beneficios/costos	3.5	3.5

Fuente: Elaboración propia

1. Introducción

México tiene compromisos nacionales e internacionales para mitigar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producto de sus actividades antropogénicas. En consecuencia, busca orientar su política energética y ambiental para desacoplar el crecimiento económico de la dependencia de combustibles fósiles. Durante las últimas administraciones, el gobierno mexicano desarrolló el andamiaje legal e institucional que le permitiera implementar una serie de políticas públicas dirigidas a un desarrollo bajo en carbono. La Ley General de Cambio Climático (LGCC), publicada en 2012, es el resultado de estos esfuerzos y establece estrictas metas de mitigación de GEI para los años 2020 y 2050. En concordancia con esta ley y, como parte de la política climática de México, el Programa Especial de Cambio Climático del periodo 2009-2012 estableció por primera vez como una de sus líneas de acción la publicación de una norma de emisiones de CO₂ y eficiencia energética para vehículos ligeros nuevos, lo que sentó la base para la publicación en 2013 de la NOM-163 de emisiones de CO₂ y eficiencia energética vehicular con metas voluntarias de reducción para los vehículos año-modelo 2012 y 2013 y metas obligatorias para los vehículos año-modelo 2014 a 2016. A casi 3 años de su publicación y a dos de terminar su periodo regulatorio se desprende la necesidad de evaluar y actualizar para un siguiente periodo la NOM-163, con el fin de continuar los esfuerzos de reducción de emisiones de los vehículos ligeros nuevos, lo que permitirá alcanzar objetivos que concuerden con la política ambiental y energética de México.

Como se podrá observar por la recopilación de experiencias internacionales, a nivel mundial se han desarrollado diversos instrumentos de política pública para disminuir las emisiones de GEI e incrementar la eficiencia energética de la flota automotriz. Esta experiencia ha mostrado que la implementación de estándares, a la par de la activación de instrumentos económicos, ha sido la herramienta de política pública más utilizada para alcanzar las metas establecidas por diferentes países.

La NOM-163 de vehículos ligeros nuevos de México incide en los ejes energético y ambiental del sector transporte, por su elevado volumen de consumo de hidrocarburos y emisiones de contaminantes criterio y de GEI. En particular, sólo el autotransporte representa el 95% del consumo de combustible en el país y ha presentado un crecimiento en las últimas décadas a una tasa de 2.1% anual durante el periodo 1990-2002, con un pronóstico de crecimiento a una tasa anual de crecimiento compuesta de 2.5% de 2008 a 2030. Con ello, se espera que los 58,805 millones de litros de combustible

que se consumieron en el 2013 se incrementen a cerca de 84 mil millones de litros para el 2030 (INECC, 2015).

A nivel global, las emisiones de GEI del sector transporte son significativas. La Agencia Internacional de Energía (IEA, 2014) estima que en el 2012 el 23% de las emisiones mundiales de GEI provenientes de la quema de combustibles fósiles derivaban del sector transporte. En 2013, del total de GEI que nuestro país emitió, el sector transporte representó el 22%, correspondiendo un 93% a los vehículos automotores (Inventarios Nacional de Gases de Efecto Invernadero, INECC, 2015).

En marzo de 2015, México publicó sus Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030 (*Intended Nationally Determined Contributions, INDCs* por sus siglas en inglés) (Gobierno de la República, 2015). Estos compromisos serán presentados ante la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en la próxima Conferencia de las Partes (COP21) a celebrarse en París a finales de 2015. México se comprometió a reducir de manera no condicionada sus emisiones de GEI en 22% y sus emisiones de Carbono Negro (un contaminante climático de vida corta con consecuencias negativas en la calidad del aire y la salud) en un 51% para el año 2030 respecto de una línea base. De esta meta no condicionada, el sector transporte tiene como objetivo reducir el 21% de sus emisiones de GEI, aproximadamente 48 millones de toneladas de CO₂e mitigadas en el año 2030. De continuar y actualizarse la NOM-163 de vehículos ligeros nuevos aún vigente, esta medida representaría el 40% de la mitigación total del sector transporte en ese año, convirtiéndose en una de las medidas más importantes a ser implementadas por México para el cumplimiento de sus compromisos. De acuerdo al análisis de la presente consultoría, la reducción de emisiones e incremento en rendimiento de combustible de la flota, derivados de extender la norma al periodo 2017-2025 armonizada con la regulación de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos para el mismo periodo, tiene un potencial de abatimiento de 19 MtCO₂e en el año 2030.

El presente documento, encargado por la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ) en México para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), busca documentar el desempeño de cumplimiento de la NOM-163, hacer una evaluación de su impacto, efectividad, eficacia y eficiencia, así como diseñar y proponer mejoras y analizar diferentes escenarios para su actualización.

El documento consta de 8 capítulos. El primero es la presente introducción. El segundo hace una revisión del contexto del sector transporte en el mundo con un enfoque en el autotransporte y en particular en los vehículos ligeros nuevos y sus regulaciones en

materia de emisiones de GEI y rendimiento energético. Se hace también una revisión a fondo de las experiencias regulatorias en Estados Unidos y la Unión Europea con el fin de identificar sus características técnicas, lecciones aprendidas y las mejores prácticas de las regulaciones de emisiones y eficiencia energética vehicular puestas en marcha en ese país y región. Este mismo capítulo hace una revisión de la regulación en México, describiendo el contexto y los beneficios sociales de las metas planteadas en materia de emisiones y eficiencia energética para el parque de vehículos ligeros nuevos.

El tercer capítulo se enfoca a evaluar la efectividad y eficacia de la NOM-163 en el año 2014 y sus dos años de implementación voluntaria 2012 y 2013. Este capítulo describe los cambios de comportamiento que la NOM-163 generó en el sujeto regulado y en la autoridad competente. Se generó una línea base de las emisiones de GEI de la flota de vehículos ligeros nuevos a partir de datos históricos y la proyección de las emisiones en un escenario tendencial en ausencia de la regulación. Derivado de este trabajo se generó el indicador de impacto que, en este caso, es el promedio ponderado de gramos de bióxido de carbono por kilómetro recorrido ($\text{g CO}_2/\text{km}$) por flota de vehículos ligeros nuevos, a partir del cual se pueden medir de manera directa las emisiones en los escenarios con y sin norma. Para evaluar el impacto de la norma se modelan las emisiones para toda la vida útil de los vehículos en el escenario de línea base, en el de la meta establecida por la NOM-163 y en el de meta observada alcanzada por las flotas año-modelo 2012, 2013 y 2014.

En este mismo capítulo se describe información relevante asociada al contenido técnico, jurídico, administrativo y económico de la NOM. Mide la calidad de la NOM en términos de corrección técnica y aplicabilidad, tanto por parte de la sociedad (sujetos obligados) como de la autoridad encargada de vigilar y promover su cumplimiento o sancionar su incumplimiento. A partir de un análisis documental y entrevistas con funcionarios de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se buscó conocer si existen instrumentos que dupliquen o contradigan la NOM-163, si el fundamento legal es vigente o si existen definiciones o especificaciones dentro de la NOM-163 abiertas a interpretación jurídica que complique su cumplimiento, si la norma es clara en término de las obligaciones generadas, si los trámites para la verificación del cumplimiento son ágiles y sencillos o son innecesariamente costosos administrativamente, tanto para el sujeto regulado, como para la autoridad.

El capítulo cuarto se dedica a la evaluación de impacto y eficiencia de la norma. En esta actividad se realizó un análisis costo-beneficio social de la actual NOM-163. El

análisis tomó en cuenta los costos estimados por la SEMARNAT derivados del cambio tecnológico por incrementar la eficiencia energética promedio de la flota de vehículos nuevos. Estos costos se comparan con los beneficios sociales y privados de una reducción del consumo de combustible y de la disminución en las emisiones GEI y de contaminantes criterio de los escenarios en línea base, meta actual de la NOM-163 y la meta observada hasta el año-modelo 2014.

El quinto capítulo lleva a cabo el análisis de la propuesta de armonización con la Regulación de Gases de Efecto Invernadero de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América. Este análisis toma los valores y parámetros establecidos en la regulación de la EPA y los evalúa utilizando las características de la flota 2013. El sexto capítulo se centra en evaluar la propuesta de continuación de la NOM-163. Esta propuesta busca conservar los valores y parámetros de la NOM-163 ligados a la regulación CAFE de rendimiento de combustible, con reducciones del 1% y 2% en las metas para los VP y CL. El séptimo capítulo describe las características de la regulación europea y hace un análisis de su posible adaptación para la flota mexicana. El octavo capítulo presenta la propuesta de actualización de Anteproyecto de Norma basado en la armonización de México con la regulación de GEI de la EPA y el análisis costo-beneficio social de esta propuesta. El noveno capítulo son las conclusiones, las cuales se basan en los resultados de la evaluación de la actual NOM-163 y en el análisis de las propuestas de su actualización.

2. Experiencias nacionales e internacionales sobre regulación de emisiones y eficiencia energética de vehículos ligeros nuevos

El presente capítulo describe el estado actual que guarda el consumo energético y las emisiones de GEI que emite el sector transporte y que incluye el transporte marino, la aviación, los trenes y el autotransporte de pasajeros y mercancías en el mundo. Esto sirve de contexto para describir a continuación los esfuerzos realizados por diferentes países para reducir dicho consumo y las emisiones de este sector. Los instrumentos utilizados son diversos y van desde cambios tecnológicos a través de normas, cambios en los precios relativos de los combustibles fósiles para reducir su consumo, hasta esfuerzos por mejorar y ampliar las opciones de transporte público y de movilidad en general. Dado los objetivos del presente proyecto, se hará un enfoque en los instrumentos normativos para mejorar la eficiencia energética de los vehículos ligeros nuevos. Los subcapítulos harán un resumen de los países que han decidido publicar regulaciones en la materia y que en su conjunto representan el 80% de las ventas mundiales de vehículos ligeros nuevos.

2.1 Estado actual del sector transporte en el mundo

El transporte en el mundo está basado principalmente en el consumo de gasolina y diésel de los vehículos automotores de combustión interna. Este tipo de vehículos genera graves daños sociales, ambientales y económicos debido a los contaminantes globales y locales que emiten y al congestionamiento que provoca, principalmente en ciudades de países en desarrollo². Si bien los otros modos de transporte como el aéreo, marítimo y férreo también utilizan combustibles fósiles, sus emisiones representan el 26.1% de las emisiones del sector contra el 73.9% del autotransporte (ICCT, 2014). Dada su gran importancia dentro del sector transporte, las políticas públicas mundiales se han enfocado principalmente a incentivar el incremento en su eficiencia energética, utilizar otras fuentes de energía limpia no fósil y a generar opciones de modos masivos de transporte.

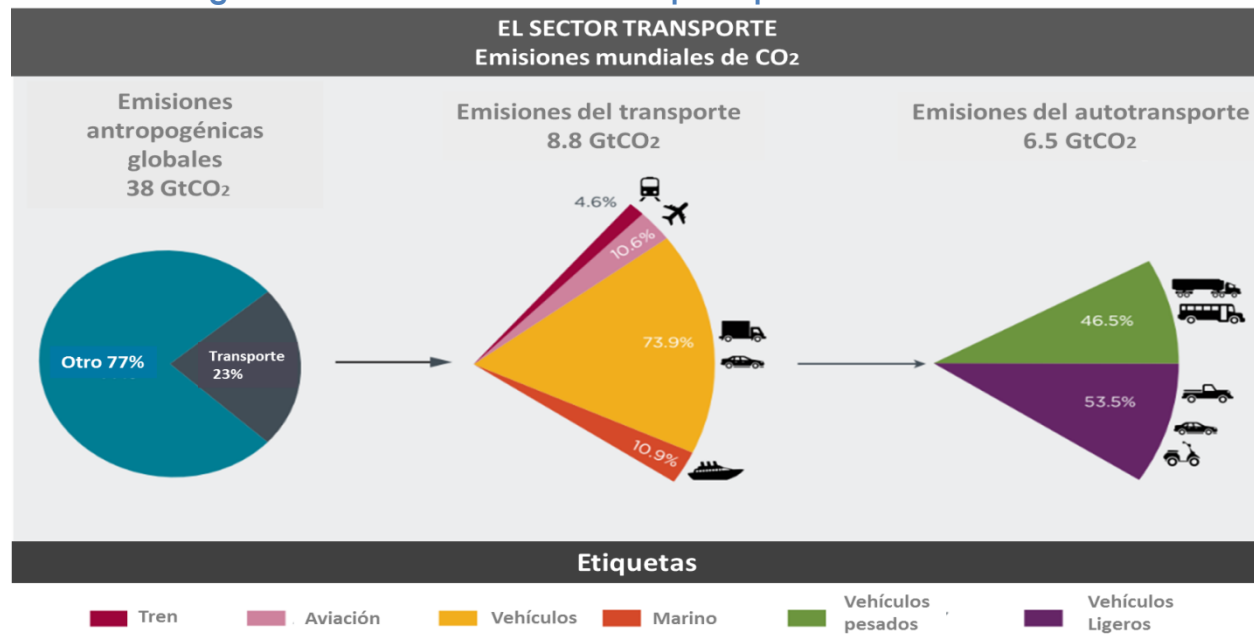
El sector transporte mundial consume más de la mitad de los hidrocarburos globales y se espera que 97% de su incremento futuro sea utilizado para el transporte. Este sector genera casi una cuarta parte de las emisiones de CO₂ relacionadas con el consumo energético en el mundo, emite más del 80% de la contaminación del aire en las

² Se espera que la flota global de vehículos automotores se incremente 3 o 4 veces en las próximas décadas y que la mayor parte de este crecimiento ocurra en países en desarrollo (UNEP, 2011)

ciudades de los países en desarrollo, lo que tiene como resultado muertes prematuras asociadas a enfermedades respiratorias. De acuerdo con el Reporte de Economía Verde del Programa de Medio Ambiente de Naciones Unidas (UNEP, 2011) estos costos para la sociedad pueden ascender a más del 10 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) de algunos países en desarrollo. En México, de acuerdo con el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de INEGI, se calcula que los costos por degradación de calidad del aire en México ascendió a 4.4% del PIB en 2009 (INEGI, 2011).

De acuerdo con el reporte sobre el estado de las políticas de transporte limpio (ICCT, 2014), en 2010 el sector transporte mundial fue responsable de casi una cuarta parte de todas las emisiones antropogénicas de CO₂, liberando 8.8 Gt de CO₂ a la atmósfera y consumiendo 47 millones de barriles diarios (mbd). Dentro del sector transporte, los vehículos de carretera representaron cerca de tres cuartas partes del consumo de combustible con 35 mbd y emisiones de 6.5 GtCO₂ (ver la figura 1).

Figura 1 Emisiones del sector transporte por modo en el mundo

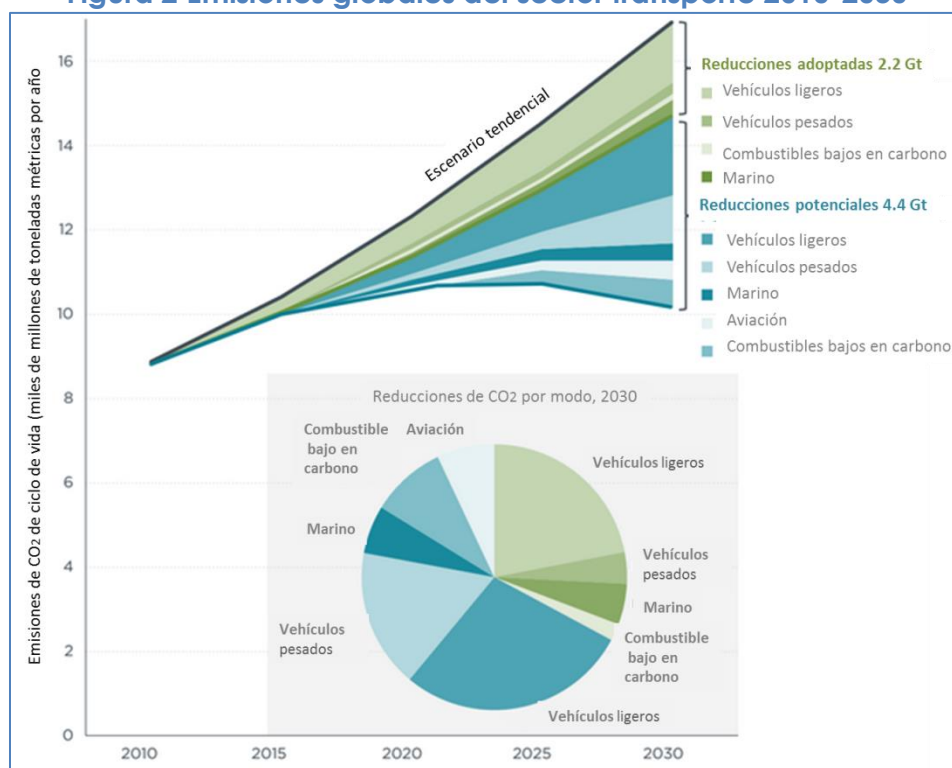


Fuente: International Council on Clean Transportation (ICCT, 2014a)

Como se puede ver por la figura 1, el transporte motorizado sobre ruedas aporta la mayor parte de las emisiones del sector (73.9%), seguido por el transporte marítimo (10.9%), la aviación (10.6%), y el tren (4.6%). Para 2030, se espera que las emisiones del transporte aumenten en aproximadamente dos terceras partes a 15 GtCO₂ y 78 mbd

de petróleo. Con base en la evaluación de las políticas adoptadas en los principales mercados del mundo, el ICCT pronostica que las reducciones totales por su implementación reducirán las emisiones proyectadas en 2.2 GtCO₂ y el consumo de combustible en 11 mbd, lo que equivale a una reducción del 13%. Una expansión de las mejores prácticas podría reducir otros 4.4 GtCO₂ y 21 mbd en 2030 (ver figura 2), lo que equivale a una reducción del 30% y 27%, respectivamente, en el año 2030.

Figura 2 Emisiones globales del sector transporte 2010-2030



Fuente: International Council on Clean Transportation (ICCT, 2014a)

De la figura 2 se puede observar que un gran potencial de reducción proviene de los vehículos ligeros. Estas acciones son principalmente regulaciones que requieren el incremento de la eficiencia energética y la reducción de emisiones de las flotas de vehículos ligeros nuevos. Nueve regiones han adoptado este tipo de políticas por lo que en 2013 más del 80% de las ventas mundiales de vehículos ligeros nuevos estaban sujetos a dichas regulaciones. Las políticas adoptadas hasta ahora proyectan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en casi 1.5 Gt de CO₂ o 8.2 mbd en 2030. Otros 1.1 GtCO₂, o 5.8 millones de barriles diarios, se podrían lograr si los programas

existentes en los Estados Unidos, Canadá, China, Unión Europea, Japón, Brasil, India, Corea del Sur y México se extendieron a 2030, y otras naciones como Rusia y Australia se unieran con nuevos programas. Combinadas, estas políticas podrían reducir las emisiones del sector 37% en 2030 (ICCT, 2014a).

De acuerdo con el reporte 2014 de la iniciativa global de rendimiento de combustible (GFEI, 2014)³, el promedio mundial de rendimiento de combustible de los vehículos ligeros nuevos en el periodo 2008-2011 fue de 1.8% anual. Para alcanzar la meta planteada por la GFEI de ir de 8 Lge/100km⁴ (12.5 Km/l) a 4 Lge/100km (25 Km/l) entre el 2005 y el 2030, se requería una mejora anual de 2.7%. Dado el reducido crecimiento entre 2005 y 2011, se requiere ahora un incremento de 3% anual en el promedio de rendimiento de combustible entre el 2012 y el 2030. En los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el rendimiento promedio mejoró en un 2.7% por año en el periodo 2008-2011, mientras que en los países no miembros sólo mejoró un 0.6%. Esto hizo que por primera vez en el año 2011, el rendimiento promedio de combustible de los países OCDE fuera de 7 L/100 km (14.29 Km/l) superado a los países no miembros con un promedio de 7.5 L/100 km (13.3 Km/l). Debido a que estos mercados crecen más rápido que los de la OCDE, las políticas de rendimiento de combustible se deben enfocar en ellos en los próximos años.

³ GFEI es una iniciativa liderada por la Agencia Internacional de Energía presentada en 2009 que tiene como meta reducir el consumo de combustible en 50% de vehículos nuevos en el 2030 comparado con los niveles de 2005.

⁴ Litros de gasolina equivalente por cada 100 kilómetros

Tabla 3 Evolución del rendimiento de combustible comparado a la meta GFEI

		2005	2008	2011	2030
Promedio OCDE	Promedio de rendimiento de combustible (Lge/100km)	8.1	7.6	7.0	
	Tasa anual de mejora (% anual)	-2.2	-2.7		
		-2.4			
Promedio No-OCDE	Promedio de rendimiento de combustible (Lge/100km)	7.5	7.6	7.2	
	Tasa anual de mejora (% anual)	0.4%	-0.6%		
		-0.1%			
Promedio mundial	Promedio de rendimiento de combustible (Lge/100km)	8.0	7.6	7.2	
	Tasa anual de mejora (% anual)	-1.7%	-1.8%		
		-1.8%			
Objetivo GFEI	Promedio de rendimiento de combustible (Lge/100km)	8.0			4.0
	Tasa anual de mejora (% anual)	-2.7%			
		Año base 2012 -3.0%			

Fuente: GFEI (2014)

2.2 Estado actual de las políticas regulatorias de eficiencia energética y de emisiones de GEI de vehículos ligeros nuevos en los principales mercados automotrices del mundo.

La presente sección muestra las tendencias, avances y metas futuras de eficiencia energética y emisiones de GEI de China, Brasil, Japón, India, Corea del Sur, Canadá, Estados Unidos y la región de la Unión Europea. Juntos estos países representan el 80% del mercado mundial de autos nuevos. Todos estos países cuentan con alguna forma de regulación de vehículos nuevos. Solamente dos mercados importantes, Rusia y Australia no cuentan con una regulación en la materia. La tabla 4 muestra un resumen

del porcentaje de ventas, periodos regulatorios y esfuerzos de reducción de emisiones de GEI de los diferentes países⁵.

Tabla 4 Resumen de regulaciones en el mundo

País/Región	Porcentaje de ventas mundiales 2013	Base año-modelo	Periodo de implementación año-modelo	Tasa promedio de reducción CO ₂ (gr/vehículo-km)
China	25%	2011	2012-2015	9%
UE	19%	2015	2020-2021	27%
EUA	17%	2017	2017-2025	35%
Japón	6%	2015	2020	16%
Brasil	4%	2013	2013-2017	12%
India	4%	2012	2017-2021	17%
Russia	3%			0%
Canadá	2%	2011	2011-2016	20%
Corea del Sur	2%	2011	2012-2015	9%
Australia	1%			0%
México	1%	2012	2014-2016	13%

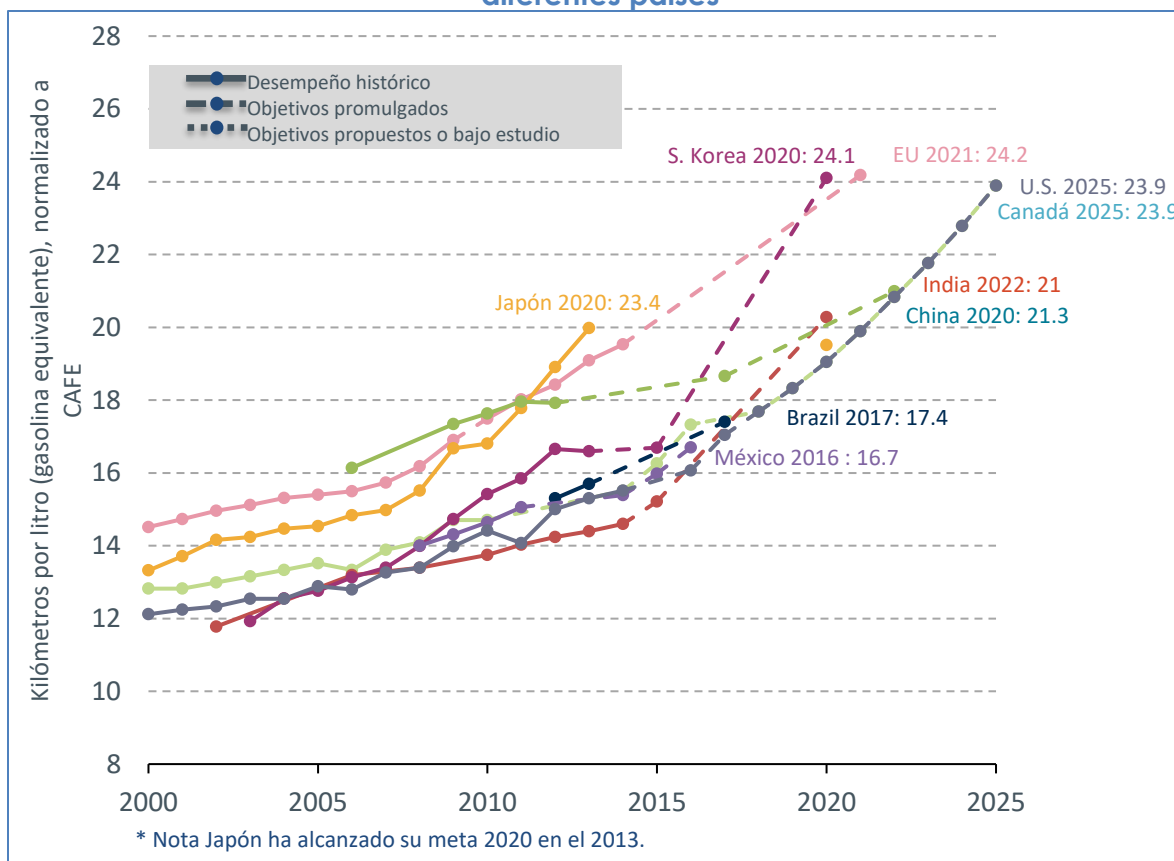
Fuente: Elaborado con información del International Council on Clean Transportation (ICCT, 2014b)

Se puede observar por la tabla anterior que los periodos regulatorios y los esfuerzos difieren bastante de país a país. Es importante hacer notar que el esfuerzo más grande y por un periodo más largo lo hacen los Estados Unidos con metas al año 2025. México y Canadá homologaron sus regulaciones al año 2016 y Canadá anunció en 2014 su homologación a la nueva regulación de los Estados Unidos al 2025. Por otro lado, a pesar de que la Unión Europea estableció metas de cumplimiento de 95 gr CO₂/km para el 95% de su flota en 2020 y de 100% para el 2021 en adelante, los debates continúan por

⁵ Gracias al seguimiento de metas y regulaciones que ha realizado el ICCT a través de los años se ha podido hacer una comparación consistente entre países y que es fuente principal de esta sección. Más información se puede encontrar en su página: <http://www.theicct.org/info-tools/global-passenger-vehicle-standards>

el uso de créditos, lo cual podría afectar su meta. En Asia, Japón continúa siendo el líder de eficiencia energética. Para los modelos 2012 y 2013, las ventas de vehículos híbridos representaban el 19%, lo que deja a Japón a tan solo 12% de su meta en el 2020. Por su parte Corea del Sur avanza bien para alcanzar su meta de 140 gr. CO₂/km en el 2015 y se espera que sus metas al 2020 se homologuen con las de Japón y Europa. Finalmente China se encuentra implementando la fase 3 de su norma que la llevará a 6.9 l/100km (14.49 Km/l) y ha iniciado el proceso para la fase 4 con una posible meta de 5 l/100km (20 Km/l). La siguiente figura presenta la evolución del rendimiento de combustible en Km/l de gasolina equivalente (normalizado al ciclo CAFE) de las flotas de vehículos ligeros nuevos en el mundo. Las secciones siguientes hacen un resumen más detallado de las regulaciones propuestas en estos países.

Figura 3 Comparación de evolución y metas de rendimiento de combustible para diferentes países



Fuente: ICCT, 2015

2.2.1 China

El Ministerio chino de Industria y Tecnología de la Información (MIIT), publicó su propuesta de norma para el consumo de combustible de automóviles de pasajeros de China Fase 3. A diferencia de otros países en donde a menudo los valores de la norma se integran junto con flexibilidades y la contabilidad para el cumplimiento en una sola reglamentación, la norma de consumo de combustible de vehículos de pasajeros de China comprende tres reglas separadas. La primera, publicada en 2011, especificaba los valores del estándar. La segunda, finalizó en junio de 2012 y establece el método de contabilidad. La propuesta final, publicada en mayo de 2014, se ocupa de los aspectos de la ejecución y aplicación de la norma. Con esta propuesta, China ha completado la cadena de su regulación sobre el promedio corporativo de consumo del combustible para los vehículos de pasajeros 2015 estableciendo una meta de 6.9 L/100km (14.5 Km/l) para ese año-modelo.

La propuesta de norma establece un conjunto de medidas para asegurar el cumplimiento del fabricante. Los principales elementos de la propuesta son los siguientes:

- MIIT nombrará públicamente a los fabricantes cuyos niveles de consumo corporativo promedio de combustible (CAFC) superen la meta de 2015 de toda la flota de 6.9 L/100km de China, incluso si el fabricante cumple su objetivo individual CAFC, según lo determinado por su promedio corporativo de flota.
- MIIT prohibirá la producción (al no procesar la solicitud de certificado de homologación) de los nuevos modelos que no puedan satisfacer sus metas de norma basadas en el peso de la Fase 3 en el siguiente año, si un fabricante no logró su objetivo de CAFC para el año en curso.
- Los fabricantes que no cumplan con sus objetivos anuales específicos del CAFC estarán obligados a presentar un plan de mejora factible a la agencia reguladora, especificando los pasos detallados que tomarán para entrar en cumplimiento, incluyendo detener la producción de modelos que excedan la Fase 3 basada en el peso.
- Las Empresas Manufactureras Originales (OEM) deben recalcular su CAFC después de contabilizar las ventas esperadas de una propuesta de ampliación de planta o una nueva planta. El MIIT no aprobará la construcción de una nueva planta o ampliación de una planta de OEM existentes si el CAFC recalculado no cumple con los objetivos de la OEM.

- La norma China permite una limitada agrupación de fabricantes con el fin de cumplir los objetivos del CAFC. Los fabricantes de automóviles dentro de un grupo chino de automóviles (First Auto Works, SAIC Motor, etc.) pueden unirse si la agrupación tiene un control "real y absoluto" sobre cada uno de los fabricantes individuales. Sin embargo, la propuesta no define lo que significa "control real y absoluto", por lo que los fabricantes pueden tomar ventaja de esta ambigüedad y reducir la carga de su cumplimiento usando la fusión con sus fabricantes "hermanos" en lugar de realmente mejorar la eficiencia de combustible de la flota.
- Debido a la falta de autoridades legislativas en China, la agencia reguladora no puede imponer sanciones fiscales a los fabricantes que no cumplan. Esto convierte a China en el único mercado importante de automóviles en todo el mundo sólo con sanciones NO fiscales bajo las regulaciones de eficiencia de combustible de vehículos

2.2.2 Unión Europea

Con una producción mayor a 17 millones de vehículos al año (19 % a nivel mundial), la Unión Europea es el segundo mayor productor mundial de automóviles. A mediados de la década de 1990 y en línea con sus compromisos bajo el Protocolo de Kioto, buscaron la opción de regular las emisiones de CO₂ de la flota de vehículos ligeros.

En 1998 la Comisión Europea firmó un acuerdo voluntario⁶. Este acuerdo comprometía a cada armadora cumplir con un objetivo de 140 gCO₂/km en 2009. Si bien los primeros años del compromiso se lograron los objetivos, a partir de 2004 los fabricantes dejaron de cumplir. A partir del 2009, el Parlamento Europeo adoptó estándares obligatorios basados en el ciclo de prueba europeo NEDC.

Vehículos de pasajeros

- En diciembre de 2009, el Parlamento Europeo adoptó un estándar obligatorio, cuyo objetivo promedio para la flota era de 130 g CO₂/km para 2015.
- El estándar establece el objetivo para cada vehículo y posteriormente para cada fabricante, basado en el peso bruto vehicular (PBV en kg). El parámetro es el PBV promedio de la flota (1372 kg). Los vehículos más ligeros tendrán metas de CO₂

⁶ El acuerdo se estableció con la Asociación Europea (ACEA), Asociación Japonesa (JAMA) y la Asociación de fabricantes de automóviles de Corea (KAMA) (Transport Policy).

más estrictas y los pesados tendrán metas más laxas, aplicando un factor de 4.57 g CO₂/km por cada 100 kg, menores o adicionales al promedio.

- A principios de 2014, se actualizaron las metas a largo plazo: 95gCO₂/km del 95% de las ventas al 2020 y el 100% a finales de 2020 en adelante. El peso del vehículo permanece como el parámetro subyacente pero el factor utilizado se actualiza a 3.33 g/km de CO₂.
- Para el 2025 el parlamento Europeo ha propuesto un rango indicativo entre 68-78 gCO₂/km.

Este estándar incluye incentivos adicionales y otras flexibilidades:

- Súper créditos: Aquellos vehículos de bajas emisiones (50 g CO₂/km o menos) se les asigna un mayor peso en el cálculo. El límite se fija en un máximo de 7.5 g CO₂/km para el periodo 2020-2022.
- Las emisiones de aquellos vehículos que utilicen una mezcla de gasolina con 85% etanol (E85) serán reducidas en 5% a finales del año 2015⁷.
- Eco- innovación: Créditos por tecnologías que reduzcan las emisiones de CO₂ que no se incluyen dentro del ciclo de prueba actual (NEDC). La contribución máxima está limitada a 7gCO₂/km en cada una de las metas.
- Para las metas del 2020, se planea un nuevo ciclo de prueba WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures, por sus siglas en ingles).

Sanciones:

- Entre 2012 y 2018 se pagarán 5 euros por vehículo por el primer gCO₂/km y va aumentando gradualmente hasta llegar a 95€ a partir del cuarto gramo adicional. A partir de 2019 se pagaran los 95 € por cada gramo que exceda el objetivo.

Camionetas ligeras

En mayo de 2011, el Parlamento Europeo adoptó el Reglamento (UE) 510/2011, con el objetivo de regular las emisiones de CO₂ de los vehículos comerciales ligeros (LCV) por primera vez.

- La meta se fijó en 175 gCO₂/km y se irá introduciendo de manera gradual entre 2014- 2016. Al largo plazo y después de ciertos ajustes⁸, se estableció una meta al

⁷ Esta reducción aplica únicamente en donde por lo menos 30% de las estaciones en el estado provean de E85.

⁸ El objetivo inicial era de 135 gCO₂/km para el 2020 y se desfasa un año el objetivo a corto plazo. (ahora 2017 en lugar de 2016).

2020 de 147 gCO₂/ km.

- La estructura de la legislación es similar a la regulación de los vehículos de pasajeros basada en el PBV.
- Los incentivos adicionales son similares a los de vehículos de pasajeros, pero adaptados a los años correspondientes de cumplimiento para esta categoría.

Resultados:

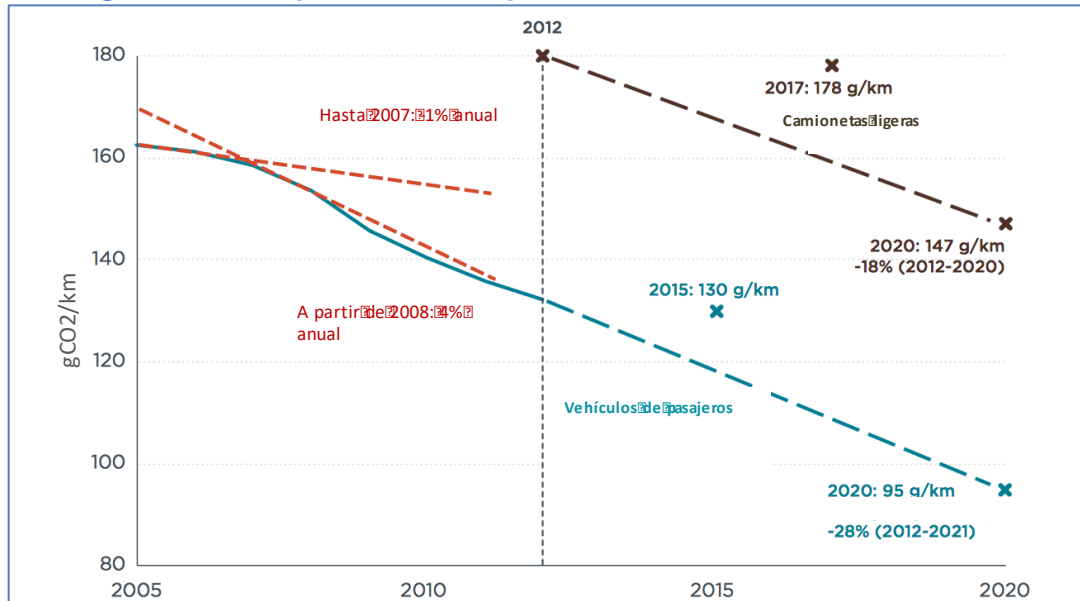
Para los vehículos de pasajeros, las emisiones promedio de CO₂ en 2012 fueron de 132 g CO₂/km, 2 por ciento menores que en 2011 y muy cercano a la meta del 2015 (130 g CO₂/km). Un reporte publicado por el ICCT con base en datos provisionales publicados recientemente por la agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), se demuestra que todos los fabricantes lograron sus objetivos de 2015 en 2014, con un promedio de emisiones de 123.3 g CO₂/km.

Para las camionetas ligeras, las emisiones promedio de CO₂ en el año 2012 fueron de 180 g CO₂/km, muy cerca de su objetivo en 2017⁹. Para 2020, la meta es 147 gCO₂/km, con una reducción requerida entre 2017 y 2020 de 16 por ciento. La mayoría de los principales fabricantes ya están sobre el cumplimiento de su objetivo (Ver Anexo1).

El nivel promedio de emisiones disminuyó de 160 gCO₂/km en 2006 a 132 gCO₂/km en 2012, una disminución del 17%. Antes de 2008, la tasa de reducción promedio anual para vehículos de pasajeros había sido alrededor del 1 por ciento, pero aumentó a alrededor del 4 por ciento con la sustitución de un esquema voluntario a uno obligatorio (Ver Figura 4.)

⁹ La regulación asumió un PBV 1,706 kg para 2017, siendo el promedio actual 1,834 kg. Realizando los cálculos con el peso actual, la meta requerida sería de 187gCO₂/km. Esto significa que todos los fabricantes ya estarían cumpliendo con su meta de 2017, en 2012.

Figura 4 Desempeño histórico y futuro de las emisiones de CO₂/km



Fuente: ICCT, 2015

2.2.3 Estados Unidos de Norteamérica

Estados Unidos fue el primer país en establecer estándares de rendimiento de combustible después de la crisis del petróleo de 1970. En 1975, se estableció el programa de Rendimiento de Combustible Promedio por Corporativo (CAFE, por sus siglas en inglés) en millas por galón (mpg). Este estándar permaneció fijo en 27.5 mpg (11.5 Km/l) entre 1985 y 2007 y provocó que los EUA quedara rezagado en los niveles de rendimiento a nivel mundial.

En 1980 adoptó el impuesto "Gas-guzzler" para vehículos de pasajeros que no pudieran alcanzar un mínimo de 15 mpg (6.3 Km/l), incrementado a 22.5 (9.4 Km/l) en 1990. Es importante mencionar que las camionetas ligeras eran exentadas del impuesto. Las primeras actualizaciones para camionetas ligeras fueron hasta 2003, para años modelos 2005-2007 para cumplir con una meta de 22.2 mpg (9.3 Km/l) en 2007.

Adicionalmente al estancamiento de los estándares, la composición de la flota contribuyó en gran medida al bajo progreso en el rendimiento. La flota americana es una de las más grandes a nivel mundial, tendencia que contribuyó a un decrecimiento

del 7% en el rendimiento entre 1988 y 2004. A partir de 2005 se iniciaron cambios graduales, hasta adoptar en el año 2009 estándares competitivos.

- Para el periodo 2008- 2010, el estándar de vehículos de pasajeros continuo igual en 27.5 mpg (11.2 Km/l).
- Para camionetas ligeras pasó de 22.5 mpg (9.45 Km/l) en 2008 a 23.5 mpg (9.8 Km/l) en 2010.

Estándar 2012-2016 CAFE/GEI

En 2009 el esquema se extendió para incluir límites de GEI para los años modelo 2012-2016¹⁰:

- La reducción promedio fue de 337 g CO₂/milla (209.4 g CO₂/km) en 2009 a 250 g CO₂/milla (115 gCO₂/km) para 2016, un reducción del 26%.
- Para el rendimiento de combustible se estableció una reducción de 29%, pasando de 26.4 mpg (11 Km/l) en 2009 a 34.1 mpg (14.3 Km/l) en 2016.

2017-2025 CAFE/GEI

En 2012, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Administración Nacional de Tráfico y Seguridad Carretera (NHTSA, por sus siglas en inglés) emitieron una regulación conjunta para ampliar el Programa Nacional de Normas Armonizadas de GEI y consumo de combustible, respectivamente, para 2017-2025.

- El estándar de GEI fue de 250 g CO₂/mi (155 gCO₂/km) en 2016 a 163 gCO₂/mi (101 gCO₂/km) para 2025, un reducción del 35%.
- Para el rendimiento de combustible se estableció una reducción de 45%, pasando de 34.1 mpg (14.4 Km/l) en 2016 a 49.6 mpg (20.8 Km/l) en 2025.
- Como parte de la regulación, EPA, en coordinación con el California Air Resources Board y NHTSA, están evaluando las metas establecidas para el periodo 2022-2025.

Elementos clave de la regulación:

- La autoridad federal que regula los estándares CAFE es NHTSA, bajo estándares de consumo de combustible medido en millas por galón con el ciclo de prueba FTP75

¹⁰ Estos estándares se imponen a nivel nacional, sin embargo California estableció sus propios estándares de CO₂.

- La EPA regula las emisiones de gases de efecto invernadero. Para las emisiones de CO₂ se utiliza el ciclo de prueba FTP 75 (Federal Test Procedure) y existen disposiciones adicionales para las emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC) por sistemas de aire acondicionado y límites de emisión para el óxido nitroso (N₂O) y el metano (CH₄).
- Bajo este estándar, cada vehículo tiene su meta en relación a su sombra (definida como el área entre las cuatro ruedas del vehículo en pies cuadrados), diferenciado por categorías de vehículos y camionetas. El cumplimiento se logra por corporativo mediante un promedio ponderado por ventas.
- Bajo este estándar, los vehículos más pequeños están sujetos a metas más estrictas, mientras que una camioneta tiene una meta de CO₂ superior.
- Debido a que hay dos categorías y los estándares se basan en los atributos de la sombra de cada vehículo mediante un promedio ponderado, el resultado de las emisiones GEI y rendimiento de combustible exacto es incierto ya que está sujeto a las características de las ventas en los años futuros.

Ambas regulaciones proveen de incentivos para el cumplimiento y se han ido actualizando a la par con los estándares. Estos incentivos son incorporados mediante el uso de créditos:

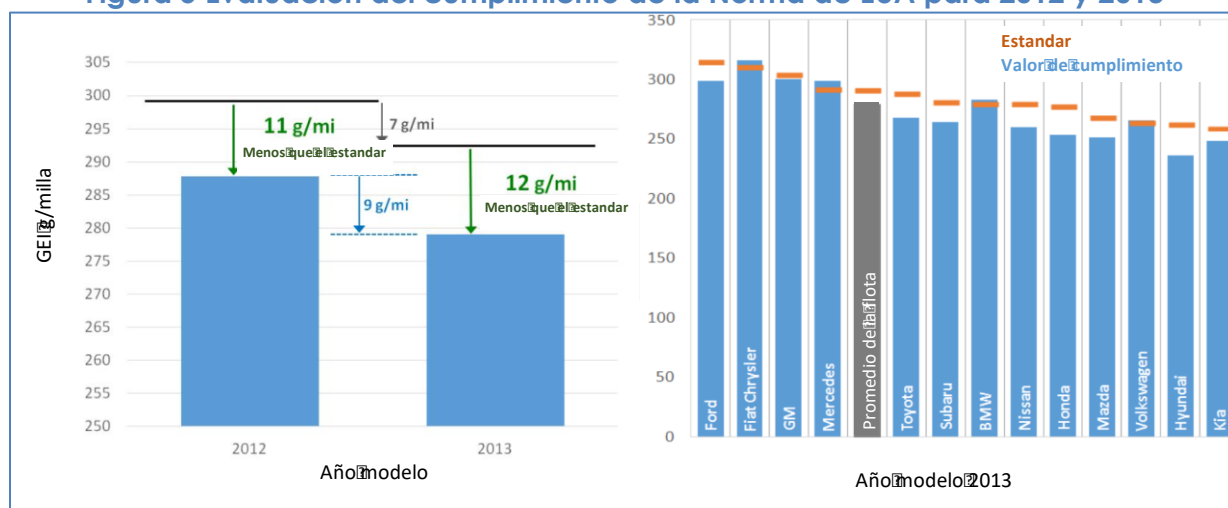
- EPA establece créditos a los sistemas de aire acondicionado (A/C), en donde la mayor parte corresponden al uso de refrigerantes con un potencial de calentamiento global inferior que no están incluidos en las pruebas de CO₂. Los créditos restantes se aplicarán a tecnologías que mejoran la eficiencia. El uso de los créditos por refrigerantes es la diferencia principal entre el estándar de EPA y CAFE.
- Vehículos de combustible flexible (FFV): Créditos para vehículos que funcionan con un 85% de etanol y el 15% gasolina.
- Tecnologías avanzadas: EPA propone un multiplicador como incentivo para vehículos eléctricos (EV), híbridos-eléctricos (PHEV) y de pilas de combustible (FCV).
- Tecnologías "fuera de ciclo": Créditos representados por un subconjunto de tecnologías beneficiosas fuera del ciclo de prueba. Esta lista incluye al menos seis tecnologías definidas y queda limitado a 10 gCO₂/m (6.2 gCO₂/km)
- Tecnologías "Game changers" para camionetas ligeras: Por emplear volúmenes de ventas significativas de tecnologías híbridas, el crédito podría ser del orden de 10 a 20 gCO₂/m (12.2 gCO₂/km) por vehículo.

Únicamente los créditos de AC y las tecnologías fuera de ciclo reflejan una reducción de emisiones en el mundo real ya que no están incluidos en los ciclos de prueba. Los créditos adicionales representan una reducción a la exigencia de los estándares como incentivo a los fabricantes.

Resultados

De acuerdo al Reporte de cumplimiento de las armadoras de los estándares de GEI publicado por la EPA, por segundo año consecutivo, la industria automotriz ha superado los estándares de emisiones por un amplio margen. El cumplimiento de la flota promedio en 2013 fue de 12 g/m o 1.4 millas por galón (7g/km o 0.6 Km/l) - mejor que el requerido por la norma en este año.

Figura 5 Evaluación del cumplimiento de la Norma de EUA para 2012 y 2013



Fuente: EPA (2015)

La mayoría de los fabricantes (que representan más del 99% de las ventas) cumplieron con los estándares para 2012 y 2013. Los fabricantes están utilizando las flexibilidades integradas en la norma, como la mejora de los sistemas de aire acondicionado y el uso de la ponderación por ventas de la flota. Estas flexibilidades han aumentado la elección del consumidor, impulsado la innovación tecnológica y disminuido los costos de cumplimiento a la vez que proporcionan una forma más costo-eficiente sobre cómo y cuándo hacer reducciones (Ver anexo 1).

2.2.4 Japón

Japón ha tenido históricamente la flota de vehículos ligeros más eficiente en rendimiento de combustible del mundo. En 2008 el nivel medio de emisiones de CO₂ de los vehículos de pasajeros fue de 141 gCO₂/km, un 8% menor a la Unión Europea. Sin embargo, en 2010 el sector de transporte por carretera de Japón todavía representaba el 18% de las emisiones de CO₂ totales del país, lo que fue la quinta más alta del mundo. Históricamente, las normas de economía de combustible de Japón han sido rigurosas en comparación con otros países, pero los objetivos para 2020 son menos agresivos que los de Estados Unidos y la UE.

La Ley sobre el Uso Racional de la Energía (Ley de Conservación de la Energía) establece las bases para la reglamentación de rendimiento de combustible de Japón. Aprobada en 1979 y posteriormente revisada, la ley autoriza al Ministerio de Comercio Internacional e Industria (MITI) establecer las normas de economía de combustible para los vehículos de gasolina y diésel de pasajeros.

En 1999, revisiones a la Sección 6 de la Ley estableció el programa "Top Runner", un sistema de eficiencia energética aplicable a los automóviles y ciertos tipos de maquinaria, bajo la autoridad del Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI). El Programa "Top Runner" para vehículos de pasajeros (clasificado como coches con una capacidad de 10 pasajeros o menos) identifica el automóvil más eficiente en rendimiento de combustible en cada categoría de peso y lo designa el "Top Runner". Las metas de consumo de combustible se establecen a continuación, en el nivel del "Top Runner". Se requiere que todos los demás vehículos superen las metas para su categoría de peso dentro de tres a diez años. El Programa "Top Runner" de 1999 estableció un objetivo promedio de la flota de aproximadamente 15.1 Km/l para 2010, y en 2007 un objetivo de 16.8 Km/l para 2015. Recientemente, el Gobierno Japonés emitió normas para 2020 que fijó el objetivo el ahorro de combustible en 20.3 kilómetros/l.

La eficacia de las normas se ve reforzada por incentivos financieros, tales como los impuestos progresivos que gravan el peso del vehículo y el desplazamiento del motor para promover la compra de vehículos más ligeros. Los vehículos que superan las normas de economía de combustible y las normas de emisión pueden ser también elegibles para reducciones adicionales en el impuesto de vehículos. Un sistema de etiquetado en el lugar de venta permite a los clientes identificar los vehículos que superan los estándares.

Los objetivos de rendimiento de combustible son expresados en kilómetros por litro de combustible (Km/l) y se basan en el peso en vacío. Los corporativos deben garantizar que en cada año fiscal, el consumo promedio de combustible de sus vehículos en cada una de sus categorías de peso cumple la norma. Existen flexibilidades que permiten a los fabricantes acumular créditos en una categoría de peso para su uso en otro. Si bien los objetivos de ahorro de combustible son obligatorios, las sanciones por falta en los objetivos son mínimas.

De cumplirse las metas del 2020, el rendimiento de combustible promedio de la flota se estima se encuentre en 20.3 Km/l para los vehículos de pasajeros, un aumento 19.6% sobre el rendimiento de los vehículo año modelo 2015 de 17.0 Km/l.

2.2.5 Brasil

En octubre de 2012, el Gobierno Brasileño aprobó por decreto un nuevo programa de estímulos para la innovación tecnológica vehicular. El programa llamado Innovar-Auto fomenta la competitividad de la industria mediante el fomento de los fabricantes de automóviles a producir vehículos más eficientes, más seguros y de tecnología avanzada, al mismo tiempo que asegura la inversión en la industria automotriz Brasileña.

Innovar-Auto proporciona estos incentivos de dos maneras. Primero, aumenta un impuesto sobre productos industrializados (IPI) en un 30% para todos los vehículos ligeros (LDVs) y vehículos comerciales ligeros. En segundo lugar, impone una serie de requisitos para los fabricantes de automóviles para calificar para un máximo de 30% de descuento en el IPI. En otras palabras, los impuestos IPI se mantendrán sin cambios para aquellos fabricantes que cumplan con los requisitos, incentivando así las inversiones en eficiencia de los vehículos, la producción nacional, la investigación y el desarrollo y tecnología automotriz. El programa se limita a los vehículos fabricados entre 2013 y 2017, tras lo cual las tasas IPI vuelven a los niveles anteriores a 2013 a menos que se hagan modificaciones en el decreto.

Las tasas del IPI para vehículos ligeros dependen de la cilindrada y el tipo de combustible, lo que ilustra los incentivos de largo plazo de Brasil hacia motores más pequeños como se muestra en la siguiente tabla 3.

Tabla 5 Tasas IPI (Producción nacional)

Desplazamiento de motor (L)	IPI antes de 2012	Nuevo IPI
Menos de 1L	7%	37%
1-2L Flex/Ethanol	11%	41%
1-2L Gasolina	13%	43%
Más de 2L	25%	55%

Fuente: International Council on Clean Transportation (ICCT, 2014)

Debido a que los fabricantes de automóviles deben cumplir con un objetivo mínimo en el promedio corporativo de eficiencia vehicular para calificar al descuento del 30% en los impuestos IPI, Inovar-Auto podría resultar en mejoras en la eficiencia de los vehículos ligeros nuevos de al menos un 12% entre 2012 y 2017, en el supuesto de que el programa está bien implementado, y la aplicación y el cumplimiento es efectivo. Los corporativos también pueden calificar a un 2% de descuento adicional sobre los impuestos IPI mediante el cumplimiento de objetivos de eficiencia más agresivos (hasta 19% de mejora sobre los niveles de 2012). En 2030, Inovar-Auto podría reducir las emisiones de GEI de vehículos ligeros en Brasil entre el 10% y el 15%, suponiendo un caso moderado (mejora del 12%) y un caso agresivo (mejora del 19%) (Ver Anexo1).

Bajo el nuevo programa, los fabricantes tendrán que cumplir con un promedio corporativo objetivo de eficiencia vehicular para calificar para un máximo de 30% de descuento en el IPI. Además, los fabricantes tendrán que llevar a cabo un cierto número de procesos de manufactura en Brasil, y escoger al menos 2 de 3 pre-requisitos para calificar para el programa: 1) inversión en investigación y desarrollo; 2) invertir en ingeniería, tecnología industrial y capacitación a proveedores y; 3) la participación en el sistema de etiquetado de vehículos. Los fabricantes de automóviles pueden calificar para un descuento adicional del 1-2% en el IPI mediante el cumplimiento de los objetivos de eficiencia vehículo promedio corporativas más estrictas.

2.2.6 Canadá

Con 20 millones de automóviles en circulación, Canadá promedia más de un vehículo por cada dos personas. En 2009, el transporte por carretera representó el 19 por ciento de sus emisiones GEI totales; de las cuales tan solo los vehículos de pasajeros y

camionetas ligeras representaron el 12 por ciento. Canadá reguló sus metas de consumo de combustible de forma voluntaria hasta 2007, cuando las nuevas regulaciones obligatorias aumentaron la rigurosidad de su estándar.

En octubre de 2010 Canadá publicó su regulación para limitar las emisiones GEI producidas por automóviles y camionetas año modelo 2011 a 2016. Los estándares adoptaron una estructura basada en la sombra de los vehículos. El Gobierno Canadiense prevé que el rendimiento promedio de las emisiones de GEI del 2016 de la flota canadiense de automóviles y camiones ligeros nuevos correspondería a un nivel promedio de 153 g CO₂/ km. Esto representa una reducción aproximada del 20% en comparación con la flota de vehículos nuevos que se vendieron en Canadá en 2007. Las reglas finales del Acta de Consumo de Combustible de Vehículos Automotores (MVFCSA por sus siglas en inglés) se publicaron como el Reglamento de Emisiones de Gases Efecto Invernadero de 2010 para vehículos de pasajeros y camionetas ligeras.

El 8 de diciembre de 2012, la Agencia de Medioambiente de Canadá (Environment Canada) propuso que se modificara el reglamento de emisiones GEI para vehículos de pasajeros y camionetas ligeras año modelo 2017 a 2025 en alineación con los nuevos estándares estadounidenses. El Reglamento propuesto se adoptó en septiembre de 2014 y establece progresivamente metas anuales más estrictas sobre el promedio de la flota de emisiones de GEI para los años modelo 2017 a 2025 (para conocer el rendimiento de combustible histórico y metas futuras de vehículos de pasajeros y camionetas ligeras (ver anexo 1).

2.2.7 Corea del Sur

Corea del Sur es el quinto mayor fabricante de automóviles en el mundo y el séptimo mayor emisor de emisiones de CO₂. Los vehículos son una de las mayores fuentes de sus emisiones y generan aproximadamente el 21% de los contaminantes locales y el 13% de GEI. En 2005 Corea del Sur anunció sus primeras normas de economía de combustible obligatorias. El programa de economía de combustible promedio (AFE) establecía objetivos de rendimiento de 12.4 Km/l para los vehículos con una cilindrada de 1.500 centímetros cúbicos (cc) o menos, y 9.6 Km/l para los vehículos con una cilindrada de más de 1.500 cc. Los fabricantes de automóviles estaban obligados a cumplir con los objetivos para el año 2006 para los vehículos nacionales y en 2009 para los vehículos importados.

En 2009, Corea del Sur anunció el Plan Quinquenal de Crecimiento Verde, que exige que todos los vehículos nuevos cumplan con un objetivo en el ahorro de combustible y emisiones de GEI de 17.0 km/l o 140 g de CO₂/km para el año modelo 2015. El Plan Quinquenal para el Crecimiento Verde no menciona las normas para camionetas ligeras. La legislación se implementa gradualmente durante un período de cuatro años desde 2012 hasta 2015: 30% de los automóviles vendidos por fabricantes de automóviles deben cumplir con los objetivos para el año 2012, 60% en 2013, 80% en 2014 y 100% para el año 2015.

En septiembre de 2014, el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Comercio, Industria y Energía adoptaron la Regulación de Emisiones Promedio de GEI y de Economía de Combustible para vehículos ligeros año modelo 2020. La norma 2020 requiere que los vehículos ligeros cumplan un objetivo de rendimiento de combustible de 24.3 Km/l o 97 g CO₂/ km para vehículos de pasajeros y un objetivo 15.6 Km/l o 166 gr CO₂/km para camionetas ligeras. A partir de 2013, la tasa media de emisiones de GEI de Corea del Sur para los vehículos nuevos de pasajeros fue 140.8 g CO₂/km; para las camionetas ligeras nuevas la emisión promedio fue de 195.7 g CO₂/ km. En comparación con 2013 las metas para 2020 de emisiones de GEI son equivalentes a una reducción de 31.1% para los vehículos de pasajeros y una reducción del 15.2% para las camionetas ligeras.

Tabla 6 Metas de Corea del Sur para el periodo 2006-2020

	2006-2011	2012-2015	2016-2020
Estructura	Basado en desplazamiento	Basado en Peso	Basado en peso
Alcance	Vehículos de pasajeros	Vehículos de pasajeros	Vehículos de pasajeros y camionetas ligeras
Gradualidad		100% 2015	100% en 2020
Rendimiento de combustible Emisiones de GEI	≤ 1500 cc: 12.1 Km/l (193 g CO ₂ /km) > 1500 cc: 9.4 Km/l (249.3 g CO ₂ /km)	16.7 Km/l (140 g CO ₂ /km)	Vehículos de pasajeros: 24.1 Km/l (97 g CO ₂ /km) Camionetas ligeras: 14.1 Km/l (166 g CO ₂ /km)

Fuente: International Council on Clean Transportation (ICCT, 2015)

2.3 Estado actual del sector transporte en México

El sector transporte es el mayor emisor de GEI en México. De acuerdo al INECC, en 2013 las emisiones totales del sector ascendieron a 148 MtCO₂e de GEI y 38 mil toneladas de carbono negro (CN), que provienen de vehículos automotores, ferrocarriles, embarcaciones y aviones. El 99% de estos modos de transporte se abastecen con derivados del petróleo y representa 44% del consumo energético total nacional, del cual el 92% corresponde al autotransporte. Las emisiones del autotransporte provienen de los vehículos automotores a diésel y a gasolina y que contribuyeron en 2013 con 144 MtCO₂e de GEI y 23 mil toneladas de CN, que equivalen al 22% del total de emisiones del país.

En la última década la flota vehicular ha crecido al 6% anual y de mantenerse esta tasa, el número de vehículos en circulación será de 45 millones en 2030, pasando la tasa de motorización de 205 a 328 vehículos por cada mil habitantes, un crecimiento del 60%. La mayor parte de los vehículos que circulan en el país, son vehículos a gasolina (97%). Estos vehículos emitieron en 2013, 101 MtCO₂e, lo que representa un 15 % del total de las emisiones del país. Respecto a los vehículos a diésel, aunque esta flota solo representa 3% de la flota total nacional, en 2013 emitió 43 MtCO₂e lo que representó el 7% de las emisiones de GEI del país. Las altas emisiones de los vehículos a diésel se relacionan con sus grandes recorridos, bajo rendimiento y a su obsolescencia tecnológica, que incrementa importantemente las emisiones de carbono negro de estas fuentes.

A menos de que se tomen las medidas necesarias para revertir las tendencias de crecimiento actuales, se modifiquen las tecnologías vehiculares y se optimice el transporte disminuyendo las distancias recorridas en vehículos de combustión interna, el transporte automotor continuará siendo una de las principales fuentes emisoras de GEI. Lo anterior provocará que sus emisiones aumenten en 44% en 2030 respecto a 2013 (INECC, 2015).

2.4 La regulación de vehículos ligeros en México

Como fue descrito en la pasada sección de experiencias internacionales, Estados Unidos y Canadá, han regulado la eficiencia energética de sus flotas desde 1976. México inició con este tipo de políticas en 1980. Una de las políticas regulatorias implementadas fue el decreto presidencial del Promedio de Rendimiento Mínimo de

Combustible por Empresa (PREMCE). El PREMCE consistía en pedir a cada comercializadora de vehículos un promedio mínimo de rendimiento de combustible para cada año-modelo de los vehículos que se vendieran dentro del periodo 1982-1990. Los objetivos se encontraban homologados con el estándar de Estados Unidos (CAFE). Sin embargo no se cuenta con registros o información respecto a su implementación o evaluación del impacto que haya tenido mientras estuvo vigente. Después de su periodo de aplicación no hubo una renovación de dicho decreto.

La evolución de las emisiones de GEI y el rendimiento de combustible de México se ha registrado de manera sistemática y metodológicamente consistente desde 2008 a 2011 (Islas, Fernández e Inclán, 2012) y para este trabajo se ha continuado con este ejercicio para los años modelo 2012, 2013 y 2014. De esta manera se puede dar un seguimiento continuo del rendimiento y las emisiones de las flotas de vehículos ligeros nuevos desde los años sin regulación hasta los primeros años voluntarios de la norma en 2012 y 2103 y el primer año normativo en 2014. Esto permite tener una visión respecto de la evolución energética y de emisiones de CO₂ de las flotas nuevas comercializadas en nuestro país. La siguiente tabla muestra los indicadores anuales de rendimiento y emisiones así como algunas características técnicas de las flotas.

Tabla 7 Evolución del rendimiento y las emisiones de la flota de vehículos nuevos 2008-2014 (ciclo CAFE) en México

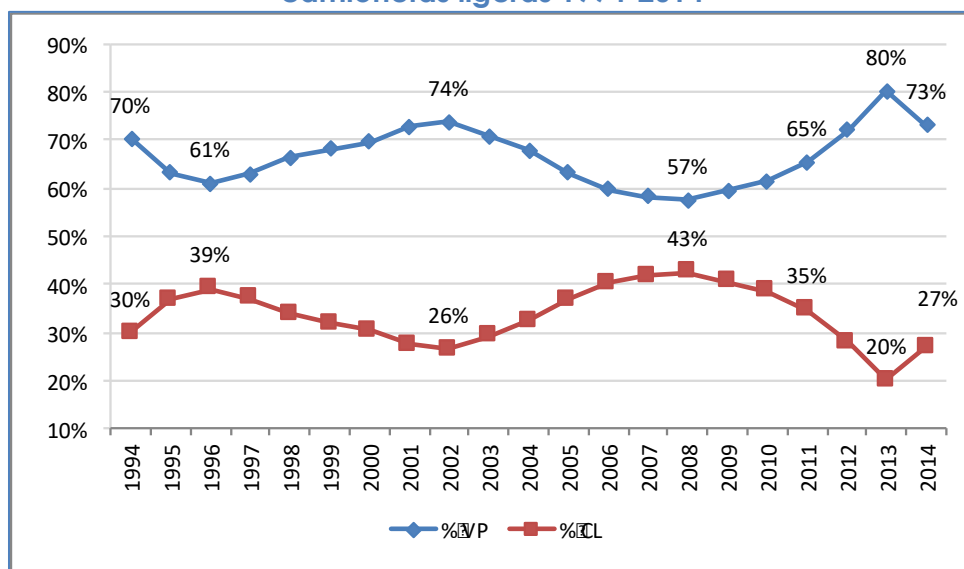
Características	Variable	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Emisiones	gCO ₂ /km	198	196	189	180	176	166	169
Rendimiento de combustible	Km/l	11.82	11.96	12.46	13.09	13.4	14.16	13.8

Fuente: elaboración propia a partir de datos disponibles

Se puede observar por la tabla 7 que existe una tendencia de reducción en las emisiones de CO₂ de las flotas. Este comportamiento en emisiones y rendimiento de combustible puede estar asociado a varios factores como el precio de los combustibles, cambios en preferencias de los consumidores, estrategias de ventas, nuevas tecnologías, normas en otros mercados foráneos, etc. Una variable que tiene un impacto mayor en las emisiones promedio de la flota es la composición de las ventas anuales de vehículos de pasajeros (VP) y camionetas ligeras (CL). La proporción de ventas de camionetas ligeras ha venido reduciéndose pasando de 41% en 2008 a 26.9%

en 2014. En la figura 6 se puede observar el comportamiento de la composición de ventas en el tiempo.

Figura 6 Composición de ventas para la categoría de vehículos ligeros y de camionetas ligeras 1994-2014



Fuente: elaboración propia

2.4.1 La norma de emisiones de CO₂ y eficiencia energética NOM-163

En junio de 2013, el gobierno mexicano publicó la NOM-163 que regula las emisiones de CO₂ emitidas por el escape y su equivalencia en rendimiento de combustible de los vehículos ligeros nuevos de peso bruto vehicular de menos de 3 857 kg (con excepción de aquellos fabricantes que venden menos de 500 vehículos en total por año modelo), lo que incluye vehículos de pasajeros y camionetas ligeras. La aplicación de la norma comprende un periodo que abarca los vehículos año-modelo 2014 hasta el año-modelo 2016. Los fabricantes de automóviles pueden hacer uso de créditos generados por cumplimiento temprano para los vehículos año modelo 2012 y 2013¹¹. Además de estos créditos por cumplimiento voluntario, la norma contempla la generación y uso de una serie de créditos ligados a la oferta de tecnologías altamente eficientes, entrega de información respecto a planes de mejoras al aire acondicionado y en general a la penetración de tecnologías que reduzcan las emisiones. Se esperaba que en un escenario en donde la flota mantuviera la sombra promedio ponderada por ventas de

¹¹ El promedio de los créditos generados en estos dos años además se multiplican por 1.5.

la flota del año calendario 2010, y teniendo en cuenta todos los créditos generados, la norma alcanzaría una meta aproximada de rendimiento de combustible de 14.9 Km/l (o 157.56 g CO₂/km) en el año 2016.

La NOM-163 regula las emisiones de CO₂ en gramos por kilómetro (g CO₂/km) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible expresada en kilómetros por litro (Km/l). El estándar utiliza la sombra (definida como el área entre las cuatro ruedas del vehículo medida en m²) y los parámetros de las ecuaciones basadas en la regulación CAFE de la Administración Nacional de Seguridad de Tráfico en Carreteras (NHTSA) de los Estados Unidos, que proporcionan las metas para año-modelo 2012 al 2016. La norma requiere que los corporativos de automóviles cumplan con una meta anual promedio ponderada por ventas para su flotas año modelo 2014 a 2016.

La norma define metas de cumplimiento separadas para VP y CL que se promedian para obtener el promedio ponderado corporativo meta. Una característica particular de la norma mexicana es la reducción en los parámetros de 1% para VP y 2% para CL basados en argumentos de la industria automotriz por impactos en el rendimiento debido a la altitud y la orografía a la cual tienen que circular los vehículos en México.

Los beneficios estimados de la NOM-163 se establecieron en función del rendimiento observado del año base 2010. Se asumió que sin la publicación de la norma el rendimiento de la flota no hubiera cambiado, por lo que se generó una línea base sin cambios en 190.55 g CO₂/km (12.32 Km/l). Con base en las características de sombra de la flota 2010 se evaluaron los parámetros de la curvas del estándar CAFE (con los cambios ya descritos) y se obtuvieron metas indicativas para el periodo 2012 a 2016 como se muestra en la siguiente tabla 8.

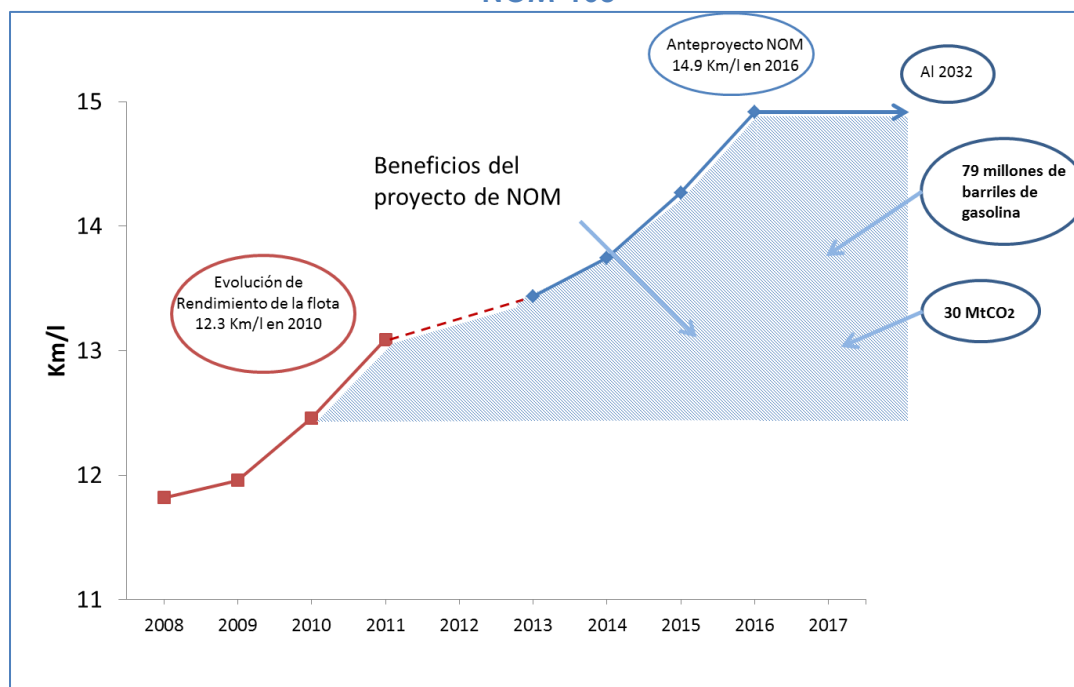
Tabla 8 Emisiones y rendimiento de combustible para los escenarios con y sin norma

Año modelo	Escenario sin norma*	Escenario con norma
2013	190.5 g CO ₂ /km (12.3 Km/l)	175.2 g CO ₂ /km (13.4 Km/l)
2014	190.5 g CO ₂ /km (12.3 Km/l)	170.7 g CO ₂ /km (13.75 Km/l)
2015	190.5 g CO ₂ /km (12.3 Km/l)	164.5 g CO ₂ /km (14.27 Km/l)
2016	190.5 g CO ₂ /km (12.3 Km/l)	157.5 g CO ₂ /km (14.92 Km/l)
* Rendimiento correspondiente a los vehículos año modelo 2010		

Fuente: Dictamen total con Efectos de Final del Anteproyecto de NOM163 (COFEMER, 2013)

Con este escenario se evaluaron los beneficios de la norma. La SEMARNAT presentó dos escenarios. El primero con un impacto temporal, en donde se asumía que al término de la norma las flotas regresaban a las emisiones de antes de implementarse. Es decir, evaluaba sólo las flotas reguladas. El otro escenario era con impacto permanente, en donde se asumía que las emisiones de la flota se mantenían después del término de la norma. Los dos escenarios se evaluaban para un periodo de 20 años y para toda la vida útil de los vehículos. En el escenario temporal (más adelante se muestran los cálculos del escenario permanente) se generarían ahorros para el país en términos de consumo de gasolina por 79 millones de barriles de gasolina (12,561 millones de litros de gasolina) y 30 MtCO₂. En términos monetarios, el análisis costo beneficio de la norma establecía para este escenario costos por 39,652 millones de pesos y beneficios sociales totales por 156,153 millones de pesos (tomando en cuenta los beneficios monetizados de la reducción de emisiones de CO₂ y los beneficios por impactos positivos en la salud. La razón beneficio-costo final del escenario temporal era entonces de 3.9.

Figura 7 Representación gráfica sobre los beneficios estimados de la publicación de la NOM-163



Fuente: elaboración propia

Armonizada a la regulación CAFE de Estados Unidos, la NOM-163 es la primera norma mexicana en regular promedios ponderados corporativos en base al atributo de sombra ponderada de la flota. Las metas de cumplimiento están ligadas a valores y parámetros que varían en función de esta característica por lo que no existen metas fijas, lo que provee un elemento de flexibilidad para cambiar la sombra de la flota al diversificarse las ventas de los corporativos. Además, la norma contempla un periodo de cumplimiento de 3 años, durante el cual pueden existir compensaciones entre los años por incumplimiento o sobrecumplimiento a manera de créditos y débitos de emisiones, otorgando una flexibilidad más a su cumplimiento. Por último, la NOM-163 otorga créditos en función a la entrega de información sobre comercialización de tecnologías de alto rendimiento y aire acondicionado y concesiones adicionales en los parámetros que no estaban incluidas en el estándar CAFE de Estados Unidos.

La evaluación del cumplimiento e implementación de la NOM-163 es un elemento fundamental que permitirá conocer si la norma ha sido implementada correctamente y si en el periodo normativo hasta ahora transcurrido se ha cumplido con sus objetivos. Para llevar a cabo esta evaluación se requerirá del diseño y análisis de indicadores de gestión y de impacto, lo que permitirá conocer si hubo un cambio de comportamiento en el sujeto regulado con consecuencias en el entorno.

3. Evaluación de eficacia y efectividad de la NOM163

Este capítulo se enfoca a evaluar si la implementación de la norma logró modificar el comportamiento observado tanto de los sujetos regulados, corporativos mexicanos (fabricantes o importadores, que realizan la primera enajenación de un vehículo ligero nuevo en territorio nacional), como de los procedimientos de las autoridades para hacerla cumplir. Para hacer esta evaluación se seguirá la guía de la Evaluación de Instrumentos Normativos de Sector Ambiental publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2011). De acuerdo a esta guía, la pregunta clave para este punto es: ¿qué porcentaje de los sujetos obligados cumplen cabalmente con las obligaciones especificada en la NOM?

Para contestar esta pregunta y realizar la evaluación de efectividad se iniciará por definir el indicador de efectividad asociado a los objetivos específicos de la NOM que nos permita medir los cambios de comportamiento generado o promovido en los sujetos obligados. En el caso de la NOM-163 se busca regular las emisiones de CO₂ emitidas por el escape de los vehículos al circular y que está asociado al rendimiento de combustible del vehículo. Dado que habrá vehículos que circulen más que otros, se tiene que definir un indicador de intensidad que controle por la actividad del vehículo. El indicador de gramos de CO₂ por kilómetro recorrido (g CO₂/km) son las emisiones emitidas por el escape de un vehículo a gasolina o diésel al circular un kilómetro. Este indicador tiene una equivalencia en términos de consumo de combustible y que se puede expresar en términos de litros consumidos por kilómetro (l/km), litros consumidos por cada 100 kilómetros recorridos (l/100km) o kilómetros recorridos por cada litro consumido (Km/l). Entonces, el indicador directo que nos permitirá medir el impacto de la NOM-163 será el de g CO₂/km y su equivalencia en Km/l. Para que todos los vehículos sean medidos de la misma manera y bajo las mismas condiciones de manejo en el mundo existen al menos 3 importantes protocolos de prueba: el americano (CAFE), el europeo (NEDC) y el japonés (JC08), bajo los cuales se miden las emisiones de CO₂ (y de otros contaminantes) de los vehículos. La NOM-163 exige a los corporativos presentar el ciclo de prueba CAFE y que consiste en dos ciclos de prueba, el de ciudad FTP y el de carretera (HFET) y de los cuales se obtienen emisiones combinadas promedio utilizando una ponderación 55%/45% respectivamente.

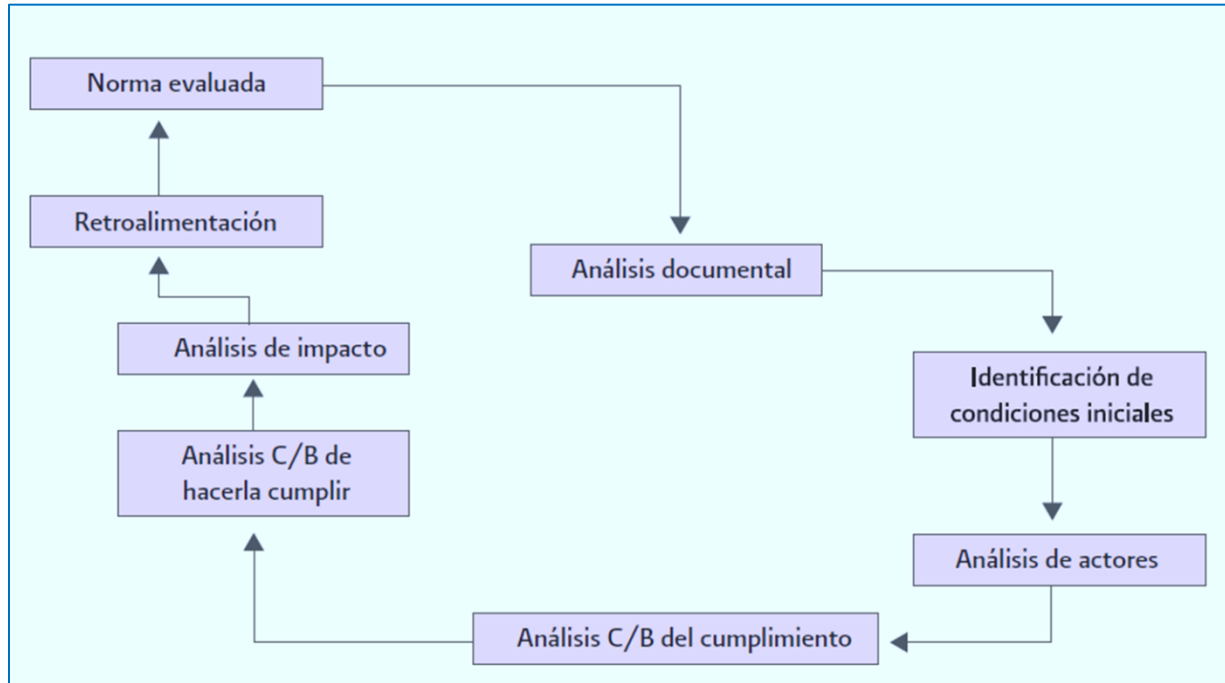
La NOM-163 establece con base en las emisiones individuales de los vehículos medidas en g CO₂/km un promedio corporativo ponderado por ventas como el indicador para evaluar el comportamiento de los sujetos regulados. El cumplimiento de la NOM se

calcula a través de la diferencia entre el promedio corporativo ponderado meta (PCPM) y el promedio corporativo ponderado observado (PCPO). Si el PCPO es mayor al PCPM entonces las emisiones del corporativo están por arriba de lo establecido para el año modelo regulado. Las diferencias se suman para los 3 años y se establece que la suma de las diferencias debe ser positiva para que se dictamine el cumplimiento de la NOM.

El indicador del promedio corporativo ponderado por ventas, expresando en g CO₂/km (Km/l), cuenta con todas las características necesarias en términos de: relevancia, al medir directamente la variable asociada al comportamiento de la flota del corporativo en términos de sus emisiones de CO₂; válido, al medir directamente las emisiones de CO₂ de los vehículos y por ende permite obtener el promedio ponderado de los corporativos que los comercializan; oportuno, pues la medición es directa de laboratorio y se cuenta con las estadísticas de ventas del periodo regulado; factible, puesto que los corporativos realizan estas pruebas de conformidad con las regulaciones de los países y sus propios estándares de calidad; claro, al ser una unidad cuantitativa proveniente de una prueba estandarizada; sintético, al explicar en una unidad el estado de las emisiones del vehículo; comparable, puesto que todos los vehículos son sometidos a la misma prueba; económico, puesto que no representa un costo adicional ya que los corporativos realizan esta prueba para el cumplimiento de otras normas en México y en sus países de origen, además que la prueba permite a las armadoras asegurar un desempeño óptimo de sus modelos y compararse con sus competidores, dando la seguridad a sus consumidores de que cumplen con estándares de calidad, lo que se refleja en beneficios económicos; verificable, puesto que al ser pruebas estandarizadas los vehículos pueden someterse a las mismas sin cambiar su resultado o mantenerse en un rango establecido.

Una vez establecido el indicador de efectividad se puede iniciar el proceso de evaluación establecido por la SEMARNAT de acuerdo al siguiente esquema.

Figura 8 Esquema del proceso de evaluación de instrumentos normativos del sector ambiental



Fuente: SEMARNAT (2011)

a. Análisis documental (eficacia)

Revisión de la vigencia: ¿la NOM contiene parámetros actuales?

Sí, la NOM-163 estableció los parámetros en función de los parámetros de la norma CAFE de los Estados Unidos que regulan las flotas año modelo de 2012 a 2016. En la actualidad estos parámetros siguen vigentes puesto que imponen a las flotas reducciones más exigentes de manera anual. El esfuerzo que busca la NOM-163 es alrededor de un 21% con respecto al año base 2010 por lo que las flotas enfrentan reducciones aproximadas de 4% anuales hasta el fin de la norma para el año-modelo 2016.

Relevancia: ¿la NOM sigue siendo relevante en el contexto actual de la planeación para el desarrollo y las políticas públicas vigentes?

Sí, la actual NOM-163 2014-2016 es una de las acciones más relevantes de mitigación de GEI de México. En términos de mitigación de GEI y de acuerdo a la MIR, la NOM-163 del periodo 2014-2016 mitigaría en el periodo de evaluación 2013-2032, en un escenario en donde la reducción de la emisiones se mantenía permanente para todo el periodo y toda su vida útil, un total de 265 millones de toneladas de CO₂. Por esto, se considera

que la NOM-163 sigue siendo relevante en el contexto de la política ambiental y climática del país.

Contexto legal: ¿existen otros instrumentos regulatorios que dupliquen o contradigan lo especificado en la NOM?

No existe ningún otro instrumento que regule directamente emisiones de CO₂ provenientes del escape de los vehículos ligeros nuevos o su equivalente en términos de consumo de combustible. La NOM-163 fue publicada en conjunto por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Secretaría de Economía. Fue presentada en los tres Comités Consultivos de Normalización: el de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el de Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos y el de Seguridad al Usuario, de Información Comercial, y Prácticas de Comercio, por lo que se aseguró que no hubiera ninguna duplicidad o contradicción en los temas ambientales, energéticos o económicos.

Fundamento legal: ¿las leyes y reglamentos que sustentan la expedición de la NOM siguen siendo vigentes?

Sí, la NOM-163 se sustentó en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que establece la facultad de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para formular y ejecutar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, así como la de regular los niveles máximos permisibles de emisión de gases provenientes de fuentes fijas y móviles. Además, en junio de 2012, un año antes de publicar la NOM-163, se publicó la Ley General de Cambio Climático con la cual se refuerza la facultad de la SEMARNAT de regular las emisiones de GEI, puesto que establece en su artículo 96 que la Secretaría, por sí misma, y en su caso, con la participación de otras dependencias de la administración pública federal, expedirá normas oficiales mexicanas que tengan por objeto establecer lineamientos, criterios, especificaciones técnicas y procedimientos para garantizar las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.

b. Identificación de las condiciones iniciales (línea base)

¿Se tienen documentados los valores de los indicadores ambientales, sociales y económicos en el momento de emitirse la NOM?

Sí, el indicador ambiental son las emisiones de CO₂ emitidas por la flota de vehículos ligeros nuevos y el indicador económico es el consumo de combustible del país en

millones de barriles de gasolina. Estos indicadores fueron cuantificados por la SEMARNAT y el INECC al presentar la Manifestación de Impacto Regulatorio ante la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER).

Tabla 9 Combustible ahorrado y emisiones evitadas de CO₂ por la instrumentación de la norma

Escenario	Ahorros de gasolina (millones de litros)	Emisiones evitadas de CO ₂ (millones de toneladas)
Con efecto temporal	12,625	30
Con efecto permanente	112,860	265

Fuente: COFEMER (2013) con datos de SEMARNAT

En el año 2011, en plenas discusiones con los grupos de trabajo con la Industria, representada por la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) y con representantes del Gobierno Federal de las Secretarías de Economía, Energía y Medio Ambiente, y apoyados técnicamente por el INECC y la CONUEE, se discutió el año base 2008 planteado por el Gobierno Federal. Un requerimiento de la industria fue cambiar el año base a un año más reciente. La resolución fue utilizar el año 2010, para lo cual la misma industria proporcionó la base de datos de los vehículos comercializados en ese año. El grupo técnico del gobierno realizó el análisis llegando a la conclusión de que en 2010 las emisiones promedio ponderadas eran de 12.32 Km/l o 190.5 g CO₂/km. Dado este año base la discusión se centró entonces en la tendencia de las emisiones de la flota en un escenario de línea base. Se decidió utilizar el valor constante de 2010 para todo el escenario de análisis. Este supuesto es congruente con lo observado a nivel internacional en donde ante la ausencia de normas no se observan cambios en las emisiones y rendimiento de combustible de las flotas. Un ejemplo de esto es la tendencia de Estados Unidos, en donde el rendimiento promedio ponderado de combustible para la flota sufrió un deterioro durante el periodo 1990-2005, años durante los que la regulación de rendimiento de combustible en ese país no tuvo cambios.

c. Identificación y análisis de actores (efectividad o cambios de comportamiento)

¿Quiénes son los sujetos obligados por la NOM? (lista de sujetos obligados, por sus características).

Los sujetos obligados son los corporativos definidos como: persona física o moral, fabricante o importador que realiza la primera enajenación de un vehículo ligero (de peso bruto vehicular de hasta 3,857 kg) nuevo en territorio nacional, excepto cuando el

corporativo comercialice en total hasta 500 unidades por año-modelo. La lista de los sujetos obligados, son:

Tabla 10 Sujetos obligados y sus características

Corporativos	Ventas 2014
BMW de México	13,632
FCA MÉXICO FIAT CHRYSLER AUTOMOBILES	96,164
MERCEDES-BENZ MÉXICO	10,495
FORD MOTOR COMPANY S.A. DE C.V.	71,288
GENERAL MOTORS DE MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.	201,791
HONDA DE MÉXICO S.A. DE C.V.	62,891
NISSAN MEXICANA S.A. DE C.V.	274,626
PEUGEOT MÉXICO S.A DE C.V.	ND
RENAULT MÉXICO S.A. DE C.V.	19,213
SUZUKI MOTOR DE MÉXICO S.A DE C.V.	9,978
TOYOTA MOTOR SALES DE MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.	64,334
VOLKSWAGEN DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	198,638
MAZDA MOTOR DE MÉXICO S. DE R.L DE C.V.	31,004
SUBARU DE MÉXICO	1,123
KIA MOTORS MÉXICO S.A. DE C.V. (a partir de 2015)	ND
GDV IMPORTS MÉXICO, S.A.P.I. DE C.V.	ND
VOLVO AUTO DE MEXICO, S. A. DE C.V.	ND

Fuente: elaboración propia con datos disponibles

¿En qué medida han cumplido los lineamientos de la NOM?

Con base en la información disponible para los vehículos comercializados año-modelo 2014 de cumplimiento obligatorio, todos los corporativos excepto dos cumplieron con la meta establecida en la NOM-163 para este año-modelo 2014. Es necesario aclarar que la evaluación del cumplimiento de la NOM estipula en su numeral 5.6 de criterios de aceptación, que el cumplimiento del corporativo en términos de emisiones de CO₂ se calcula con la fórmula 1, que es la sumatoria de las diferencias entre el PCPM y el PCPO para todos los año modelo 2014, 2015 y 2016, por lo que a la fecha no es posible definir qué corporativo ha cumplido con la NOM-163. Además, los corporativos han generado una serie de créditos voluntarios para los año-modelo 2012 y 2013 y de cumplimiento en el 2014 que pueden utilizar para compensar el incumplimiento en un año dado. Basados en los análisis realizados en la obtención de los créditos tempranos y en los créditos obtenidos en el 2014, y si los usaran para el año-modelo 2014, todos los corporativos, excepto uno, cumplirían con la meta del año-modelo 2014.

¿Quiénes son las autoridades encargadas de hacerla cumplir? ¿la han hecho cumplir?

¿En qué porcentaje, medida o proporción?

La Dirección General de Inspección de Fuentes de Contaminación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) es la encargada de vigilar la implementación de la NOM-163. La PROFEPA cuenta hasta el momento con toda la información otorgada por los sujetos regulados para llevar a cabo la evaluación del cumplimiento de la NOM-163, tanto en sus años de cumplimiento voluntario 2012 y 2013 como en su primer año de cumplimiento obligatorio 2014. Cabe aclarar nuevamente que el proceso administrativo abierto por la PROFEPA para la evaluación del cumplimiento podrá cerrarse hasta después de abril del año 2017, una vez que haya pasado la fecha de corte para la contabilización de la venta de los vehículos año-modelo 2016.

¿Existen carencias, insuficiencias o deficiencias que se puedan subsanar para que la NOM se haga cumplir?

Sí, la NOM-163 enfrenta algunas áreas de oportunidad para poder mejorar la evaluación de su cumplimiento. La falta de un formato universal para la entrega de la información hace muy difícil la homologación de la información necesaria para evaluarla. Algunos corporativos envían los cálculos de las emisiones combinada sin enviar las emisiones en los ciclos de prueba en ciudad y carretera, por lo que no se puede comprobar si los cálculos están bien realizados. Lo mismo pasa para los cálculos de la sombra pues no se

envía la información sobre la distancia entre ejes ni la distancia longitudinal entre los centros de los ejes delantero y trasero. De acuerdo a la entrevista realizada a funcionarios de la PROFEPA, en general la información no tiene un formato específico y en algunos casos no es suficiente para confirmar la generación de los créditos por lo que la PROFEPA ha hecho requerimientos adicionales a ciertas armadoras para completar su información. Todo esto hace muy tardado la generación de las bases de datos a partir de las cuales se puede realizar la evaluación del cumplimiento.

Existe además un problema particular a la redacción en la asignación de los créditos que ha quedado abierto a la interpretación de la autoridad y los regulados y que tendrá un efecto importante en su actualización para el periodo 2017-2025. El numeral 5.6 de la NOM163 que establece los criterios de aceptación para el cumplimiento del corporativo los cuales se definen al calcular la diferencia que existe entre el promedio corporativo ponderado meta y el promedio corporativo ponderado observado, ambos referidos a los vehículos de cada año-modelo regulado a partir de la fórmula 1:

$$CA1_{i2014-2016} = [(((PCPM_i - PCPO_i)_{2014} * Ventas_{i2014}) + [(PCPM_i - PCPO_i)_{2015} * Ventas_{i2015}] + [(PCPM_i - PCPO_i)_{2016} * Ventas_{i2016}]] * 247760 / \sum Ventas_{i2014-2016} \geq 0 \Rightarrow Cumple,$$

El mismo numeral explica que en caso de que el resultado de la fórmula 1 sea menor a cero los corporativos podrán compensar ese monto, por medio de los créditos que hayan generado de acuerdo con el numeral 5.5 de la NOM. Es claro que aquellos corporativos cuyo resultado sea menor a 0 después de haber aplicado la fórmula 1 pueden hacer uso de créditos generados para compensar o acreditar el monto que falta; mientras que no es claro en el texto de la NOM qué sucede con los créditos generados por los corporativos cuyo resultado es igual o mayor a 0. La resolución de este punto es crucial puesto que definirá si los corporativos contarán con créditos para iniciar el siguiente periodo normativo que de acuerdo al transitorio tercero de la NOM se indica que los créditos excedentes obtenidos por los corporativos podrán utilizarse para años modelo 2017 y posteriores de acuerdo con los criterios que establezca el instrumento regulatorio correspondiente al momento.

De acuerdo al análisis realizado hasta el año-modelo 2014, todos los corporativos contarían con créditos para enfrentar el siguiente periodo regulatorio. Sin embargo, de

aplicarse el criterio del numeral 5.6, en donde solo aquellos corporativos cuyo resultado de la fórmula 1 sea negativo tendrán acceso al uso de créditos, solo dos corporativos contarían con créditos para el siguiente periodo.

4. Evaluación de eficiencia e impacto de la norma

Este capítulo abordará la eficiencia y el impacto en el cumplimiento de la NOM. De acuerdo a la guía de la SEMARNAT (2011), la eficiencia del instrumento normativo determina si los beneficios de la aplicación del instrumento son mayores que los costos de cumplirlo y hacerlo cumplir. En el caso de la implementación de la NOM-163 y como parte de su MIR, se mostraron los beneficios ambientales y económicos. A 3 años de su publicación y con base en los análisis realizados a partir de la información disponible sobre el cumplimiento de los dos años voluntarios y el primer año obligatorio de la NOM, se pueden conocer los beneficios observados alcanzados y compararlos contra las proyecciones realizadas antes de su publicación. Como se mencionó en los capítulos anteriores, el hecho de que algún corporativo no haya cumplido con la meta 2014 (o que sí lo haya hecho) no quiere decir que no se ha cumplido (o que se ha cumplido) con la NOM, puesto que eso se determinará hasta que termine el periodo de evaluación del cumplimiento a mediados del año 2017.

d. Análisis de costo/beneficio de su cumplimiento para los sujetos obligados (eficiencia)

¿Cuáles son los costos (en todos los tipos de capital) que los sujetos obligados deben erogar para cumplirla?

Los costos que enfrentan los sujetos regulados para el cumplimiento de la NOM-163 se relacionan al cambio tecnológico necesario para reducir las emisiones de CO₂ del escape o de manera equivalente incrementar el rendimiento de combustible de los vehículos ligeros nuevos que comercialicen para los años modelo 2014 a 2016. Como se indica en la MIR de la NOM entregada a Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER), la SEMARNAT entregó un estudio basado en los paquetes tecnológicos del modelo OMEGA, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos. La elección de los paquetes tecnológicos que podrían incorporarse en los vehículos nuevos tomó en consideración su disponibilidad, sus costos y su efectividad. Los primeros cambios tecnológicos se relacionan con modificaciones en el motor a gasolina (válvulas, turbo cargadores, inyección directa y desactivación de número de cilindros), cambios en la transmisión (seis velocidades, clutch dual, transmisión variable

continua, etc.) y en aspectos de accesorios eléctricos, reducción del peso y el diseño aerodinámico. Los paquetes tecnológicos están basados en tecnologías que se encontraban ya en el mercado mundial automotriz sin incluir tecnologías avanzadas como vehículos híbridos o eléctricos, puesto que no se consideraban necesarias para el cumplimiento de la NOM. La SEMARNAT suponía que al ser la industria automotriz una industria internacional, los paquetes tecnológicos disponibles en los mercados mundiales podían ser utilizados en la flota mexicana con la misma efectividad que para la flota de los Estados Unidos. Sin embargo, para asegurarse que los paquetes tecnológicos se aplicaban a flotas similares, identificó el impacto en el rendimiento por las diferencias entre las flotas en términos de las tecnologías del tren motriz y la transmisión y obtuvo el promedio ponderado de la diferencia, restándola entonces de la flota mexicana para entonces hacerlas comparables. El resultado de este análisis fue que la incorporación de las tecnologías a gasolina podía incrementar el rendimiento de combustible del vehículo mexicano promedio hasta por un máximo de 54% con un incremento promedio en los costos de producción de hasta \$3,700 USD. Sin embargo, el incremento en rendimiento promedio propuesto por la norma era de 26% al 2016 por lo que el costo promedio calculado era de \$916 USD.

Con respecto a los costos del incremento de rendimiento observado al 2014, la curva de costos obtenida por SEMARNAT proyecta que el costo promedio por el esfuerzo de 13% realizado desde el año base 2010 hasta el año 2014 sería aproximadamente de \$600 USD por vehículo, si este incremento se hubiera alcanzado solamente a través de cambios tecnológicos. Se puede considerar entonces que este sería un máximo del costo. Tomando en cuenta que el precio promedio ponderado por ventas de los vehículos más vendidos en 2014 fue de 10 mil USD, entonces el costo por vehículo podría llegar a representar hasta el 6% por vehículo vendido. Existen otro tipo de estrategias para incrementar el rendimiento de la flota, por ejemplo, vender más vehículos de pasajeros que camionetas ligeras. Esta estrategia en realidad sucedió en este periodo al pasar de 61% VP y 39% CL en 2010 a 73.1% VP y 26.9% CL en 2014. Podría argumentarse que existe un margen de ganancias mayor para CL relativo al de VP y que la diferencia podría considerarse un costo para la industria, sin embargo esta información no es pública por lo que no es posible cuantificarla.

¿Cuáles son los beneficios (en todos los tipos de capital) que los sujetos obligados perciben por su cumplimiento?

El incremento en el rendimiento de combustible en la categoría de vehículos de pasajeros ha aumentado de 14.2 Km/l a 16.5 km/ entre el año base (2010) y el primer

año de regulación de la NOM, representando un incremento de 8.2%. Como se puede observar en la Tabla 10, el 25% por ciento de las versiones más eficientes vendidas en el 2014 representaron el 50% de las ventas totales de esta categoría.

Tabla 11 Porcentaje de ventas de las versiones más eficientes de VP en 2014

Porcentaje de versiones	Número de versiones	Ventas	Porcentaje de ventas
25%	145	388,677	50%

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles

Adicionalmente a los beneficios económicos, ambientales y sociales de este incremento, los sujetos regulados pueden observar un incremento en las ventas de vehículos más eficientes. Si bien, en 2010 únicamente se comercializaron 69,071 vehículos con un rendimiento de 17 Km/l o mayor, estos representaron el 15% de las ventas totales de esta categoría, en el 2014 esta cantidad aumento a 247,249 vehículos, representando el 32% de las ventas. Esto duplica las ventas para vehículos más eficientes. De igual manera, si observamos las ventas de vehículos con una eficiencia de 15 Km/l o más, para 2010 estos representaron el 47% de las ventas, siendo que para 2014 este porcentaje aumento hasta 76%.

Lo anterior significa que el ofertar vehículos más eficientes al mercado también podría traer beneficios para las armadoras. De acuerdo a la encuesta de “*Car shopper survey ranks consumer*” (NADA-UCG, 2014), el rendimiento de combustible fue considerado el factor más importante sobre la decisión de compra de un vehículo nuevo, el costo, la potencia y funcionalidad se clasificaron en segundo y tercero, y la tecnología, marca e impacto ambiental¹² fueron los factores menos considerados. Asimismo, en la encuesta *Global Automotive Consumer Study “Exploring consumer preferences and mobility choices in Europe”* elaborada por Deloitte (2014), los consumidores valoran los mayores beneficios en nuevas tecnologías traducido en una mayor seguridad y una mayor eficiencia de combustible. Por lo que el ahorro en pesos por consumo de combustible comienza a ser un factor relevante en la compra.

¹² Esto podría significar que el ponderar el rendimiento de combustible como factor más importante de compra se debe al ahorro monetario que perciben y no necesariamente por los beneficios ambientales del vehículo.

Tabla 12 Ventas de vehículos de pasajeros

	Vehículos con eficiencia de 17 Km/l en adelante		Vehículos con eficiencia de 15 Km/l en adelante	
	Ventas	Porcentaje de ventas	Ventas	Porcentaje de ventas
2010	69,071	15%	224,915	47%
2014	247,249	32%	586,185	76%

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles

¿Cuáles son los costos para los sujetos obligados por no cumplirla (multas, sanciones)?

Las sanciones que aplican al incumplimiento de la NOM están establecidas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA), bajo la cual fue sustentada la NOM. Las sanciones al incumplimiento de la NOM se encuentran estipuladas en el artículo 171 que a la letra dice:

ARTÍCULO 171.- Las violaciones a los preceptos de esta Ley, sus reglamentos y las disposiciones que de ella emanen serán sancionadas administrativamente por la Secretaría, con una o más de las siguientes sanciones:

I. Multa por el equivalente de treinta a cincuenta mil días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal al momento de imponer la sanción;

II.- Clausura temporal o definitiva, total o parcial, cuando:

a) El infractor no hubiere cumplido en los plazos y condiciones impuestos por la autoridad, con las medidas correctivas o de urgente aplicación ordenadas;

b) En casos de reincidencia cuando las infracciones generen efectos negativos al ambiente, o

c) Se trate de desobediencia reiterada, en tres o más ocasiones, al cumplimiento de alguna o algunas medidas correctivas o de urgente aplicación impuestas por la autoridad.

III. Arresto administrativo hasta por 36 horas.

IV.- El decomiso de los instrumentos, ejemplares, productos o subproductos directamente relacionados con infracciones relativas a recursos forestales, especies de flora y fauna silvestre o recursos genéticos, conforme a lo previsto en la presente Ley, y

V.- La suspensión o revocación de las concesiones, licencias, permisos o autorizaciones correspondientes.

Si una vez vencido el plazo concedido por la autoridad para subsanar la o las infracciones que se hubieren cometido, resultare que dicha infracción o infracciones aún subsisten, podrán imponerse multas por cada día que transcurra sin obedecer el mandato, sin que el total de las multas exceda del monto máximo permitido, conforme a la fracción I de este artículo. En el caso de reincidencia, el monto de la multa podrá ser hasta por tres veces del monto originalmente impuesto, así como la clausura definitiva.

Se considera reincidente al infractor que incurra más de una vez en conductas que impliquen infracciones a un mismo precepto, en un periodo de dos años, contados a partir de la fecha en que se levante el acta en que se hizo constar la primera infracción, siempre que ésta no hubiese sido desvirtuada.

¿Cuáles son los beneficios (en todos los tipos de capital) que la sociedad o la Nación perciben por su cumplimiento? ¿Cuáles son los costos (en todos los tipos de capital) para la Nación por no cumplirla?

Los costos para el país del incumplimiento de la NOM son entendidos como el costo de oportunidad o los beneficios no obtenidos por continuar en un escenario sin la promulgación de la norma. En este sentido la SEMARNAT calculó los beneficios en términos monetarios para la MIR que se resumen en la siguiente tabla 13.

Tabla 13 Beneficios evaluados en términos monetarios (millones de pesos) 2013-2032

Beneficios agregados	Escenario con impacto temporal	Escenario con impacto permanente
Ahorro en consumo de gasolina (millones de pesos)	142,839	1,084,971
Emissiones evitadas de CO ₂ (millones de pesos)	8,637	76,794
Impacto en la salud	4,677	26,818
Beneficios totales	156,153	1,188,583

Fuente: COFEMER (2013) con datos de SEMARNAT

Los beneficios de la tabla anterior resultan de la comparación de un escenario con norma contra el de línea base. Es posible entonces hacer una cuantificación de los beneficios hasta ahora obtenidos por la reducción de emisiones observada y compararlo contra la predicción que se hacía ex ante de la publicación de la norma así como contra las metas realmente marcadas por la NOM en esos años (ver tabla 14).

Tabla 14 Metas esperadas, alcanzadas y exigidas en términos de rendimiento de combustible en Km/l

Años	Línea base	Esperado ex ante (MY-2010)	Observado	Meta real
2012	12.32	13.12	13.61	13.5
2013	12.32	13.44	14.16	14.03
2014	12.32	13.75	13.94	14.2

Fuente: elaboración propia con datos disponibles

Con los datos de la tabla anterior se realiza el análisis de beneficios para el ahorro de combustible y las emisiones evitadas de CO₂. No es posible hacerlo para las

afectaciones en salud puesto que no son lineales a las emisiones evitadas. Los resultados se muestran a continuación para los escenarios con impacto temporal y permanente al igual que lo hizo la Secretaría para la MIR.

- a) Escenario con impacto temporal.** Se reportarán los ahorros generados por los vehículos comercializados en el periodo 2012-2032 considerando toda su vida útil. A partir de 2015 se asume que el rendimiento se mantiene igual al del año base (2010).
- b) Escenario con impacto permanente.** Se reportan los ahorros generados por los vehículos vendidos en el periodo 2012-2032 considerando toda su vida útil. A partir de 2015 se asume que el rendimiento se mantiene igual al del último año regulado observado (2014).

Tabla 15 Beneficios evaluados en términos monetarios hasta el 2014 (millones de pesos) 2013-2032

	Escenario con impacto temporal	Escenario con impacto permanente
Ahorro en consumo de gasolina (millones de pesos)		
Evaluación "Ex _ante"	69,864	612,983
Datos Observados	95,075	702,785
Emisiones evitadas de CO₂ (millones de pesos)		
Evaluación "Ex _ante"	4,427	46,073
Datos Observados	6,004	52,603
Beneficios totales (millones de pesos)		
Evaluación "Ex _ante"	74,291	659,057
Datos Observados	101,079	755,388

Fuente: Elaboración propia

¿Cuál es la relación entre todos estos costos y beneficios? ¿Son mayores los costos que los beneficios? ¿Son mayores los beneficios que los costos?

De acuerdo a la MIR planteada, la razón beneficio-costos era de 3.9 en el escenario con impacto temporal y de 4.4 en el escenario con impacto permanente. Con base en las metas alcanzadas y el ejercicio costo beneficio realizado se calcula que la razón beneficio costo se ha mantenido.

e. Análisis de costo/beneficio para las autoridades por hacerla cumplir (eficiencia)

¿Cuáles son los costos (en todos los tipos de capital) que las autoridades deben erogar para cumplirla?

Desde 2003 se encuentra vigente la NOM-042 que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos. Esta norma utiliza el mismo ciclo de prueba, establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-011-1993-SCFI sobre método de prueba para la evaluación de emisiones de compuestos del escape de los vehículos automotores nuevos en planta, para el cálculo de las emisiones de contaminantes criterio y el de emisiones de CO₂ provenientes del escape que regula la NOM-163. Por lo tanto se considera que no existe un costo adicional para las autoridades de hacerla cumplir.

f. Análisis del efecto o impacto

Desde que la NOM está vigente hasta la fecha: ¿Se han modificado las condiciones ambientales que la NOM pretendía proteger o mejorar? ¿En qué medida? ¿En qué sentido?

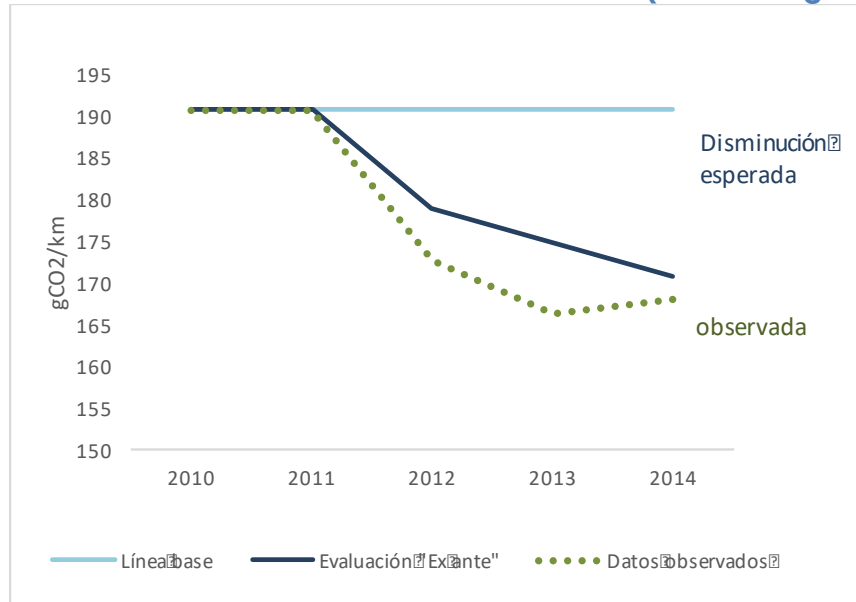
Las condiciones ambientales que se pretendían mejorar, han mejorado más allá de lo evaluado por la NOM. El indicador para los beneficios ambientales se mide por g CO₂/km (Km/l), evaluando con este indicador las emisiones totales de CO₂ evitadas por la mejora en el rendimiento de combustible de toda la flota. Para la evaluación de estos beneficios, se hará la comparación de dos escenarios: aquellos beneficios esperados con la evaluación en 2010 (Evaluación Ex-ante) vs. los beneficios de los resultados observados hasta el año 2014.

Tabla 16 Indicador de beneficios ambientales para la NOM

gCO ₂ /km	2010	2012	2013	2014
Línea base	190.6	190.6	190.6	190.6
Evaluación "Ex ante"	190.6	178.9	174.7	170.8
Datos observados	190.6	172.5	166.1	168.6

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles

Figura 9 Evaluación de los beneficios ambientales (Indicador gCO₂/km)



Fuente: Elaboración propia con datos disponibles

Tomando en cuenta el escenario temporal y permanente en el que se realiza una evaluación para los 20 años subsecuentes a partir de la regulación, los beneficios se miden por las toneladas de emisiones de CO₂ evitadas:

Tabla 17 Beneficios ambientales

Emisiones evitadas (Millones de toneladas de CO ₂)		
	Escenario con impacto temporal	Escenario con impacto permanente
Evaluación "Ex _ante"	14.10	156.30
Datos observados	19.12	178.24

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles

Desde que la NOM está vigente hasta la fecha: ¿Se han modificado las condiciones sociales que la NOM pretendía proteger o mejorar? ¿En qué medida? ¿En qué sentido?

Las condiciones sociales que se pretendían mejorar, han mejorado más allá de lo que se preveía por la NOM. En esta norma, las condiciones sociales se miden por las emisiones de contaminantes criterio, específicamente de óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (NMVOC) y bióxido de azufre (SO₂) evitadas por la mejora en el rendimiento de combustible. Para estimar las emisiones evitadas de estos contaminantes, se utilizó el volumen de litros de gasolina que se ahorrarían por la instrumentación de la NOM y se aplicaron los factores de emisión correspondientes a cada contaminante. Al igual que la evaluación de los beneficios ambientales, para el cálculo de estos beneficios, se hará la comparación de dos escenarios: aquellos beneficios esperados con la evaluación en 2010 (Evaluación Ex-ante) vs los beneficios de los resultados observados hasta el año 2014.

No es posible cuantificar los impactos en salud por la reducción de estos contaminantes locales en este momento puesto que son consecuencia de un largo periodo de exposición, sin embargo se sabe que las consecuencias de estos contaminantes a la atmosfera son:

1. Mortalidad cardiovascular
2. Mortalidad por cáncer de pulmón
3. Mortalidad infantil por causas respiratorias
4. Bronquitis crónica
5. Días de actividad restringida
6. Días de trabajo perdidos

Por lo que al reducirse las emisiones se esperarían impactos positivos en la salud de la población expuesta.

Tabla 18 Emisiones evitadas de contaminantes criterio

Toneladas de emisiones de contaminantes criterio		
	Escenario con impacto temporal	Escenario con impacto permanente
Evaluación "Ex _ante"		
NOx	24,279	269,205
NMVOC	33,279	368,996
SO2	4,701	52,124
Datos observados		
NOx	32,930	306,984
NMVOC	45,137	420,779
SO2	6,376	59,438

Fuente: Elaboración propia

Desde que la NOM está vigente hasta la fecha: ¿Se han modificado las condiciones económicas que la NOM pretendía proteger o mejorar? ¿En qué medida? ¿En qué sentido?

Las condiciones económicas se miden por el ahorro en el gasto en consumo de combustible. Para el cálculo de estos beneficios, se hará la comparación de dos escenarios: aquellos beneficios esperados con la evaluación en 2010 (Evaluación Ex-ante) vs los beneficios de los resultados observados hasta el año 2014.

Tabla 19 Beneficios económicos

Ahorros de combustible (millones de barriles de gasolina)		Valor (millones de pesos)		
	Escenario con impacto temporal	Escenario con impacto permanente	Escenario con impacto temporal	Escenario con impacto permanente
Evaluación "Ex_ante"	37.8	418.8	69,864	612,983
Datos Observados	51.2	477.5	95,075	702,785

Fuente: elaboración propia

5. Análisis de la propuesta de armonización con la EPA

En 1975, Estados Unidos estableció el programa de Rendimiento de Combustible Promedio por Corporativo (CAFE, por sus siglas en inglés) en millas por galón (mpg). Este estándar permaneció fijo en 27.5 mpg (11.5 Km/l) entre 1985 y 2007 y provocó que los ese país quedara rezagado en los niveles de rendimiento a nivel mundial.

Adicionalmente al estancamiento de los estándares, la composición de la flota contribuyó en gran medida al bajo progreso en el rendimiento. La flota americana es una de las más grandes a nivel mundial, tendencia que contribuyó a un decrecimiento del 7% en el rendimiento entre 1988 y 2004. A partir de 2005 se iniciaron cambios graduales, hasta adoptar estándares competitivos en 2009.

5.1. Estándar 2017-2025 CAFE/GEI

Basados en el éxito del primera fase del Programa Nacional para regular vehículos ligeros nuevos 2012-2016, el gobierno de los Estados Unidos de América publicó en octubre de 2012, de manera conjunta entre la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y la Administración Nacional de Seguridad de Tráfico en Carreteras (NHTSA, por sus siglas en inglés), la Regulación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para Vehículos Ligeros y el Promedio Corporativo para la Economía de Combustible (*Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emissions Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards*), con un periodo de aplicación 2017-2025.

Esta segunda fase del Programa Nacional Norteamericano tiene las siguientes características:

- El estándar de GEI de la EPA parte de 250 g CO₂/mi (155 g CO₂/km) en 2016 a 163 g CO₂/mi (101 g CO₂/km) para 2025, lo que resulta en una reducción del 35% de las emisiones promedio de la flota.
- El estándar CAFE de NHTSA estableció un incremento en el rendimiento de combustible de 45%, pasando de 34.1 mpg (14.4 Km/l) en 2016 a 49.6 mpg (20.8 Km/l) en 2025.
- Como parte de la regulación, EPA, en coordinación con el California Air Resources Board (CARB) y NHTSA, evaluarán en 2017, como parte de su revisión de medio periodo, las metas establecidas para el periodo 2022-2025.

- La autoridad federal que regula los estándares CAFE es NHTSA, bajo estándares de consumo de combustible medido en millas por galón con el ciclo de prueba FTP75 (Federal Test Procedure).
- La EPA regula las emisiones de GEI. Para las emisiones de CO₂ se utiliza el ciclo de prueba FTP75 y existen disposiciones adicionales para las emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC) por sistemas de aire acondicionado y límites de emisión para el óxido nitroso (N₂O) y el metano (CH₄).
- Bajo estos estándares, cada vehículo tiene su meta en relación a su sombra (definida como el área entre las cuatro ruedas del vehículo en pies cuadrados), diferenciado por categorías de vehículos y camionetas. El cumplimiento se logra por corporativo mediante un promedio ponderado por ventas.
- Bajo estos estándares, los vehículos más pequeños están sujetos a metas más estrictas, mientras que una camioneta tiene una meta de CO₂ más laxa.
- Debido a que hay dos categorías y los estándares se basan en los atributos de la sombra de cada vehículo mediante un promedio ponderado por ventas, el resultado de las emisiones GEI y rendimiento de combustible es incierto ya que está sujeto a la composición de ventas en los años futuros.
- Ambas regulaciones proveen incentivos para el cumplimiento y se han ido actualizando a la par con los estándares. Estos incentivos son incorporados mediante el uso de créditos.
- La EPA establece créditos a los sistemas de aire acondicionado (A/C) que no están incluidos en los ciclos de prueba, en donde la mayor parte corresponden al uso de refrigerantes con un potencial de calentamiento global inferior. Los créditos restantes se aplicarán a tecnologías que mejoran la eficiencia del uso del A/C. El uso de los créditos por refrigerantes es la diferencia principal entre el estándar de EPA y NHTSA.
- NHTSA otorga créditos por vehículos de combustible flexible (FFV): Créditos para vehículos que funcionan con un 85% de etanol y el 15% gasolina.

Tanto EPA como NHTSA contemplan los siguientes créditos:

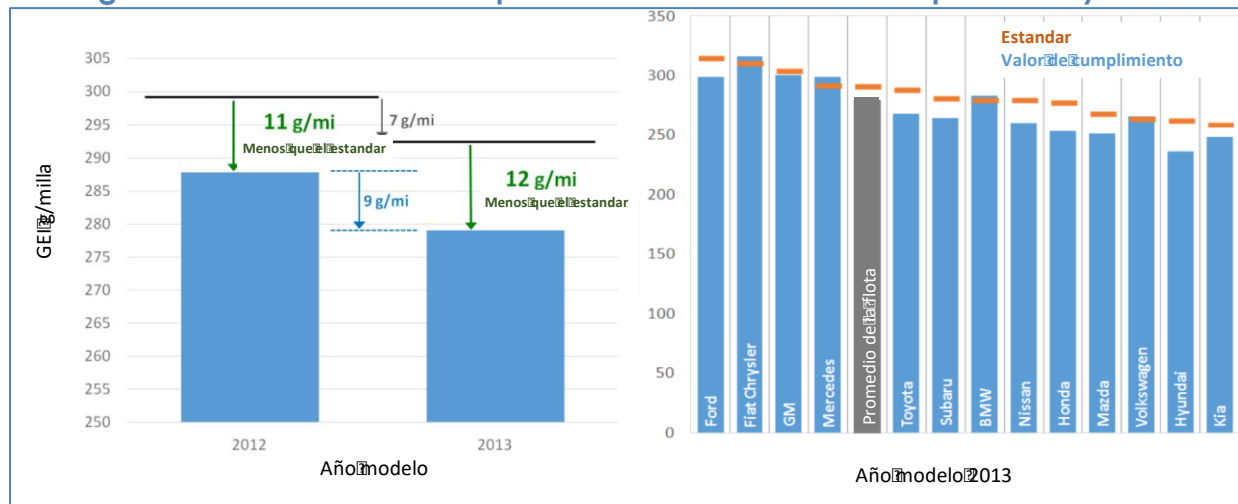
- Tecnologías avanzadas: proponen un multiplicador como incentivo para vehículos eléctricos (EV), híbridos-eléctricos (PHEV) y de celdas de combustible (FCV).
- Tecnologías "fuera de ciclo": Créditos representados por un subconjunto de tecnologías beneficiosas fuera del ciclo de prueba. Esta lista incluye al menos seis tecnologías definidas y queda limitado a 10 g CO₂/milla (6.2 g CO₂/km).

- Tecnologías "Game changers" para camionetas ligeras: Por emplear en volúmenes de venta significativos tecnologías híbridas, el crédito podría ser del orden de 10 a 20 g CO₂/milla (12.2 g CO₂/km) por vehículo.

Únicamente los créditos de AC y las tecnologías fuera de ciclo reflejan una reducción de emisiones en el mundo real ya que no están incluidos en los ciclos de prueba. Los créditos adicionales representan una reducción a la exigencia de los estándares como incentivo a los fabricantes para el cumplimiento (ICCT, 2011).

De acuerdo al Reporte de Cumplimiento de las Armadoras de los Estándares de GEI publicado por la EPA (2015), por segundo año consecutivo, la industria automotriz ha superado los estándares de emisiones por un amplio margen. El cumplimiento de la flota promedio en 2013 fue de 12 g CO₂/milla o 1.4 mpg (7g CO₂/km o 0.6 Km/l) - mejor que el requerido por la norma en este año.

Figura 10 Evaluación del cumplimiento de la Norma de EUA para 2012 y 2013



Fuente: EPA (2015)

La mayoría de los fabricantes (que representan más del 99% de las ventas) cumplieron con los estándares para 2012 y 2013. Los fabricantes están utilizando las flexibilidades integradas en la norma, como la mejora de los sistemas de aire acondicionado y el uso de la ponderación por ventas de la flota. Estas flexibilidades han aumentado las opciones para el consumidor, impulsando la innovación tecnológica y disminuyendo los costos de cumplimiento a la vez que proporcionan una forma más costo-eficiente sobre cómo y cuándo hacer reducciones (Ver tabla 20).

Tabla 20 Uso de flexibilidades, atributos y créditos hasta 2014 por armadoras de USA

		BMW	Fiat	Chrysler	Ford	GM	Honda	Hyundai	Kia	Mazda	Mercedes	Nissan	Subaru	Toyota	Volkswagen	Others
Elementos básicos de diseño	Atributo basado en sombra															
	Estándares para VPI/CL															
	Ponderado															
Generación de créditos	Banqueo créditos tempranos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Aire acondicionado	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	
	Fuera de ciclo				X											
	Tecnologías avanzadas			X	X	X				X	X		X			X
	Combustibles alternos		X	X	X					X	X		X	X		
	Vehículos a gas natural					X										
Transferencia de créditos	Uso de banco de créditos	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X	X
	Deficit de 2014															X
	Intercambio: venta					X					X					X
	Intercambio: compra		X							X						X
Otros	Pequeñas armadoras															X
	Alternativas por CH4 y N2O	X	X	X	X									X		

Fuente: EPA 2015

Para evaluar el impacto de la propuesta de armonización con la EPA para el caso mexicano, se aplicarán estos estándares para los años modelo 2017-2025¹³. Las curvas son descritas matemáticamente por una serie de funciones lineales respecto a la sombra (área en m²). Para el caso de vehículos ligeros, la ecuación es:

$$Meta \left(\frac{gCO_2}{km} \right) = MIN[B, MAX(A, C * \text{Área} (m^2) + D)]^{14}$$

En donde:

A = límite inferior (g CO₂/km)

B = límite superior (g CO₂/km)

C = pendiente (g CO₂/km por metro cuadrado)

D = intercepto (g CO₂/km)

¹³ Dado el horizonte de tiempo para los estándares de los años modelo 2022-2025, EPA y NHTSA en conjunto conducirán una evaluación de mediano plazo, con el objetivo de revisar la factibilidad de las metas y su impacto en términos de costo-beneficio.

¹⁴ La regulación de EPA está establecida en la unidad de g CO₂/milla, pero se utiliza su equivalente en g CO₂/km para el caso de México.

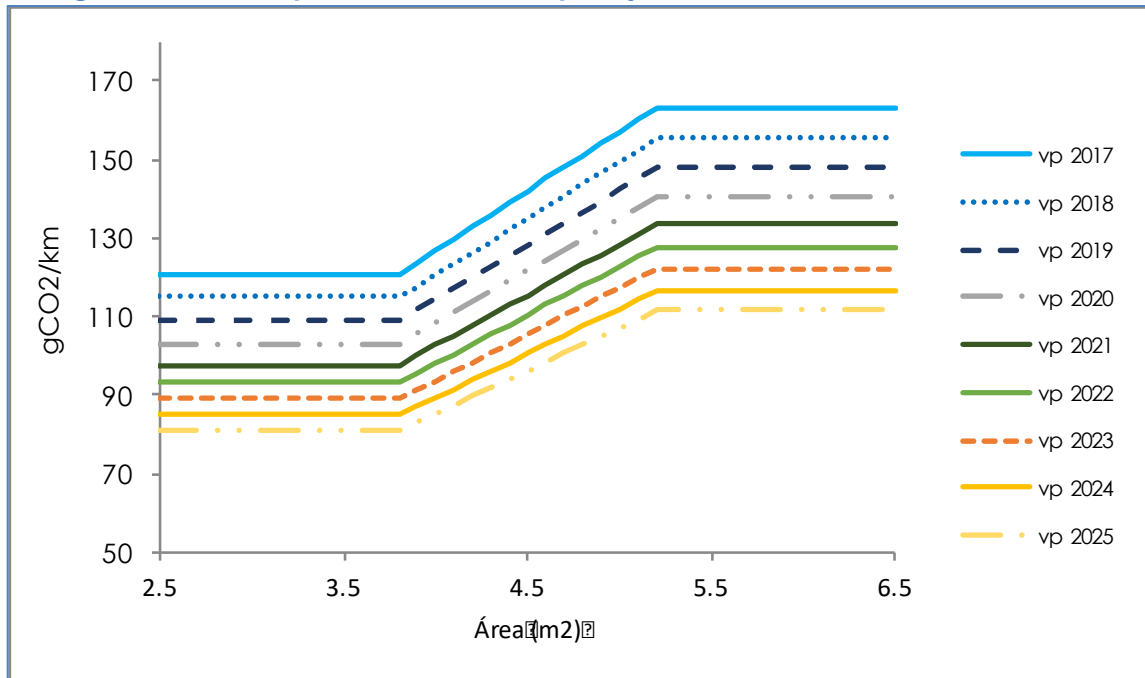
Tabla 21 Parámetros para vehículos de pasajeros

MY	A (gCO ₂ /km)	B (gCO ₂ /km)	C (gCO ₂ /km)/m ²	D (gCO ₂ /km)
2017	120.98	163.23	30.30	5.53
2018	114.89	155.41	29.09	4.04
2019	108.93	147.89	27.89	2.61
2020	103.21	140.55	26.82	1.18
2021	97.68	133.53	25.68	-0.25
2022	93.33	127.69	24.68	-0.68
2023	89.04	122.10	23.68	-1.12
2024	85.00	116.69	22.74	-1.55
2025	81.09	111.54	21.80	-1.99

Fuente: elaboración propia con datos de EPA (2012)

Dados los parámetros de la tabla anterior, las curvas meta para esta categoría es la siguiente:

Figura 11 Curvas para vehículos de pasajeros armonización EPA 2017-2025



Fuente: elaboración propia con base en EPA (2012)

Para la curva de camionetas ligeras, la EPA hace una modificación, en donde la pendiente de las curvas tiene una transición gradual con un corte inicial de 66 pies cuadrados (6.13 m²) hasta 74 pies cuadrados (6.87 m²). La transición de estas curvas está diseñada de tal forma que se asegure que la curva de un año no pueda cruzarse con una curva de un año anterior. La ecuación para el cálculo de camionetas ligeras es:

$$Meta \left(\frac{gCO_2}{km} \right) = MIN(MIN(B, MAX(A, C * \text{Área (m}^2) + D)), MIN(F, MAX(E, G * \text{Área (m}^2) + H))$$

En donde:

a = límite inferior (g CO₂/km)

b = límite superior (g CO₂/km))

c = pendiente (g CO₂/km)*m²

d = intercepto (g CO₂/km)

e = límite inferior (g CO₂/km) de " piso"

f = límite superior (g CO₂/km) de "piso"

g = pendiente (g CO₂/km)*m² de "piso"

h = intercepto (g CO₂/km) de "piso"

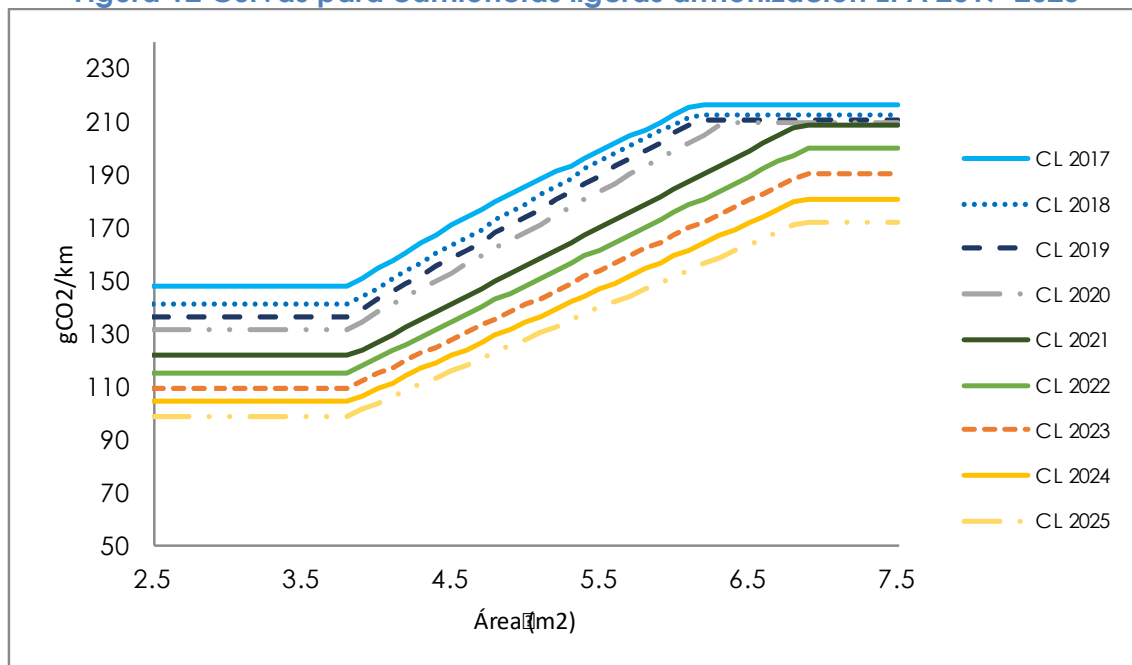
Tabla 22 Parámetros para camionetas ligeras 2017-2025

MY	A (gCO ₂ /km)	B (gCO ₂ /km)	C (gCO ₂ /km)/m ²	D (gCO ₂ /km)	E (gCO ₂ /km)	F (gCO ₂ /km)	G (gCO ₂ /km)/m ²	H (gCO ₂ /km)
2017	147.9	215.74	32.57	23.79	153.11	215.86	27.02	50.02
2018	140.9	212.3	31.84	19.65	149.69	212.45	27.02	46.60
2019	136.4	210.3	31.30	17.21	147.76	210.52	27.02	44.68
2020	131.7	209.2	30.57	15.31	146.58	209.34	27.02	43.50
2021	121.4	208.0	28.63	12.30	145.40	208.16	27.02	42.32
2022	115.4	199.3	27.36	11.09	145.40	208.16	27.02	42.32
2023	109.6	189.9	26.15	9.93	145.40	208.16	27.02	42.32
2024	104.1	180.8	25.01	8.83	145.40	208.16	27.02	42.32
2025	98.9	172.2	23.94	7.77	145.40	208.16	27.02	42.32

Fuente: elaboración propia con base en EPA (2012)

Las curvas para la categoría de camionetas ligeras

Figura 12 Curvas para camionetas ligeras armonización EPA 2017-2025



Fuente: elaboración propia con base en EPA (2012)

Aplicando estos parámetros a la flota año modelo 2013 de México, las metas son las siguientes:

Tabla 23 Metas estimadas armonización EPA 2017-2025

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
gCO₂/km	136.3	130.0	124.1	118.5	111.4	106.3	101.4	96.7	92.2
Km/l*	17.2	18.1	18.9	19.8	21.1	22.1	23.2	24.3	25.5

* Equivalencia de gCO₂/km en rendimiento de combustible utilizando el factor de emisión de la EPA de gasolina, 2347.69 gCO₂/l.

5.2. Beneficios en Mitigación

Para estimar los beneficios de aplicar esta regulación, se evaluarán dos escenarios en un horizonte de tiempo de veinte años, tomando como año base el promedio ponderado de g CO₂/km (y su equivalente en Km/l) del 2016, último año regulado de la flota:

Escenario con impacto temporal. Se reportaran los ahorros generados por los vehículos comercializados en el periodo 2017-2037 considerando toda su vida útil. A partir de 2026 se asume que el rendimiento se mantiene igual al del año base (2016).

Escenario con impacto permanente. Se reportan los ahorros generados por los vehículos vendidos en el periodo 2017-2037 considerando toda su vida útil. A partir de 2026 se asume que el rendimiento se mantiene igual al del último año regulado (2025).

Tabla 24 Beneficios esperados de la armonización con EPA 2017-2025

	Escenario temporal	Escenario permanente
Millones de toneladas evitadas de CO₂	130.8	494

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles

6. Continuidad de la regulación actual de la NOM-163

La presente sección evalúa el escenario de la continuación de la actual NOM-163, que utiliza los valores y parámetros establecidos por NHTSA (expresados en emisiones de g CO₂/km) cambiando a los nuevos valores del siguiente periodo normativo 2017-2025. Esta evaluación cuantitativa seguirá la metodología de CAFE en términos de rendimiento de combustible y posteriormente se calculará su equivalencia en g CO₂/km.

Cada uno de los estándares que NHTSA establece en la regulación CAFE se expresan como una función matemática que define una meta específica en términos del rendimiento de combustible aplicable a cada vehículo y, para cada corporativo, establece un nivel requerido determinado por el cálculo del promedio armónico ponderado por ventas. Se determinan parámetros para vehículos de pasajeros y camionetas ligeras de manera diferenciada.

Para el caso de vehículos de pasajeros, NHTSA determina estas metas de rendimiento de combustible, utilizando una función lineal restringida de acuerdo con la siguiente fórmula¹⁵:

$$Meta \left(\frac{km}{l} \right) = \frac{1}{MIN [MAX (C * Área (m^2) + D, \frac{1}{A}), \frac{1}{B}]}$$

En donde,

A = límite superior (Km/l)

B = límite inferior (Km/l)

C = pendiente (Km/l por metro cuadrado)

D = intercepto (Km/l)

Los valores y parámetros establecidos por NHTSA para vehículos de pasajeros son:

¹⁵ CAFE basa los estándares en millas por galón (mpg), pero para la evaluación del caso mexicano se hará bajo su equivalente en kilómetros por litro (km/l).

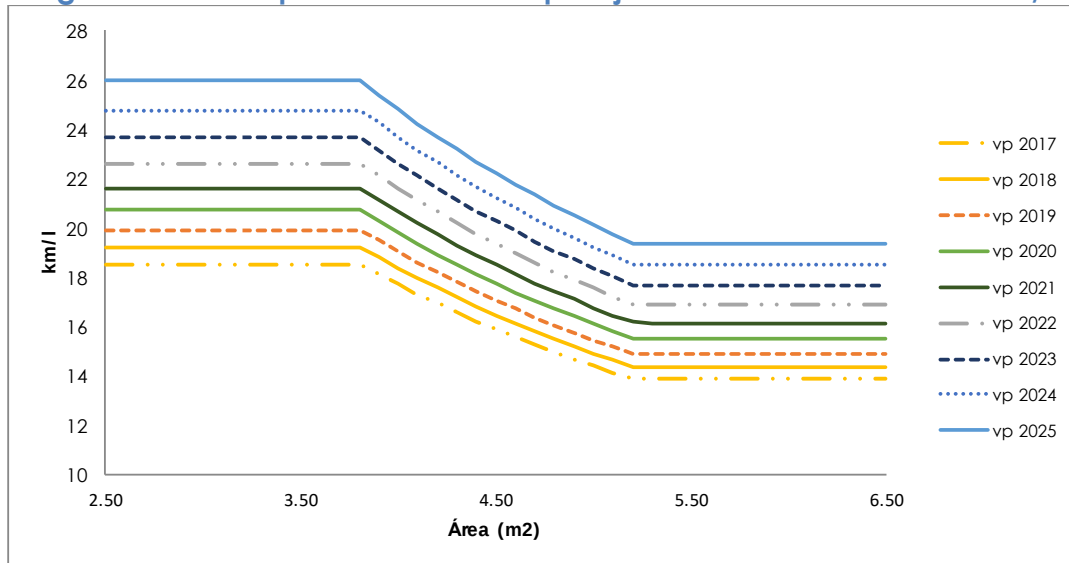
Tabla 25 Parámetros para vehículos de pasajeros en Km/l

MY	A (Km/l)	B (Km/l)	C (l/km)/m2	D (l/km)
2017	18.54	13.88	0.013	0.004
2018	19.22	14.39	0.013	0.004
2019	19.93	14.91	0.012	0.004
2020	20.72	15.50	0.012	0.004
2021	21.61	16.16	0.011	0.004
2022	22.62	16.92	0.011	0.003
2023	23.68	17.70	0.010	0.003
2024	24.79	18.53	0.010	0.003
2025	25.96	19.39	0.009	0.003

Fuente: elaboración propia con datos de NHTSA

Las curvas de esta propuesta son:

Figura 13 Curvas para vehículos de pasajeros NHTSA 2017-2025 en Km/l



Fuente: elaboración propia con base en NHTSA

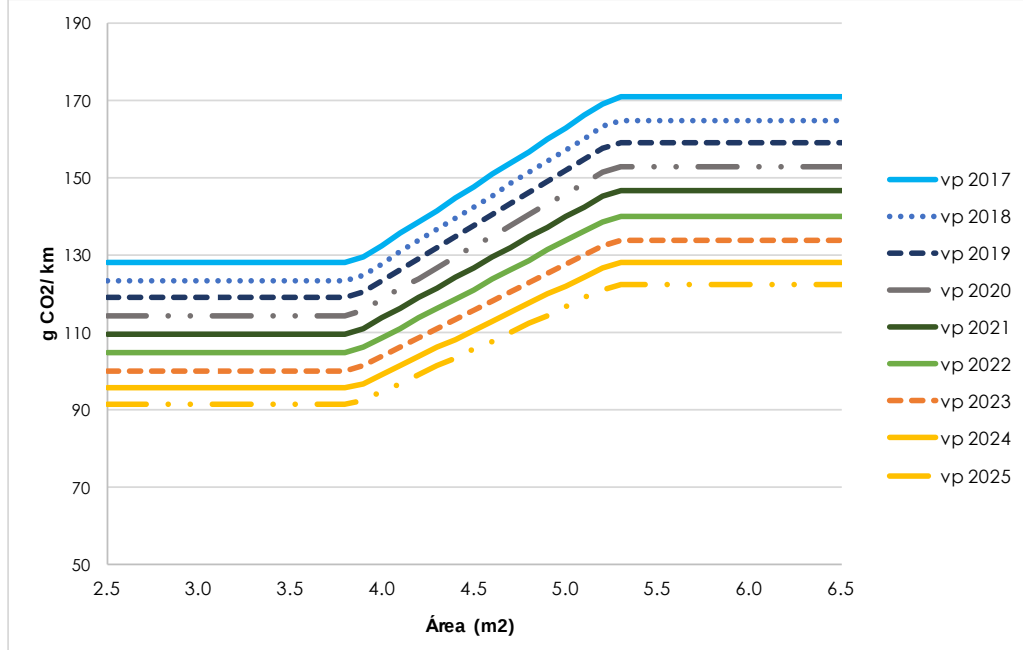
Estos mismos valores y parámetros en términos de g CO₂/km son:

Tabla 26 Parámetros para vehículos de pasajeros en gCO₂ /km*

MY	A (gCO ₂ /km)	B (gCO ₂ /km)	C (gCO ₂ /km)/(m ²)	D (gCO ₂ /km)
2017	126.62	169.13	30.50	10.47
2018	122.14	163.18	29.45	10.00
2019	117.82	157.46	28.43	9.55
2020	113.30	151.42	27.36	9.07
2021	108.64	145.24	26.27	8.59
2022	103.78	138.78	25.13	8.08
2023	99.12	132.62	24.03	7.59
2024	94.69	126.71	22.99	7.12
2025	90.42	121.07	21.99	6.68

*Conversión de Km/l a g CO₂/km con el factor de emisión de la EPA de 2347.69 g CO₂/l
Fuente: elaboración propia con datos de NHTSA

Figura 14 Curvas para vehículos de pasajeros NHTSA 2017-2025 en g CO₂/km



*Conversión de Km/l a g CO₂/km con el factor de emisión de la EPA de 2347.69 g CO₂/l
Fuente: elaboración propia con datos de NHTSA

Para la categoría de camionetas ligeras, NHTSA define metas de rendimiento de combustible en términos de una función matemática en donde la meta es el máximo de los valores determinados bajo dos funciones lineales limitadas. La segunda de estas funciones establece un "piso" que refleja la meta del año modelo 2016, esto evita que la meta a cualquier sombra (área en m²) disminuya entre los distintos años-modelo. La función matemática es:

$$Meta \left(\frac{k}{l} \right) = MAX \left(\frac{1}{MIN [MAX (C * \text{Área} (m^2) + D, \frac{1}{A}), \frac{1}{B}]}, \frac{1}{MIN [MAX (G * \text{Área} (m^2) + H, \frac{1}{E}), \frac{1}{F}]} \right)$$

En donde:

a = límite superior (Km/l)

b = límite inferior (Km/l)

c = pendiente (Km/l por m²)

d = intercepto (Km/l)

e = límite superior (Km/l) de " piso"

f = límite inferior (Km/l) de " piso"

g = pendiente (Km/l por m²) de "piso"

h = intercepto (Km/l) de " piso"

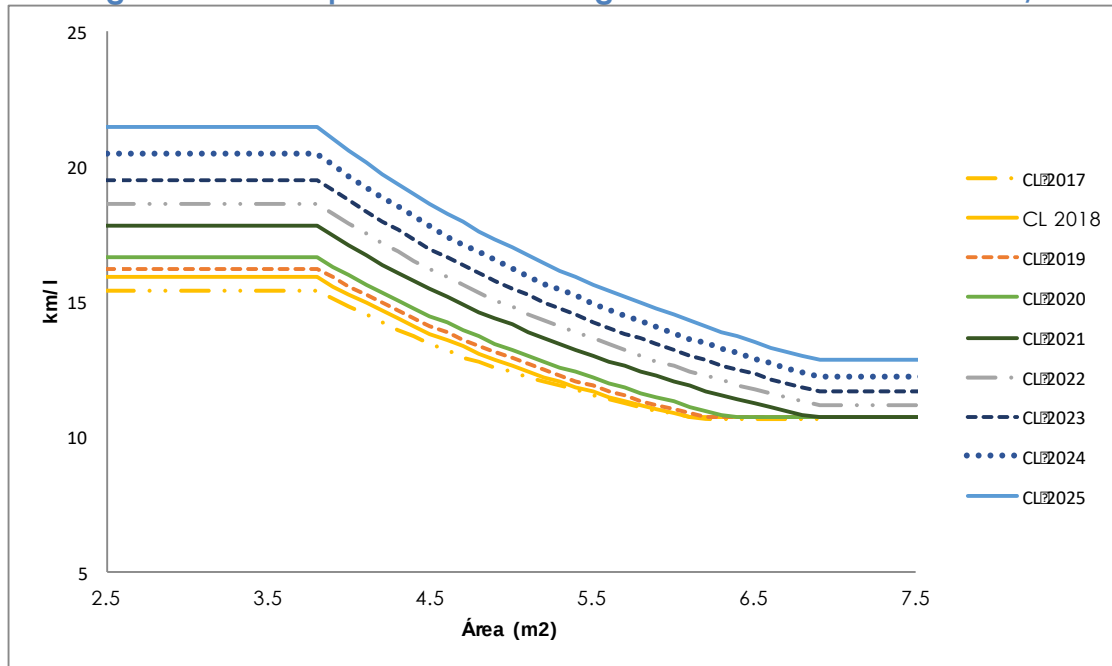
Los parámetros para esta categoría son:

Tabla 27 Parámetros para camionetas ligeras en Km/l

	A	B	C	D	E	F	G	H
	(Km/l)	(Km/l)	(l/kml)/m²	(l/km)	(Km/l)	(Km/l)	(l/km)/m²	(l/km)
2017	15.42	10.67	0.01	0.012	14.92	10.67	0.012	0.02
2018	15.88	10.71	0.01	0.011	15.01	10.71	0.012	0.02
2019	16.22	10.73	0.01	0.011	15.05	10.73	0.012	0.02
2020	16.63	10.73	0.01	0.011	15.05	10.73	0.012	0.02
2021	17.77	10.73	0.01	0.010	15.05	10.73	0.012	0.02
2022	18.62	11.18	0.01	0.009	15.05	10.73	0.012	0.02
2023	19.51	11.70	0.01	0.009	15.05	10.73	0.012	0.02
2024	20.45	12.26	0.01	0.008	15.05	10.73	0.012	0.02
2025	21.42	12.84	0.01	0.008	15.05	10.73	0.012	0.02

Fuente: elaboración propia con datos de NHTSA

Figura 15 Curvas para camionetas ligeras NHTSA 2017-2025 en Km/l



Fuente: elaboración propia con datos de NHTSA

En términos de g CO₂/km los parámetros son:

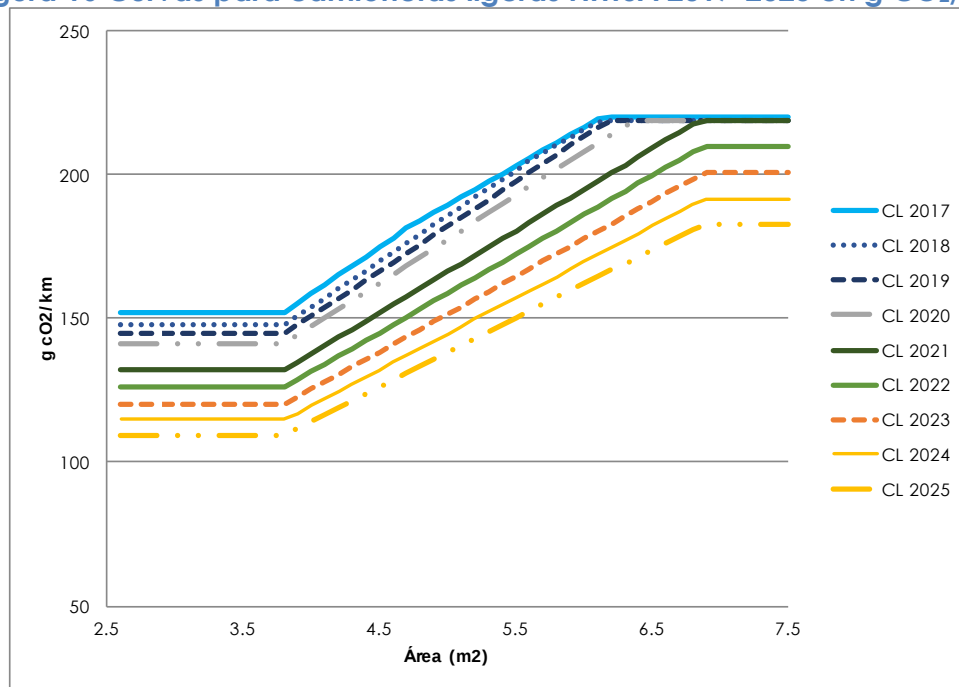
Tabla 28 Parámetros para camionetas ligeras en gCO₂ /km

	A (gCO ₂ /km)	B (gCO ₂ /km)	C (gCO ₂ /km)/(m ²)	D (gCO ₂ /km)	E (gCO ₂ /km)	F (gCO ₂ /km)	G (gCO ₂ /km)/(m ²)	H (gCO ₂ /km)
2017	152.3	220.1	32.6	28.1	157.3	220.1	27.0	54.4
2018	147.8	219.1	31.8	26.5	156.4	219.1	27.0	53.5
2019	144.7	218.7	31.3	25.5	155.9	218.7	27.0	53.0
2020	141.2	218.7	30.6	24.8	155.9	218.7	27.0	53.0
2021	132.1	218.7	28.6	23.0	155.9	218.7	27.0	53.0
2022	126.1	210.0	27.4	21.8	155.9	218.7	27.0	53.0
2023	120.3	200.6	26.2	20.6	155.9	218.7	27.0	53.0
2024	114.8	191.5	25.0	19.5	155.9	218.7	27.0	53.0
2025	109.6	182.9	23.9	18.5	155.9	218.7	27.0	53.0

*Conversión de Km/l a g CO₂/km con el factor de emisión de la EPA de 2347.69 g CO₂/l

Fuente: elaboración propia con datos de NHTSA

Figura 16 Curvas para camionetas ligeras NHTSA 2017-2025 en g CO₂/km



Fuente: elaboración propia con datos de NHTSA

Aplicando estos parámetros a la flota año modelo 2013, las metas anuales estimadas para los años 2017- 2025 se ven en la Tabla 12:

Tabla 29 Metas estimadas de la propuesta NHTSA

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Km/l	16.6	17.1	17.6	18.3	19.2	20.1	21.0	22.0	23.1
gCO₂/km*	141.7	137.3	133.0	128.4	122.4	116.9	111.7	106.6	101.8

*Equivalencia en rendimiento de combustible utilizando el factor de emisión de la EPA, para gasolina.

Fuente: Elaboración propia con datos de la industria automotriz

Adicionalmente, la actual NOM-163 introduce una disminución del 1% para VP y de 2% para CL sobre los parámetros debido a distintas condiciones de orografía y altitud de México, por lo que para seguir con esta misma metodología se hacen estos ajustes en los parámetros.

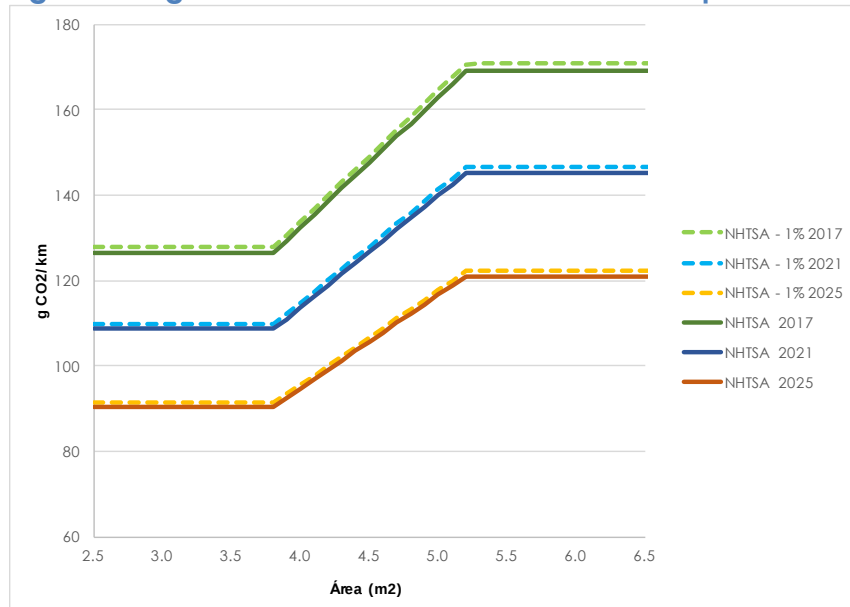
Tabla 30 Metas estimadas para VP reduciendo los parámetros CAFE en 1%

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CAFE (Km/l)	17.8	18.5	19.2	19.9	20.8	21.8	22.8	23.9	25.0
CAFE (gCO₂/km)	131.5	126.9	122.4	117.7	112.9	107.8	103.0	98.4	94.0
CAFE - 1% (Km/l)	17.7	18.3	19.0	19.8	20.6	21.6	22.6	23.6	24.7
CAFE - 1% (gCO₂/km)	132.8	128.2	123.6	118.9	114.0	108.9	104.0	99.4	94.9

Fuente: elaboración propia con datos de NHTSA

Haciendo una evaluación del ajuste propuesto puede observarse en la figura 17, los parámetros CAFE menos el 1% sobre los valores reales. Dentro de la figura, "NHTSA -1%", representa los parámetros CAFE menos el 1% y "NHTSA", representa los parámetros reales de CAFE.

Figura 17 Figura NHTSA vs Continuidad NOM-163 para VP



Fuente: Elaboración propia con datos de NHTSA

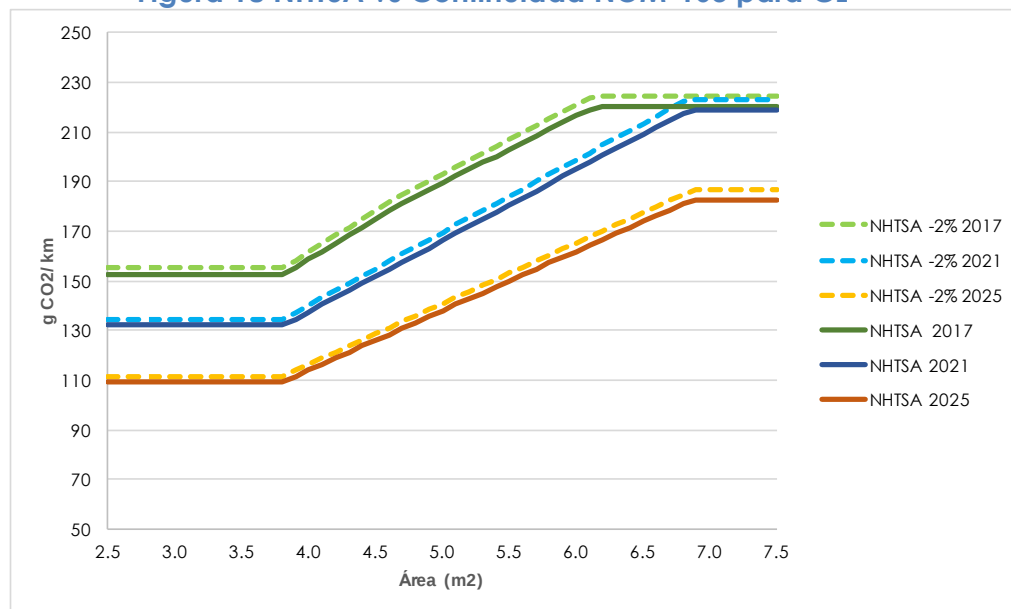
Para el caso de las camionetas ligeras, de continuar con una reducción del 2% sobre los parámetros reales de NHTSA, se obtendría lo siguiente:

Tabla 31 Evaluación de los ajustes de 2% para CL

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CAFE real (Km/l)	12.9	13.1	13.4	13.7	14.6	15.3	16.1	16.8	17.6
CAFE real (gCO₂/km)	182.4	178.7	175.4	171.3	160.5	153.2	146.2	139.6	133.3
CAFE - 2% (Km/l)	12.6	12.9	13.1	13.4	14.3	15.0	15.7	16.5	17.3
CAFE - 2% (gCO₂/km)	186.1	182.3	178.9	174.7	163.7	156.3	149.2	142.4	135.9

Fuente: Elaboración propia con datos de NHTSA

Figura 18 NHTSA vs Continuidad NOM-163 para CL



Fuente: Elaboración propia con datos de NHTSA

La reducción del 1% y 2% para vehículos de pasajeros y camionetas ligeras, respectivamente, tuvo el objetivo de hacer la NOM-163 actual más laxa que la americana, cuando se argumentó que la orografía y altitud de México exigen más potencia y eso obliga a modificar los motores, haciéndolos inherentemente menos eficientes.

Al tomar en cuenta, las fórmulas y parámetros descritos anteriormente, la estimación de las metas entre ambos escenarios es:

Tabla 32 Metas estimadas para el escenario continuación NOM-163 vs NHTSA, utilizando la flota mexicana año modelo 2013¹⁶

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CAFE real (Km/l)	16.6	17.1	17.6	18.3	19.2	20.1	21.0	22.0	23.1
CAFE (gCO₂/km)	141.7	137.3	133.0	128.4	122.4	116.9	111.7	106.6	101.8
CAFE - 1% y 2% (Km/l)	16.4	16.9	17.4	18.0	18.9	19.8	20.8	21.7	22.8
CAFE -1% y 2% (gCO₂/km)	143.5	139.0	134.7	130.1	124.0	118.4	113.1	108.0	103.1

Fuente: Elaboración propia con base en NHTSA

¹⁶ Los parámetros para evaluar las metas de la continuación de la NOM-163 están en el Anexo 1.

Para estimar los beneficios de aplicar esta regulación, se evaluarán dos escenarios en un horizonte de tiempo de veinte años, tomando como año base el promedio ponderado de g CO₂/km (y su equivalente en Km/l) del último año regulado, 2016.

1. **Escenario con impacto temporal.** Se reportarán los ahorros generados por los vehículos comercializados en el periodo 2017-2037 considerando toda su vida útil. A partir de 2026 se asume que el rendimiento se mantiene igual al del año base (2016).
2. **Escenario con impacto permanente.** Se reportan los ahorros generados por los vehículos vendidos en el periodo 2017-2037 considerando toda su vida útil. A partir de 2026 se asume que el rendimiento se mantiene igual al del último año regulado (2025).

Tabla 33 Comparación de beneficios de la continuidad NOM-163 versus NHTSA

	Escenario temporal	Escenario permanente
	Millones de toneladas evitadas de CO ₂	
NHTSA	98.81	400.09
Continuidad NOM-163	93.61	386.70

Fuente: Elaboración propia con datos de NHTSA

Dado que no se realizó una evaluación cuantitativa de los créditos de las propuestas es importante mencionar algunos aspectos. La NOM-163 actual contiene créditos basados principalmente en la provisión de información por parte de la industria sobre sus planes futuros de oferta tecnológica. Es necesario cambiar a que los créditos se den en función de la inclusión de las tecnologías en las flotas como lo hace la regulación americana para que los créditos estén basados en reducciones reales de emisiones.

La EPA, NHTSA y el Estado de California, emitieron la regulación de manera conjunta como un programa unificado para regular las emisiones de gases de efecto invernadero y rendimiento de combustible, por lo que ambos estándares (GEI o Km/l) están creados de tal forma que sean equivalentes entre ellos, por lo que no pueden mezclarse.

Por ejemplo, las metas tanto en mpg (Km/l) de CAFE serían las mismas en su equivalencia de g CO₂/milla (g CO₂/km) para EPA, usando únicamente las reducciones de CO₂ del escape. Sin embargo, la regulación de EPA incluye todos los gases de efecto invernadero y tiene la oportunidad de acceder a créditos por el uso de refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global (estos gases no influyen sobre el rendimiento de combustible). Es por esto que las curvas de CAFE parecen menos "exigentes", pero en realidad las curvas fueron creadas de esta forma intencionalmente asumiendo que todos los corporativos aprovecharán al máximo los créditos por refrigerantes al cumplir con la regulación de EPA. Ambas regulaciones americanas exigen metas, ya sea en términos de gases de efecto invernadero o en rendimiento de combustible pero de manera separada.

7. Análisis de propuesta de armonización con la Regulación Europea

Como fue mencionado en la parte sobre experiencias internacionales, la Unión Europea se ha caracterizado por ser pionera en normas de eficiencia energética, así como en la exigencia de sus metas. Su metodología es distinta a la aplicada por Estados Unidos, México y Canadá. Esta sección describirá sus características técnicas y su aplicación a la flota mexicana.

Vehículos de pasajeros

En diciembre de 2009, el Parlamento Europeo adoptó un estándar obligatorio, cuyo objetivo promedio para la flota era de 130 g CO₂/km para 2015. Esta regulación utiliza el ciclo de prueba europeo (NEDC). El estándar establece un objetivo específico de emisión para cada vehículo y después para cada fabricante, basado en el peso bruto vehicular (PBV en kg). Los vehículos más ligeros tendrán metas de CO₂ más estrictas y los pesados tendrán metas más laxas y se calcularán de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Meta específica por vehículo de CO}_2 = 130 + 0.0457 \times (M - M_0),$$

En donde:

M= Corresponde al peso bruto vehicular (kg) del vehículo

M₀= Representa 1372 kg, que corresponden al promedio ponderado de la flota para los años 2012-2015.

0.0457= factor que significa que por cada 100 kg adicionales al peso de vehículo, se permitirán 4.57 g CO₂/km.

- A principios de 2014, se actualizaron las metas a largo plazo: 95 g CO₂/km del 95% de las ventas al 2020 y el 100% a finales de 2020 en adelante. El peso del vehículo permanece como el parámetro subyacente pero el factor utilizado se actualiza a 3.33 g/km de CO₂.
- Para el 2025 el parlamento Europeo ha propuesto un rango indicativo entre 68-78 g/km para vehículos de pasajeros.

Camionetas ligeras

En mayo de 2011, el Parlamento Europeo adoptó el Reglamento (UE) 510/2011, con el objetivo de regular las emisiones de CO₂ de los vehículos comerciales ligeros (LCV) por primera vez.

La meta se fijó en 175 g CO₂/km y se introducirá de manera gradual entre 2014- 2016. A largo plazo, y después de ciertos ajustes¹⁷, se estableció una meta al 2020 de 147 g CO₂/km. La estructura de la legislación es similar a la regulación de los vehículos de pasajeros:

$$\text{Meta específica por vehículo de CO}_2 = 175 + 0.096 \times (M - M_0)$$

Evaluación de la regulación para el caso mexicano

En este capítulo se hará una evaluación de la regulación europea para el caso mexicano. La elaboración de la regulación Europea está estrechamente ligada a las características técnicas de su flota, misma que difiere en gran proporción en tamaño, peso y combustibles a la flota mexicana, por lo que resulta en un estándar más estricto que la regulación de la EPA.

Debido a que el 98% de los de los vehículos vendidos en México se basan en el ciclo de prueba americano (FTP75), para poder evaluar a la flota mexicana se convirtieron los valores de rendimiento de combustible en Km/l a emisiones de FTP75 a NEDC para la flota vehicular 2013. La siguiente tabla muestra el peso y las emisiones de ambas flotas:

Tabla 34 Tabla comparación del peso y emisiones de la flota mexicana y la europea 2013

	gCO ₂ /km*		PBV**	
	México	UE	México	UE
VP	163	127	1,684	1,372
CL	254	173	2,732	1,706

*Ciclo de prueba NEDC.

** No se contaba con la información de PBV de todas las armadoras en el mercado mexicano, el PBV de la tabla representa el 87% de las ventas para VP y 70% para CL. Se asume la misma metodología para emisiones para mantener consistencia.

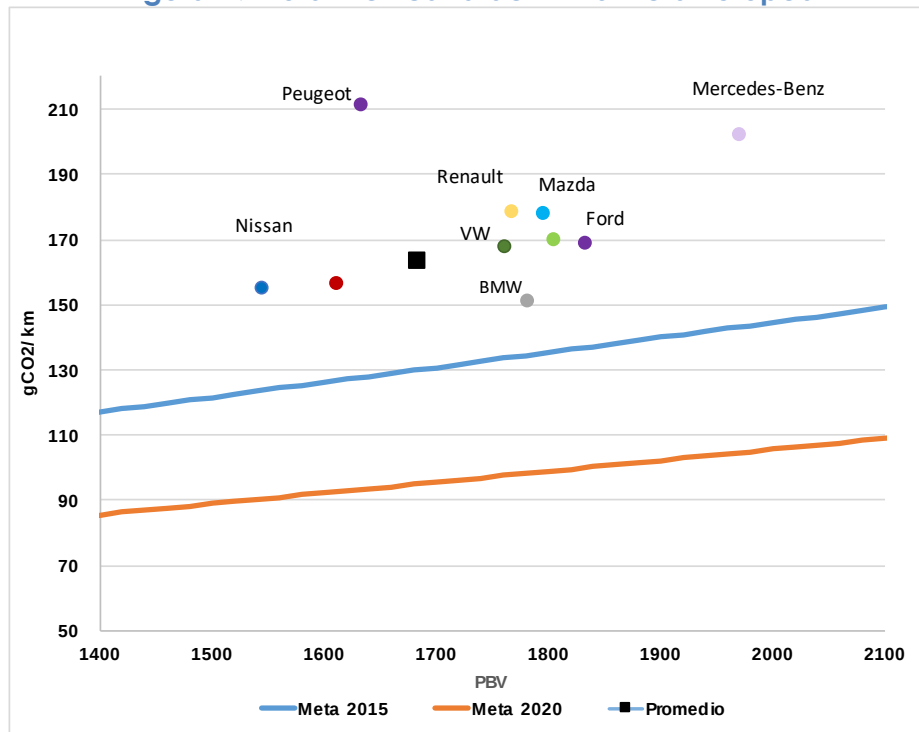
Fuente: Elaboración propia con datos disponibles

¹⁷ El objetivo inicial era de 135 gCO₂/km para el 2020 y se desfasa un año el objetivo a corto plazo. (ahora 2017 en lugar de 2016).

La incertidumbre en la evaluación de esta regulación puede ser alta, por diversas razones:

- La UE establece metas únicas y diferenciadas entre vehículos de pasajeros (metas fijas para 2015 y 2020) y camionetas ligeras (metas fijas para 2017 y 2020).
- No existe una meta con ambas categorías bajo un promedio ponderado por ventas. El cumplimiento y las sanciones se aplican en cada categoría y por vehículo.
- Su algoritmo de cálculo se basa en una función lineal que establece una meta fija (por ejemplo 130 g CO₂/km para 2015), utiliza el promedio ponderado del peso de la flota en kg, y un factor para medir cada 100 kg adicionales al peso promedio establecido del vehículo regulado. En este ejercicio, para el caso mexicano se utiliza la misma función lineal, sin embargo, como pudo observarse en la tabla 34, el peso de la flota mexicana es mucho mayor que la europea, por lo que la meta fija puede representar un objetivo demasiado estricto para México.
- La definición de camionetas ligeras es muy diferente a la mexicana. La categoría de vehículos comerciales ligeros de la UE representa alrededor del 10 por ciento de los vehículos ligeros de esa región, siendo que para México es entre 25% y 35% y el peso bruto vehicular máximo de un vehículo comercial ligero es de 3,500 kg, siendo que para México es de 3,857 kg.
- Las emisiones de las flotas 2013, de ambas categorías en la UE, están muy por debajo de las mexicanas (ver tabla 34). Por lo que metas podrían representar un alto costo para el cumplimiento de los corporativos.
- En las siguientes gráficas, se simula como se verían los corporativos de tener que cumplir con la regulación al 2015 y 2020 para vehículos de pasajeros y al 2017 y 2020 para camionetas ligeras. Estas estimaciones se hicieron bajo el ciclo de prueba NEDC, utilizando la misma función lineal ajustada por el peso bruto vehicular promedio de las categorías mexicanas.

Figura 19 Flota mexicana de VP vs meta Europea



* Ciclo de prueba NEDC.

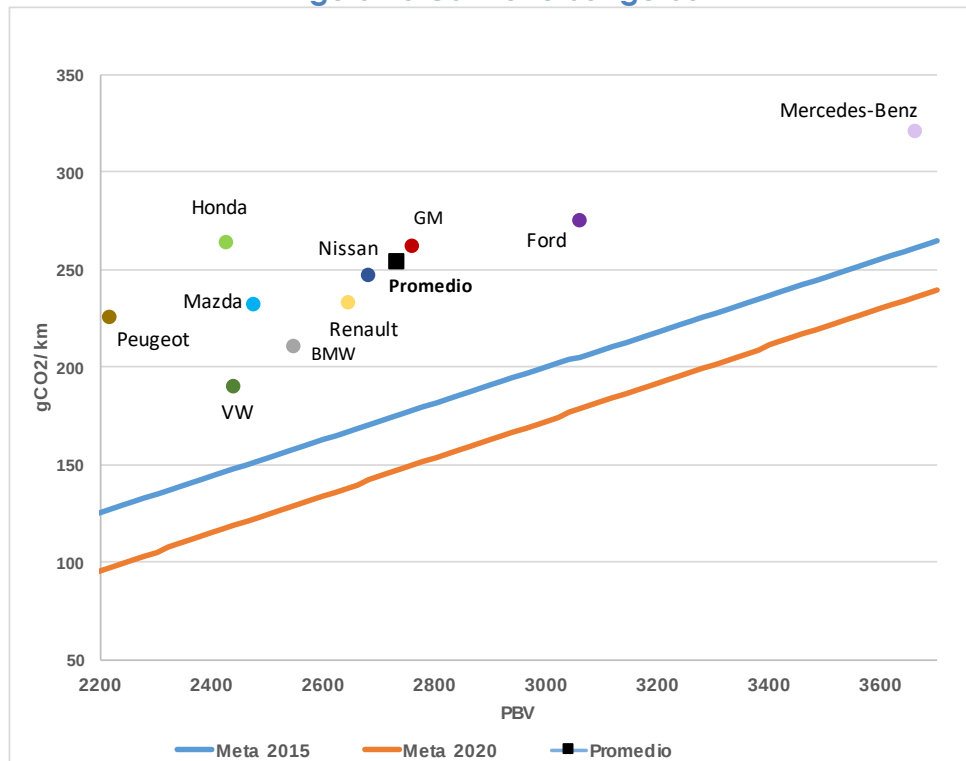
* Para la elaboración de este análisis únicamente se utilizaron los datos de los corporativos presentes en la gráfica, que representan el 87% de las ventas de esta categoría.

* En la regulación europea se actualizará el peso promedio de la flota para la ecuación del 2020 para los observados de los próximos años, por lo que la meta de este año podría variar. Para este ejercicio se asume el mismo PBV promedio de 2013, para ambas metas.

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles

Como puede observarse en la figura 19, todos los corporativos analizados están por arriba de la meta planteada por la UE para el 2015, y mucho más para la meta del 2020. Siendo que para este año modelo (2013) todos los corporativos de la UE ya habían cumplido con una meta establecida en 2015 y empezaban a acercarse a la meta del 2020 (ICCT, 2014). Si se aplicara esta regulación a la flota de México, se requeriría un esfuerzo de reducción en emisiones del 20% para el 2015 y de 42% para el 2020.

Figura 20 Camionetas ligeras



* Ciclo de prueba NEDC.

* Para la elaboración de este análisis únicamente se utilizaron los datos de los corporativos presentes en la gráfica que representan el 70% de las ventas de esta categoría.

* En la regulación europea se actualizará el peso promedio de la flota para la ecuación del 2020 para los observados de los próximos años, por lo que la meta de este año podría variar. Para este ejercicio se asume el mismo PBV promedio de 2013, para ambas metas.

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles

El caso de las camionetas ligeras tiene un grado de incertidumbre aún mayor, ya que las características de las categorías entre México y la UE pueden ser muy distintas, por ejemplo, la flota de camionetas ligeras es más pesada que la europea por 1,026 kg, un 40% mayor. En este caso, el promedio de la flota mexicana (año-modelo 2013) necesitaría un esfuerzo de reducción de 31% (casi 80 g CO₂/km) y un 42% para el 2020 (alrededor de 106 g CO₂/km).

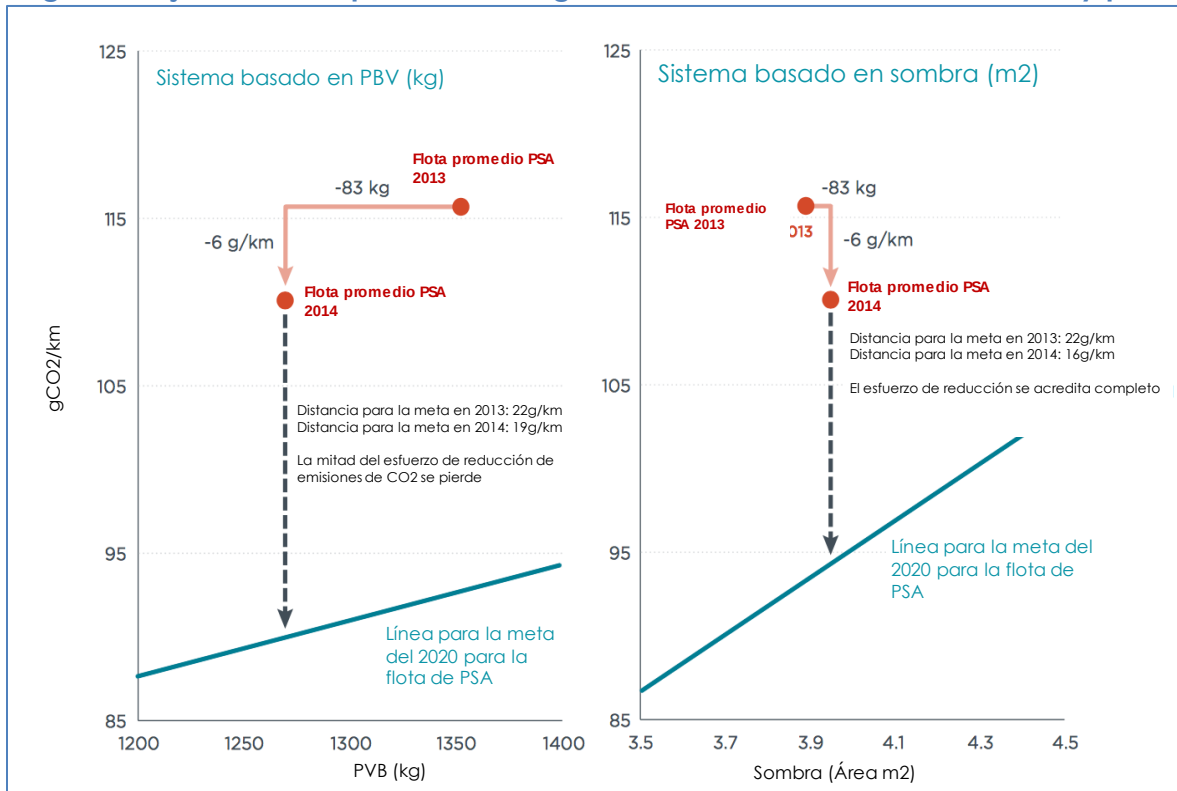
Adicional a la dificultad en la implementación de esta regulación sobre la flota mexicana, existen argumentos de que una norma basada en el atributo de la sombra podría ser más eficiente y benéfica que aquella basada en el peso bruto vehicular (ICCT, 2015).

Existen varias razones técnicas y políticas por las que NHTSA y EPA aseguran que la sombra es el atributo más adecuada para regular a la flota de vehículos ligeros, a pesar de que algún otro atributo (como el peso bruto vehicular) pudiera estar mejor correlacionado al ahorro de consumo de combustible y emisiones (EPA, 2012).

En un análisis elaborado recientemente por el ICCT (2015), se muestra como esta regulación basada en el PBV podría provocar un incentivo perverso a que los corporativos no busquen reducir el peso ya que la regulación se volvería más estricta. Se analiza el caso específico del fabricante PSA (Peugeot-Citroën), corporativo que entre 2013 y 2014 redujo su peso en 6%, debido principalmente a la mejora en las técnicas de producción y el uso de materiales de ultra-alta resistencia. Al tener un peso menor las emisiones ganadas por este cambio se redujeron significativamente puesto que la nueva meta de emisiones por cumplir se vuelve más estricta.

Este efecto en la disminución del PBV promedio de PSA se ilustra en la figura 21. De la reducción de los 6 g CO₂/km entre 2013 y 2014, la mitad del ahorro de esas emisiones de CO₂ se pierden para el corporativo. Esto es porque al mismo tiempo que el PBV promedio se reduce en 83 kg, la meta con la que el corporativo tendría que cumplir se vuelve más estricta para el 2020. En contraste con un sistema basado en el atributo de la sombra (área en m²), la meta de la flota de PSA se hubiera mantenido fija, sin estar influenciada por las mejoras tecnológicas en el peso y los 6 g CO₂/km reducidos habrían sido acreditados completos para PSA. Mientras que la reducción del peso se empiece a convertir en una medida importante para reducir emisiones de CO₂, habrá un desincentivo para todos los corporativos para buscar mejoras en este atributo.

Figura 21 Ejercicio comparativo de regulación entre el atributo de sombra y peso



Fuente: ICCT, 2015

Un estándar basado en la sombra permite a los fabricantes aplicar diseños y materiales eficientes relacionados con el peso, manteniendo la misma sombra, lo que es un medio eficaz para mejorar en rendimiento y reducir las emisiones de GEI. Por otro lado, dependiendo del diseño, un estándar basado en el peso puede crear desincentivos a los fabricantes para aplicar estos materiales eficientes, porque la meta se volvería más exigente conforme el peso va disminuyendo.

EPA y NHTSA consideran que hay un menor riesgo de “gaming” (cambiar el atributo para obtener una meta más laxa) al utilizar la sombra en lugar del peso u otro atributo de un vehículo. Es relativamente sencillo para un fabricante adicionar peso suficiente a un vehículo para disminuir su meta de rendimiento, comparado con la posibilidad incrementar la sombra con los mismos objetivos (EPA, 2012).

Esto tampoco significa que un sistema basado en la sombra elimina por completo el “gaming”. Sin embargo, de todos los análisis y estudios realizados en EEUU en los que se basaron ambas regulaciones, este sistema resultó tener el mejor resultado entre

las posibles modificaciones que pudieran afectar la seguridad del vehículo. Para estos análisis fueron considerados atributos como el peso, sombra (área general), sombra (distancia entre ejes), potencia y capacidad de remolque (EPA, 2012).

8. Propuesta de anteproyecto de modificación a la NOM-163 y su análisis costo-beneficio social.

Como parte de la tarea 3 para el documento final del presente proyecto de evaluación de la efectividad de la NOM-163, la GIZ requirió la elaboración y entrega de modificación de la NOM-163 y su análisis costo-beneficio. Este capítulo incluye la definición del problema y objetivos generales de la regulación, la identificación de posibles alternativas a la regulación, el análisis costo-beneficio de la propuesta de actualización y la versión final de la propuesta de modificación de la NOM, tal y como fue establecido en la propuesta técnica del presente proyecto que atendía a sus términos de referencia.

8.1. Definición del problema y objetivos generales de la regulación.

La presente propuesta de actualización de la NOM-163 es una de las acciones de mitigación que pretende implementar el Gobierno Federal para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) e incrementar el rendimiento de combustible en los vehículos ligeros nuevos. Este tipo de acciones contribuirá, en conjunto con las del resto del mundo, a estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera, lo cual tendrá una mitigación de los efectos del cambio climático a nivel global. Las emisiones de GEI de origen antropogénico, mismas que incluyen las emisiones de bióxido de carbono (CO₂), son causantes en gran medida del problema del cambio climático a nivel global. Entre las actividades que las originan está el consumo de combustibles fósiles, por ejemplo: en los equipos de combustión interna denominados motores, mismos que están incorporados en los vehículos. Las consecuencias del fenómeno de cambio climático impactan el proceso de crecimiento económico y de desarrollo, el bienestar humano y la integridad del capital natural del mundo entero. En México se prevé que el fenómeno tenga impactos negativos en el sector agropecuario, el sector hídrico, la biodiversidad, el turismo, la infraestructura y a la salud de la población. Es importante mencionar que más allá de los valores económicos que puedan asignarse a los impactos climáticos o a los procesos de mitigación, es necesario evitar pérdidas irreversibles como los de biodiversidad. Algunas estimaciones de los costos económicos de los impactos planteados para el 2100, son al menos tres veces superiores que los costos de acciones mitigación del 50% de las emisiones del país (Galindo, 2009 Economía del

Cambio Climático en México. Gobierno Federal). Asimismo, uno de los escenarios del estudio “La Economía del Cambio Climático en México” evalúa, con una tasa de descuento del 4% anual, que los impactos climáticos alcanzan en promedio el 6.2% del PIB actual, mientras que los costos de mitigación representan entre el 0.70% y 2.21% del PIB, considerando un precio por tonelada de carbono de 10 y 30 dólares respectivamente. Es claro que los costos de la inacción son más elevados que la participación en un acuerdo internacional equitativo y que es indispensable una acción inmediata y decidida para abatir los peores impactos del cambio climático (Galindo, 2009 Economía del Cambio Climático en México. Gobierno Federal). En otro orden de ideas, en el mundo existe un incremento constante de la demanda de energía y que más del 85% de dicha energía proviene de recursos naturales no renovables, principalmente, hidrocarburos y carbón. En consecuencia, la alta dependencia del uso de combustibles fósiles hace que el sector energía sea uno de los principales emisores de GEI.

La presente propuesta de actualización de la Norma Oficial Mexicana NOM-163 establece los parámetros y la metodología para el cálculo de los promedios corporativos meta y observado de las emisiones de gases de efecto invernadero expresados en gramos de bióxido de carbono equivalente por kilómetro (g CO₂e/km), con base en los vehículos automotores ligeros nuevos, con peso bruto vehicular que no exceda los 3 857 kilogramos, que utilizan gasolina o diésel como combustible cuyo año-modelo sea 2017 y hasta 2025 y que se comercialicen en México.

Lo anterior, permitirá que se introduzcan al mercado vehículos con menores emisiones de GEI y que por tanto presenten mejores rendimientos de combustible, permitiendo al usuario final obtener beneficios económicos por la reducción en el consumo de combustible para sus recorridos y los beneficios sociales para el país por la disminución en la emisiones de bióxido de carbono equivalente que se emiten a la atmósfera.

8.2. Identificación de posibles alternativas a la regulación.

No emitir ninguna actualización de la regulación.

Los costos de no emitir una actualización a la presente regulación es continuar con el escenario tendencial en reducción de emisiones GEI y consumo de gasolina de antes de la publicación de la NOM-163. Actualmente, se ha observado que las emisiones promedio ponderado por ventas de los vehículos nuevos se ha ido reduciendo gracias a la publicación de la NOM-163. Por ejemplo, para los vehículos año-modelo 2014 las emisiones promedio ponderadas fueron de 168.41 g CO₂/km (13.94 Km/l) cuando en un escenario sin la regulación se estimaba que serían de 190.87 g CO₂/km (12.3 Km/l). De no actualizarse la NOM-163, no se podrá garantizar que se seguirá con esta tendencia de reducción de emisiones. Se ha observado que en ausencia de una regulación, los cambios en las emisiones en el tiempo son nulos o muy lentos. Por ejemplo, en el año 2009 las emisiones fueron de 195.6 g CO₂/km (12 Km/l), mientras que para el 2010 fueron de 190.87 g CO₂/km (12.3 Km/l), lo cual significa un cambio de 3%, bajo el entendido que con la regulación se busca que las reducciones anuales promedio sean de 5%.

Esquemas voluntarios

La Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) y la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM), desde el año 2000, celebraron un Convenio de Coordinación, con el objeto de buscar mejorar el desempeño ambiental de los vehículos a gasolina nuevos a partir de los modelos 2001, facilitando la incorporación gradual de tecnologías para superar las obligaciones previstas en la normatividad aplicable a la materia, así como otorgar incentivos como la exención de verificación vehicular hasta por dos años para aquellos vehículos que cumplan con ciertos niveles de rendimiento de combustible y emisiones de NOx. No obstante lo anterior, dicho esquema al ser voluntario y de índole local (ZMVM), ha tenido resultados poco satisfactorios e insuficientes para incentivar, a través de los productores, importadores y comercializadores, la oferta en el mercado nacional de mejores tecnologías que sean más eficientes y menos contaminantes, no sólo enfocados en la ZMVM, sino en todo el país.

Información al consumidor

La información al público es una herramienta importante que se ha utilizado para la gestión de la demanda de combustibles. Al informar al público sobre las características técnicas de los vehículos en términos de su rendimiento, emisiones, e impacto en el medio ambiente por su uso, se reducen las asimetrías de información, como lo demuestra el caso europeo. En Europa, esta información está disponible a través de guías informativas, anuncios publicitarios, carteles y etiquetado en los vehículos, lo cual se ha reflejado en que, con cada vez mayor frecuencia, los consumidores de vehículos nuevos consideren las características ambientales de los vehículos en sus decisiones de compra (Gärtner, 2005). En el caso de la información al consumidor en México, la Comisión Nacional del Uso Eficiente de Energía (CONUEE), la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Economía (SE) firmaron, en el 2002, un convenio de colaboración con la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), el cual le permite publicar la información de los rendimientos de los vehículos nuevos. Dicha información se encuentra disponible dentro del sitio Web de la CONUEE (www.conuee.gob.mx). Aunado a lo anterior, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la CONUEE, SEMARNAT y la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) publicaron, en el 2008, el Portal web de Indicadores de Eficiencia Energética y Emisiones Vehiculares (www.ecovehiculos.gob.mx), en donde se muestran, para cada vehículo, los rendimientos de combustible (Km/l), las emisiones de bióxido de carbono (grCO_2/km), de óxidos de nitrógeno ($\text{gr NO}_x/\text{km}$) y una estimación de las toneladas de CO_2 emitidas al año. A pesar de tener una buena respuesta, en términos del número de visitantes y de usuarios de la información pública, el impacto de las páginas electrónicas, medido por el cambio en la composición de la flota, no se ha cuantificado y es probable que sea marginal. Además, dicha información sólo está disponible para los usuarios de la Internet, por lo que su impacto aún es reducido en nuestro país. A pesar de ser un instrumento con un costo marginal menor, comparado con una norma, la información a través del etiquetado es sólo una referencia para el consumidor, pero no establece ninguna responsabilidad u obligación para el fabricante o el importador. Asimismo, el consumidor, a pesar de contar con la información ambiental, puede tener otros elementos de decisión para efectuar su compra, como por ejemplo seguridad, lujos, tamaño, potencia, etc.

Emitir una norma mexicana (NMX).

Debido al carácter voluntario de las normas mexicanas, se considera que el efecto de dicha medida podría ser parecido al del acuerdo voluntario de la CAM, comentado en la opción "esquemas voluntarios", mismo en el que los resultados son insuficientes, al no haber una obligatoriedad para los sujetos regulados. Una experiencia internacional respecto de instrumentos voluntarios, se suscitó en Europa. En 1998, la Comisión Europea firmó un acuerdo voluntario, mismo que comprometía a cada armadora a cumplir con un objetivo de 140 g CO₂/km, en el año 2009. Si bien, en los primeros años del compromiso se lograron los objetivos, a partir de 2004, los fabricantes dejaron de cumplir. Una variable clave al éxito inicial se debió a la "dieselización" del parque vehicular. Esta tendencia surgió por la eficiencia de los motores y el contenido energético del combustible.

Incentivos económicos

Incrementar los precios de la gasolina, podría ser un buen indicador de la escasez relativa de los combustibles y las externalidades ambientales negativas de su uso, por lo que es una herramienta de política pública para disminuir su consumo. En países con precios en los combustible superiores al promedio, se ha logrado reducir el consumo en vehículos nuevos y en circulación, así como el nivel de congestionamiento, mejorando la movilidad y cambiando la composición de la flota vehicular a vehículos más eficientes (Stern, 2007). Elevar el precio del combustible origina, por parte de la sociedad, varias estrategias de ahorro, entre las cuales se encuentran comprar vehículos más eficientes, conducir menos, utilizar transporte público, compartir vehículo, etc. Todo esto traería beneficios comparables en términos de reducción en el consumo de combustible y la consecuente disminución de emisiones de GEI a los de una norma consistente con la propuesta de actualización regulatoria; sin embargo, la política de precios en México fue, por muchos años, mantener constantes los precios en términos reales debido, por un lado, a la resistencia por parte de la sociedad a aceptar mayores precios de los combustibles y, por otro lado, a la existencia de barreras políticas como desacuerdos en diferentes órdenes de gobierno y de impacto social generado por una percepción negativa de la sociedad como consecuencia del incremento generalizado de los precios. Durante el período 2010-2014, los precios de la gasolina y el diésel aumentaron 38% aproximadamente, en términos reales (pesos

del 2010), lo que redujo el subsidio implícito y envió una señal de precio a los consumidores, aunque el tener un impuesto o un subsidio depende de los precios internacionales y la Ley de Hidrocarburos recientemente aprobada (2014), establece que los precios únicamente se ajustarán a la inflación en el período desde 2015 hasta 2017, dejando al Gobierno Federal el control sobre los precios nacionales en el caso de alta volatilidad en el mercado internacional. Es sólo a partir de 2018 que los precios se establecerán en condiciones de mercado, pero la ley no menciona ningún otro cambio en términos fiscales en relación con un impuesto sobre el combustible, lo cual significa que las políticas de precios podrían aún revertirse con un impacto perjudicial para el rendimiento de combustible de la flota y sin una nueva regulación para el período 2017-2025 las metas alcanzadas en estos años se estancarán.

A pesar de que existen diferentes alternativas para hacer más eficiente el consumo de gasolina y disminuir las emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos, ninguna de ellas tienen los resultados esperados del proyecto propuesto. En el caso del incremento en los precios de la gasolina, para alcanzar los mismos beneficios equivalentes que el proyecto propuesto, existen barreras políticas como desacuerdos en diferentes órdenes de gobierno y de impacto social dado por una percepción de la sociedad por el incremento generalizado de los precios. En cuanto al etiquetado, éste ha tenido resultados limitados ya que sólo otorga información a los consumidores; sin embargo, queda a la elección de los compradores de vehículos nuevos la prerrogativa de adquirir vehículos eficientes y con menores emisiones. De acuerdo a la experiencia internacional, las medidas anteriores son consideradas medidas complementarias y no sustitutas a las normas de emisiones de GEI, por lo que es necesario tomarlas en cuenta a la par de una regulación como la propuesta; esto, con el fin de incrementar los beneficios y alcanzarlos a un menor costo para la sociedad. La presente propuesta normativa tiene las siguientes fortalezas: 1) Dado el resultado del análisis de los costos de cumplimiento y los beneficios netos estimados que se pueden alcanzar (ver a continuación el ejercicio costo-beneficio), la regulación propuesta es la mejor herramienta de política pública para reducir las emisiones de CO₂ y por ende, el consumo de combustible de los vehículos. 2) De acuerdo con su objetivo y campo de aplicación, la propuesta, en el corto plazo, permite alcanzar un costo beneficio mayor que las otras opciones; adicionalmente, en el largo plazo, permite obtener mayores

beneficios-país, con base a que la renovación paulatina de la flota vehicular estará acompañada de mejoras tecnológicas. 3) El carácter obligatorio de la medida permite la reducción de emisiones de bióxido de carbono y la mejora del rendimiento de combustible planteadas en los Programas Especiales de Cambio Climático; asimismo, brinda certeza a los sujetos regulados, en cuanto a las especificaciones que deben cumplir.

8.3. Análisis Costo-Beneficio

Esta sección describe la metodología empleada para estimar los beneficios esperados por la aplicación del proyecto de NOM en materia de ahorros en el consumo de gasolina y de emisiones evitadas de bióxido de carbono y contaminantes locales. También se presenta la metodología para la medición del incremento en costos por cambios tecnológicos por vehículo y el balance total de costos y beneficios agregados y por vehículo.

Sección I. Estimación de beneficios sociales por la instrumentación del proyecto de NOM.

Siguiendo la práctica internacional, la metodología empleada estima los beneficios, considerando la diferencia en rendimiento y emisiones para el periodo comprendido entre el último año antes de la entrada en vigor de la actualización de la regulación actual (2016) y los dos escenarios siguientes:

- a) **Escenario con impacto temporal.** Se reportan los ahorros generados por los vehículos comercializados en el periodo 2017-2037 considerando toda su vida útil. A partir de 2026 se asume que el rendimiento se mantiene igual al del año base, que es el rendimiento del último año regulado de la NOM-163 (2016).
- b) **Escenario con impacto permanente.** Se reportan los ahorros generados por los vehículos comercializados en el periodo 2017-2037 considerando toda su vida útil. A partir de 2026 se asume que el rendimiento se mantiene igual al del último año regulado de esta actualización (2025).

8.3.1. Metodología para el cálculo de beneficios en combustible

El cálculo de los beneficios agregados de ahorro de combustible de la propuesta de norma de emisiones de CO₂ y rendimiento de combustible, se hace a partir de un modelo “bottom-up”. A partir de una simulación de los kilómetros recorridos de los vehículos nuevos a lo largo de su vida útil, se obtiene el consumo de combustible bajo los dos escenarios de rendimiento de combustible planteados previamente (permanente y temporal), que responderían a la aplicación de la regulación y otro escenario considerado como línea base; es decir, sin actualizar la regulación.

El primer paso consiste en estimar el consumo de combustible de los vehículos nuevos a lo largo de su esperanza de vida útil, tanto para los escenarios con norma, como para el escenario sin norma. El consumo de combustible para el escenario sin norma para el año i se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Consumo combustible}_{\text{sinNOM}} = \sum_{2017}^{2037} \text{km}_i * \text{EV}_i * \left(\frac{\frac{1}{\text{km}}}{l_{\text{sinNOM}_i}} * \text{factor de ajuste} \right) * \text{ventas}_i$$

En donde:

Consumo combustible_{sinNOM_i} = consumo de combustible de los vehículos nuevos año-modelo i hasta el último año-modelo del análisis

km_i = kilómetros recorridos dada la edad del vehículo en el año i

EV_i = probabilidad de sobrevivencia dada la edad del vehículo en el año i

Km/l_{sin NOM} = kilómetros por los litros consumidos para el año i de un escenario sin actualización de la norma (15.58 Km/l)

Factor ajuste = factor de 20% para ajustar el consumo de combustible de pruebas de laboratorio con respecto al consumo en circulación¹⁸

ventas_i = ventas estimadas para el año-modelo i

¹⁸ El factor de ajuste es necesario, ya que se reporta el consumo de combustible que proviene de pruebas de laboratorio y que es aproximadamente 20% menor que el consumo que se presenta en vehículos en circulación (EPA y NHTSA, 2010).

El consumo de combustible para los escenarios con norma para los vehículos nuevos del año modelo i se obtiene de manera similar al escenario base, pero se considera el incremento en el rendimiento de combustible por la implementación de la norma para el periodo 2017-2025, de la siguiente manera:

$$\text{Consumo combustible}_{conNOM} = \sum_{2017}^{2037} kmi * EVi * \left(\frac{\frac{1}{km}}{l_{conNOMi}} * \text{factor de ajuste} \right) * ventasi$$

En donde:

Consumo combustible $_{conNOM_i}$ = consumo de combustible que generan los vehículos nuevos año-modelo i hasta el último año-modelo del análisis.

kmsajusi = kilómetros recorridos dada la edad del vehículo en el año i

EV_i = probabilidad de sobrevivencia dada la edad del vehículo en el año i

Km/l_{con NOM} = kilómetros por los litros consumidos para el año i de un escenario con norma

Factor ajuste = factor de 20% para ajustar el consumo de combustible de pruebas de laboratorio con respecto al consumo en circulación

ventas_i = ventas estimadas para el año-modelo i

Así, los ahorros de combustible se calculan por un periodo de veinte años, a partir del año modelo 2017 y teniendo como último año-modelo regulado el 2025, durante toda su vida útil (de 26 años) utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro combustible}_i = \text{consumo combustible}_{sinNOMi} - \text{consumo combustible}_{conNOMi}$$

Dónde:

Ahorro combustible_i = ahorro de combustible para el año modelo i

consumo_combustible_{sinNOM_i} = consumo de combustible del escenario sin actualización de la norma para el año-modelo i

consumo_combustible_{conNOM_i} = consumo de combustible del escenario con norma (2017-2025) para el año modelo i

Se ha documentado que el incremento en el rendimiento de combustible se acompaña del efecto “rebote”; es decir, al incrementar el kilometraje que se obtiene por litro consumido, se reducen los costos por kilómetro y esto resulta en un incentivo para los conductores para recorrer un mayor número de kilómetros. El efecto rebote, cuantificado en términos de kilómetros recorridos, se calcula con el cambio porcentual del gasto en combustible por el incremento en el rendimiento de combustible y un incremento del 10% en el total de los kilómetros recorridos:

$$\Delta \text{Kilómetros}_i = \frac{\left(\frac{\text{consumo}_{\text{sinNOM}_i} * \text{precio_gas}}{\text{Km}_i} \right) - \left(\frac{\text{consumo}_{\text{conNOM}_i} * \text{precio_gas}}{\text{Km}_i} \right)}{\left(\frac{\text{consumo}_{\text{sinNOM}_i} * \text{precio_gas}}{\text{Km}_i} \right)} * 0.1$$

$* \text{Tot_kms}_i$

En donde:

$\Delta \text{Kilómetros}_i$ = cambio en los kilómetros en el año i que se explican por el incremento de la eficiencia de los vehículos en sus recorridos

consumo_{sinNOM_i} = consumo de combustible de los vehículos nuevos que no se encuentran bajo la regulación, calculado para el año i

consumo_{conNOM_i} = consumo de combustible de los vehículos nuevos que se encuentran bajo la regulación, calculado para el año i

precio_gas = precio de un litro de gasolina, utilizando las estimaciones de la EIA

Km_i = kilómetros recorridos para el año i

Tot_kms_i = Total de kilómetros recorridos por la flota de vehículos vendidos en el año i

En Estados Unidos se ha estimado que el incremento en los kilómetros recorridos asociados con el aumento del rendimiento es de 10% con respecto al cambio en el gasto del combustible (EPA y NHTSA, 2010). Dado que en México no se tiene información para estimar esta elasticidad, se utiliza la de Estados Unidos.

El incremento en el consumo de combustible por el efecto rebote se cuantificó de la siguiente manera:

$$\text{Consumo}_{\text{efecto_rebote}_i} = \Delta \text{Kilómetros}_i * \left(\frac{1}{\frac{\text{km}}{\text{l}_{\text{conNOM}_i}}} \right) * \text{factorajuste}$$

En donde:

Consumo_{efecto_rebote_i} = consumo de combustible para el año *i* derivado de un incremento en los kilómetros recorridos por el efecto rebote para el año *i*

ΔKilómetros_i = cambio en los kilómetros recorridos por el efecto rebote en el año *i*

Km/l_{conNOM_i} = rendimiento de combustible de los vehículos nuevos en un escenario con NOM para el año *i*

Factor ajuste = factor para ajustar el consumo de combustible de la prueba de laboratorio al que se observa en la realidad

Los supuestos del modelo “bottom-up” de consumo de combustible son los siguientes:

En el presente ejercicio se emplea la proyección de ventas de vehículos nuevos utilizando una tasa de crecimiento de 3%. anual¹⁹, a partir de las ventas observadas en 2014, para el periodo 2017-2037.

Tabla 35. Proyección de ventas durante el periodo 2012-2042

Año	Proyección de ventas
2017	1,153,020
2018	1,187,611
2019	1,223,239
2020	1,259,937
2021	1,297,735
2022	1,336,667
2023	1,376,767
2024	1,418,070
2025	1,460,612

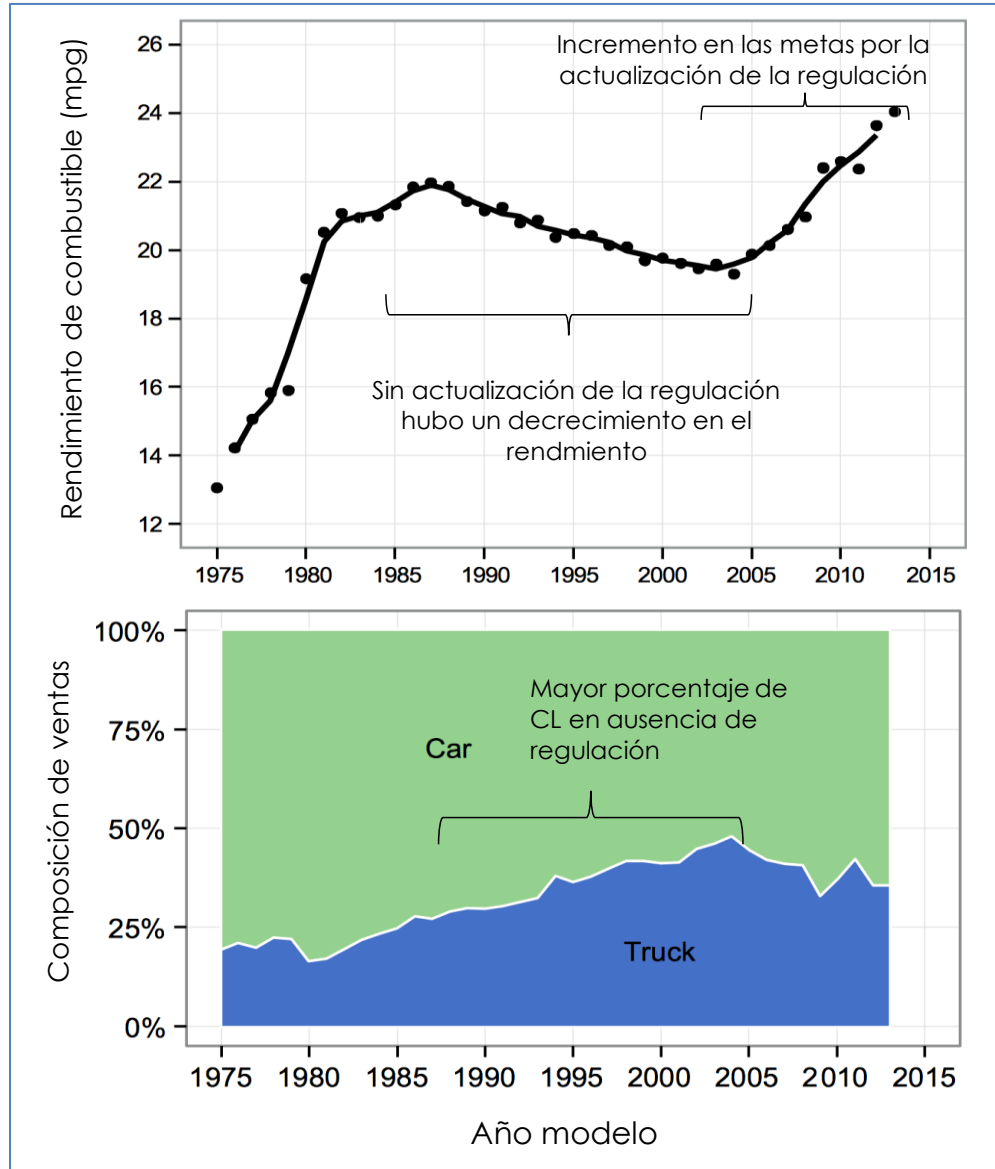
¹⁹ Esta tasa de crecimiento fue proyectada por la Industria Automotriz para la MIR de la NOM-163 hasta el 2018, posteriormente se asumió la tasa de crecimiento del PIB proyectada por la OCDE para México en años futuros, debido a la alta correlación entre ambas variables.

2026	1,504,430
2027	1,549,563
2028	1,596,050
2029	1,643,931
2030	1,693,249
2031	1,744,047
2032	1,796,368
2033	1,850,259
2034	1,905,767
2035	1,962,940
2036	2,021,828
2037	2,082,483

Fuente: estimación propia

- *Escenario línea base (asume que no hay actualización de la norma actual).* El rendimiento de combustible para el escenario de referencia es el rendimiento estimado que requiere la flota para el cumplimiento de la NOM-163 en el último año de regulación. Esta meta se calcula utilizando los parámetros del año 2016 con las características de la flota año-modelo 2013. Con base en la información disponible, el rendimiento calculado para este escenario es de 15.58 Km/l. Se asume que el rendimiento se mantiene constante durante todo el periodo de análisis. Este supuesto es congruente con lo observado a nivel internacional ante la ausencia de normas. De hecho, en Estados Unidos, el rendimiento promedio ponderado de combustible para la flota sufrió un deterioro durante el periodo 1990-2005, años durante los que la regulación de rendimiento de combustible en ese país no tuvo cambios (ver figura 22 y 23) (EPA, 2013).

Figura 22 y Figura 23. Rendimiento de combustible ajustado de Estados Unidos y composición de ventas 1975-2013



Fuente: EPA 2013, Light-Duty Automotive Technology, Carbon Dioxide Emissions, and Fuel Economy Trends: 1975 Through 2013

- *Escenario con norma.* Se utilizan los parámetros del proyecto de actualización de la NOM, con base en la información disponible al elaborar el proyecto de norma.

Tabla 36. Rendimientos de combustible asumidos para los escenarios sin norma y con norma

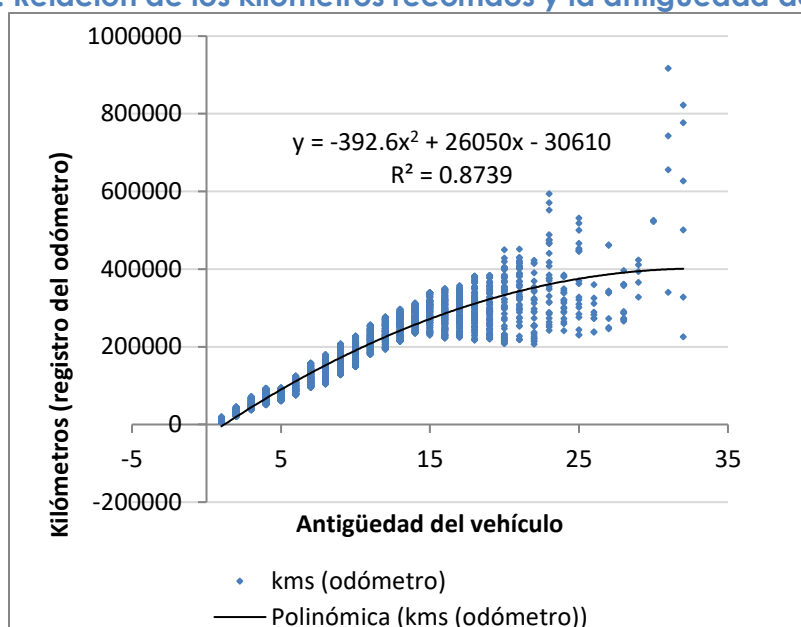
Año-modelo	Escenario sin norma*	Escenario con norma con impacto permanente
2017	15.58	17.23
2018	15.58	18.05
2019	15.58	18.91
2020	15.58	19.82
2021	15.58	21.08
2022	15.58	22.08
2023	15.58	23.15
2024	15.58	24.27
2025	15.58	25.46
2026-2037	15.58	25.46

*Rendimiento correspondiente al cumplimiento de la NOM-163 en el último año de regulación (2016) tomando como base la información disponible de los vehículos año-modelo 2013

Fuente: Elaboración propia.

- Kilómetros recorridos anualmente por vehículo. La actividad vehicular se estimó con un estudio realizado en 10 ciudades mexicanas, en las que se encuestaron más de 6,000 conductores de vehículos. Entre los reactivos de la encuesta se encontraban los kilómetros registrados en el odómetro del vehículo y el año modelo (INE, 2009). Los resultados muestran que los vehículos tienen menores recorridos anualmente conforme aumenta su edad, que un estimado aproximado de la vida útil de un vehículo con mínima varianza es de 26 años y que durante este lapso recorre aproximadamente 405,772 kilómetros.

Figura 24. Relación de los kilómetros recorridos y la antigüedad del vehículo



Fuente: Elaboración propia con datos del estudio INECC, 2009.

En México no se cuenta con la estimación de la probabilidad de sobrevivencia de los vehículos conforme aumenta su edad, por lo que se utilizaron las probabilidades que se han estimado para la flota de Estados Unidos (EPA y NHTSA, 2010).

Tabla 37. Kilómetros recorridos y probabilidad de sobrevivencia por año de vida del vehículo

Año	Probabilidad de sobrevivencia en vehículos de EUA	Kilómetros recorridos (función polinómica)	Kilómetros recorridos ajustados por la probabilidad de sobrevivencia
1	0.995	21,385	21,278
2	0.99	20,923	20,713
3	0.9831	20,460	20,115
4	0.9731	19,998	19,460
5	0.9593	19,536	18,741
6	0.9413	19,074	17,954
7	0.9188	18,611	17,100

8	0.8918	18,149	16,185
9	0.8604	17,687	15,218
10	0.8252	17,225	14,214
11	0.7866	16,762	13,185
12	0.717	16,300	11,687
13	0.6125	15,838	9,701
14	0.5094	15,375	7,832
15	0.4142	14,913	6,177
16	0.3308	14,451	4,780
17	0.2604	13,989	3,643
18	0.2028	13,526	2,743
19	0.1565	13,064	2,045
20	0.12	12,602	1,512
21	0.0916	12,140	1,112
22	0.0696	11,677	813
23	0.0527	11,215	591
24	0.0399	10,753	429
25	0.0301	10,291	310
26	0.0227	9,828	223
Total		405,772	247,760

Fuente: Elaboración propia, con base en información EPA, 2012

La Tabla 38 presenta, para cada año del período 2017-2037, el ahorro de combustible con norma respecto a la línea base, el efecto rebote y la estimación del ahorro neto de combustible. Considerando un impacto permanente de la norma, en el cual el periodo 2026-2037 continúa con el rendimiento del último año regulado (rendimiento regulado de 2025).

Tabla 38. Ahorros en consumo de combustible (millones de litros de gasolina)

	Ahorros (millones de litros de gasolina)	Efecto rebote (millones de litros de gasolina)	Ahorros considerando efecto rebote (millones de litros de gasolina)
2017	188	17	171
2018	461	41	421
2019	817	70	747
2020	1,254	104	1,150
2021	1,795	144	1,651
2022	2,411	186	2,224
2023	3,101	232	2,869
2024	3,863	280	3,583
2025	4,693	329	4,365
2026	5,516	377	5,139
2027	6,330	425	5,905
2028	7,128	471	6,657
2029	7,902	516	7,386
2030	8,648	559	8,089
2031	9,363	599	8,763
2032	10,044	637	9,406
2033	10,690	673	10,017
2034	11,303	707	10,596
2035	11,884	740	11,145
2036	12,436	771	11,665
2037	12,962	801	12,161

Fuente: elaboración propia

Con el fin de dar mayor información de los ahorros obtenidos por la implementación de la norma, los resultados se muestran de dos maneras para los escenarios permanente y temporal. Primero, los ahorros obtenidos solamente durante el periodo 2017-2037. Segundo, los ahorros obtenidos por toda la vida útil de las flotas comercializadas durante el periodo 2017-2037. De esta manera, los ahorros para el escenario con efecto permanente son de 780.6 millones de barriles de gasolina

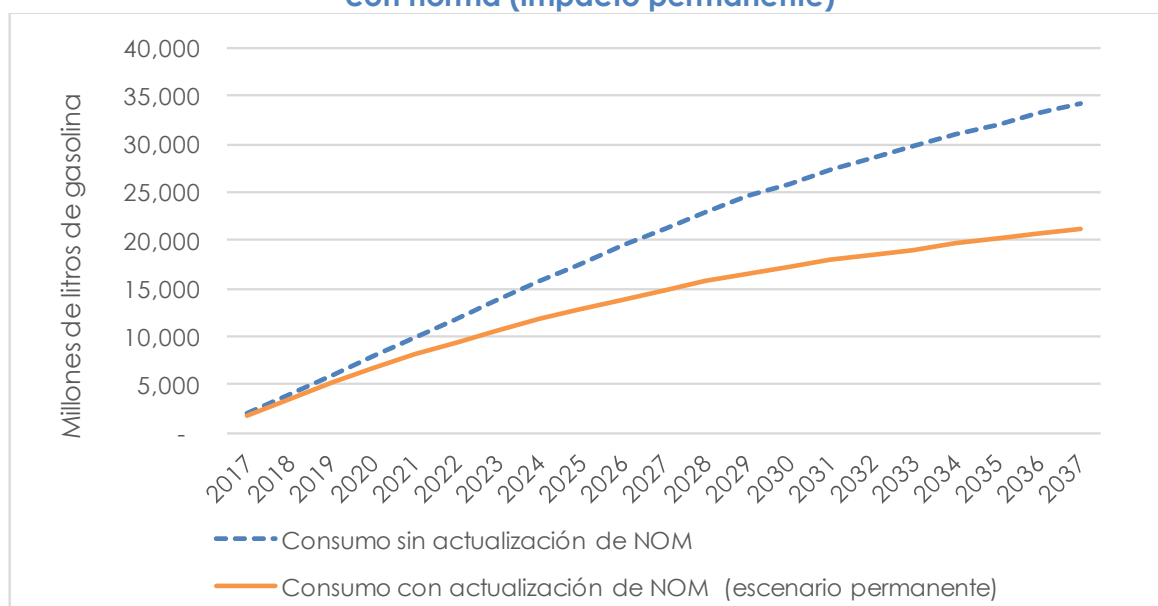
(escenario con efecto temporal de 326 millones de barriles de gasolina) durante el periodo 2017-2037. Por otra parte, los beneficios contabilizados para toda la vida útil de los vehículos vendidos en este mismo periodo para el escenario con efecto permanente, son de 1,323 millones de barriles de gasolina (escenario con efecto temporal de 350.4 millones de barriles de gasolina). La comparación con los ahorros de combustible obtenidos por el efecto temporal y permanente se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 39. Resumen de ahorros de combustible de la regulación

	Escenario con impacto temporal	Escenario con impacto permanente
Ahorros de combustible 2017-2037 (millones de barriles de gasolina)	326.3	780.6
Ahorros de combustible para la flota vendida 2017-2037 (millones de barriles de gasolina)	350.4	1,323.2

Fuente: elaboración propia

Figura 25. Consumo de combustible de vehículos nuevos bajo el escenario sin norma y con norma (impacto permanente)



Fuente: elaboración propia

8.3.2. Emisiones evitadas de CO₂

La estimación de emisiones evitadas de bióxido de carbono (CO₂) asociadas a la implementación del proyecto de norma se hizo aplicando el factor de conversión

usado por la Agencia de Protección Ambiental y el Departamento de Transporte de los Estados Unidos, entre economía de combustible (en unidades de kilómetros por litro) y emisiones de bióxido de carbono (en unidades de gramos de CO₂ por litro de gasolina), a los litros de combustible ahorrados. Este factor de conversión es 2347.6970 gramos de CO₂ por litro de gasolina (EPA-NHTSA, 2010).

Tabla 40. Emisiones evitadas de CO₂ por la instrumentación de la norma 2017-2037

	Escenario con impacto temporal	Escenario con impacto permanente
Ahorros para el periodo 2017-2037		
Ahorros de combustible (millones de litros de gasolina)	51,874	124,111
Emisiones evitadas de CO ₂ (millones de toneladas)	122	291
Ahorros para la flota vendida 2017-2037		
Ahorros de combustible (millones de litros de gasolina)	55,713	210,367
Emisiones evitadas de CO ₂ (millones de toneladas)	130	494

Fuente: elaboración propia

8.3.3. Valoración económica de los beneficios asociados con los ahorros de combustible y con las emisiones evitadas de CO₂

Los ahorros de combustibles se estiman en términos monetarios, asignando un precio al combustible y se trae a valor presente. El procedimiento se describe a continuación:

- El valor monetario final de todas las variables será expresado en pesos mexicanos año 2014 y serán expresados en su VPN del año 2016, al asumir que los beneficios/costos comienzan a partir de la actualización de esta NOM

(2017).

- Precio de la gasolina: se utiliza el precio estimado con base en la referencia internacional estimada por la “Energy Information Administration” (EIA).
- Futuros de tipo de cambio: hasta 2017 se utiliza la información de NYMEX y a partir de 2018 se utiliza la inflación objetivo de la FED y Banxico.
- Tasa de descuento: se utiliza una tasa de descuento de 3% anual, por ser una tasa intermedia para descontar beneficios ambientales en el tiempo, como sugiere el Grupo de Trabajo Inter-agencias sobre el Costo Social del Carbono (IWGSCC, por sus siglas en inglés) (IWGCC, 2015).

Tabla 41. Precios internacionales de la gasolina

Año	Precio anual de la gasolina (dólares 2014 por galón)*	Tipo de cambio (pesos por dólar, año base 2014)**	Precio anual de la gasolina*** (pesos 2014 por litro) VPN
2017	2.7	17.3	11.54
2018	2.7	18.6	12.31
2019	2.7	18.8	12.12
2020	2.7	19.1	11.96
2021	2.8	19.4	11.91
2022	2.8	19.6	11.91
2023	2.9	19.9	11.87
2024	2.9	20.2	11.86
2025	3.0	20.4	11.85
2026	3.0	20.7	11.85
2027	3.0	21.0	11.85
2028	3.1	21.3	11.84
2029	3.1	21.6	11.85
2030	3.2	21.9	11.86
2031	3.2	22.2	11.87
2032	3.3	22.5	11.89
2033	3.4	22.8	11.95
2034	3.5	23.1	12.01
2035	3.5	23.4	12.04

2036	3.6	23.7	12.08
2037	3.7	24.1	12.12

Fuente: *EIA, precio de venta ponderado para todos los grados (incluye impuestos federales, estatales y locales),

EIA, AEO2013 National Energy Modeling System, www.eia.gov;

** NYMEX, futuros del peso con información a marzo de 2017,

<http://data.tradingcharts.com/futures/quotes/MQ.html>

***elaboración propia con una tasa de descuento de 3%.

- *Costo de la tonelada de bióxido de carbono:* Se utilizó el costo social de la tonelada de bióxido de carbono que el Gobierno de Estados Unidos (IWGSCC, 2015) emplea para cuantificar los beneficios ambientales de reducción en emisiones de CO₂. Se trata del costo de un escenario intermedio de la IWGSCC (2015), que presenta valores iniciales de \$33 USD por tonelada de CO₂ en el 2010 a \$71 USD por tonelada en el 2050 (en dólares de 2007).

Tabla 42. Valor de la tonelada de CO₂ (IWGSCC, 2015)

Año	Valor tonelada de CO ₂ con una tasa de descuento de 3% (dólares ₂₀₁₄ /tonelada)
2017	45.7
2018	46.8
2019	48.0
2020	49.1
2021	50.2
2022	51.4
2023	52.5
2024	53.7
2025	54.8
2026	56.0
2027	56.0
2028	57.1
2029	58.2
2030	59.4
2031	60.5
2032	61.7
2033	62.8

2034	64.0
2035	65.1
2036	66.2
2037	67.4

Fuente: elaboración propia con datos de IWGSCC, 2013

El valor de las reducciones de las emisiones de CO₂ se estima para cada año de acuerdo al valor de la tonelada de carbono (Tabla 42) y por consistencia interna, los beneficios anuales se descuentan de nuevo a su valor presente neto, utilizando la misma tasa de descuento con la que se estimó el escenario del CSC, con un VPN al 2016.

8.3.4. Emisiones evitadas de contaminantes locales (óxidos de nitrógeno y bióxido de azufre)

Para estimar las emisiones evitadas de óxidos de nitrógeno (NO_x) y bióxido de azufre (SO₂), se utilizó el volumen de litros de gasolina que se ahorrarían por la instrumentación de la NOM y se aplicaron los factores de emisión correspondientes a cada contaminante (tabla 43).

Tabla 43. Factores de emisión empleados para estimación de emisiones de contaminantes locales

Contaminante	Factor de emisión (tonelada/terajoules)	Fuente
Óxidos de nitrógeno	0.116	INEGEI 1990-2006
Bióxido de azufre	0.02246	INEGEI 2002*

* Disponible en: http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/inegei_2002_transporte.pdf

Dado que los factores de emisión consideran las emisiones de contaminantes por unidad de energía (terajoules), la estimación de las emisiones evitadas de contaminantes locales tomó como base la equivalencia en terajoules de la gasolina

ahorrada. Para realizar esta equivalencia se empleó el siguiente procedimiento:

- Conversión de litros de gasolina ahorrados a barriles de gasolina, usando una equivalencia de 158.9873 litros por barril.
- Conversión de barriles de gasolina a terajoules, utilizando la equivalencia de 0.005122 terajoules por barril de gasolina (Balance Nacional de Energía -2013, SENER 2014).

Los resultados expresados como emisiones evitadas de NO_x, y SO₂ se presentan en la Tabla 44.

Tabla 44. Emisiones evitadas de contaminantes locales por instrumentación de la NOM

Ahorros de gasolina				Emisiones evitadas de NO _x	Emisiones evitadas de SO ₂
Escenario	Millones de litros	Millones de barriles de combustible	Terajoules	(Toneladas)	(Toneladas)
Con efecto temporal	55,713	350	1,942,043	225,277	43,618
Con efecto permanente	210,367	1,323	7,332,996	850,628	164,699

Fuente: elaboración propia

Si bien no se realiza una cuantificación monetaria de impactos en salud, es importante mencionar que existiría una reducción de estos dos contaminantes criterio. Los contaminantes criterio se han identificado como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos.

La exposición a SO₂ produce irritación e inflamación aguda o crónica de las mucosas conjuntival y respiratoria. Se ha observado que bajo la combinación de partículas y SO₄, suele aumentar el riesgo en la salud al incrementar la morbilidad y mortalidad de enfermos crónicos del corazón y vías respiratorias. En individuos asmáticos puede producir bronco-constricción y el aumento progresivo en la exposición al NO_x puede producir problemas de percepción olfativa, molestias

respiratorias, dolores respiratorios agudos y edema pulmonar (INECC, 2014).

8.3.5. Valoración los beneficios totales asociados con la implementación de la norma

La valoración de los beneficios por los litros de combustible ahorrados, de las emisiones evitadas de bióxido de carbono, se contabiliza en unidades monetarias como puede observarse en la siguiente tabla.

Tabla 45. Beneficios evaluados en términos monetarios (millones de pesos), del periodo 2017-2037 considerando toda la vida útil

Beneficios agregados	Escenario con impacto temporal (Pesos \$ 2014)	Escenario con impacto permanente (Pesos \$ 2014)
Ahorro en consumo de gasolina (millones de pesos)	663,943	2,510,673
Emisiones evitadas de CO ₂ (millones de pesos)	108,858.3	414,154.5
Beneficios totales	772,801	2,924,828

^a VPN al 2016

Fuente: elaboración propia

Sección II. Metodología de costos por vehículo

En el análisis costo-beneficio del proyecto de norma se fundamenta la metodología de una serie de estudios realizados por la Agencia de Protección Ambiental de E.E.U.U. (EPA, por sus siglas en inglés), para su Norma de Emisiones y Eficiencia Energética para vehículos ligeros nuevos a implementarse en el periodo 2017-2025, basado en el modelo OMEGA, el cual se basa en la optimización de costos tecnológicos. La información sobre las tecnologías, su eficiencia y sus costos se puede encontrar en: “Regulatory Impact Analysis: Final Rulemaking for 2017-2025 Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel

Economy Standards (EPA, 2012b)".

El objetivo de la aplicación del modelo OMEGA es obtener una representación de las tecnologías necesarias para cumplir con la actualización del estándar y los costos asociados a ellas. En términos generales, este modelo comienza con una descripción de la flota vehicular de cada armadora y sus características tecnológicas, ventas, emisiones de CO₂, sombra (área en m²) y las tecnologías de control de emisiones.

El modelo contiene una lista de tecnologías que son aplicables a los distintos tipos de vehículos, su costo, la eficacia en la reducción de emisiones (reporta tanto emisiones de CO₂ como emisiones refrigerantes del sistema de aire acondicionado) y el porcentaje de las ventas que puede recibir cada tipo de tecnología durante el ciclo de diseño. El modelo combina esta información con parámetros económicos, como precios de los combustibles futuros a una tasa de descuento dada, para proyectar cómo cada armadora aplicaría la tecnología disponible con el objetivo de lograr las metas planteadas en la regulación.

El modelo OMEGA evalúa el costo relativo y la eficacia de las tecnologías de vehículos disponibles (tales como turbocompresores) y las aplica a una flota de vehículos con el fin de cumplir con un objetivo de emisiones de GEI específico. Una vez que el objetivo se ha cumplido, OMEGA reporta los costos y beneficios sociales.

Partiendo del trabajo ya realizado por la EPA, el Consejo Internacional de Transporte Limpio de E.E.U.U. (International Council of Clean Transportation, ICCT) adaptó el modelo OMEGA, ajustando la herramienta para el contexto mexicano. El análisis de costos que se presenta a continuación, representa los *resultados preliminares* del modelo OMEGA para la flota de vehículos ligeros en México para la implementación de una segunda fase de la NOM-163 (2017-2025).

Para adaptar el modelo OMEGA a las características de la flota mexicana, el ICCT, en conjunto con el INECC, desarrollaron una base de datos con la información tecnológica de la flota actual, (por ejemplo, el desplazamiento del motor, número de cilindros, PBV) y las variables más importantes para el modelo: la sombra del vehículo (Área en m²), las emisiones de CO₂ y por ende el rendimiento de combustible; sin embargo, el modelo OMEGA requiere de gran desagregación de información sobre las tecnologías que tienen un impacto directo sobre estas

variables. El conjunto de tecnologías que fueron añadidas a la base de datos son:

- Tipo de transmisión (manual, automático, de doble embrague, continuamente variable)
- Los sistemas de accionamiento de válvulas (variable o fija)
- Sistemas de combustible (inyección de combustible de puerto, inyección directa)
- Los sistemas de inducción de aire (turbocompresores y compresores)
- Los sistemas híbridos
- Los sistemas Start / Stop
- Los sistemas de desactivación de cilindros
- Lubricante

Los paquetes tecnológicos son diferentes según el tipo de vehículo, por lo que la EPA clasifica a los vehículos en 19 grupos, de acuerdo con sus características de tren motriz y tamaño del vehículo; entonces, para poder utilizar los paquetes tecnológicos de la EPA, se clasificaron las categorías de los vehículos comercializados en México en 17 de las 19 categorías en EPA (tabla 46).

Tabla 46. Clasificación de la flota mexicana en función del tren motriz y tamaño del vehículo

Categorías		Ventas (%)
México		
SUBC	<i>Subcompacto</i>	30.5%
COM	<i>Compacto</i>	30.3%
LU	<i>Lujo</i>	4.5%
DEP	<i>Deportivo</i>	3.6%
CLUM	<i>SUV</i>	19.6%
CC1	<i>Pickup y van</i>	7.0%
CC2	<i>Pickup y van</i>	4.4%
CC3	<i>Pickup y van</i>	0.1%

Fuente: elaboración propia

La elección de los paquetes tecnológicos que podrían incorporarse en los vehículos nuevos tomó en consideración su disponibilidad, sus costos y su efectividad. Los

primeros cambios tecnológicos se relacionan con modificaciones en el motor a gasolina (válvulas, turbo cargadores, inyección directa y desactivación de número de cilindros), cambios en la transmisión (seis velocidades, clutch dual, transmisión variable continua, etc.) y en aspectos de accesorios eléctricos, reducción del peso y el diseño aerodinámico.

El OMEGA utiliza cinco sets básicos para la caracterización del modelo a la flota de México:

1. Caracterización de la flota mexicana:
 - Base de datos de características técnicas y ventas de la flota vehicular (elaborada por el INECC)
 - Fabricante
 - Modelo y versión
 - Categoría
 - Ventas
 - Emisiones del tubo de escape, g CO₂/milla
 - Sombra, ft²
 - Tipo de combustible
 - kWh/milla para eléctricos e híbridos
 - Tipo de refrigerante
 - Fuga de refrigerantes
2. Caracterización del nivel tecnológico:
 - Modificación de la línea base de OMEGA, en relación con las características tecnológicas de la flota mexicana
3. Características del combustible: propiedades físicas, precios y distintas fuentes de energía:
 - Se asumen las propiedades del combustible de la EPA, para el caso de México
4. Descripción de escenarios: Definición de los escenarios de la regulación y otros parámetros:
 - Año base, objetivo de cumplimiento (CO₂ o MPG), ecuación para el cumplimiento, paquetes tecnológicos y las propiedades del combustible

- Debido a que este análisis se basa en una armonización con la regulación de EPA para México, no se realizó ninguna modificación en este proceso

5. Otras referencias, tasa de sobrevivencia y millas recorridas:

- Debido a la falta de información en México, se utilizaron las tasas de supervivencia originales de la EPA (también utilizadas en el análisis de cuantificación de beneficios)

En base a estos paquetes tecnológicos, se obtienen, por medio del modelo OMEGA, los costos por armadora, de acuerdo a:

- Nivel tecnológico de la flota actual
- Cumplimiento de la NOM 163 (se toma en cuenta, específicamente, el último año regulado -2016-)
- Nivel de incremento para cumplir con las metas año con año

Tabla 47. Porcentaje de ventas por categoría

Comercializadora	Ventas	% Ventas	VP	%	CL	%
BWM	14,278	1%	12,087	85%	2,191	15%
FCA	95,849	9%	68,126	71%	27,723	29%
FORD	96,794	9%	68,219	70%	28,575	30%
GENERAL MOTORS	209,945	20%	179,199	85%	30,746	15%
HONDA	58,090	6%	43,725	75%	14,365	25%
MAZDA	23,435	2%	20,317	87%	3,118	13%
MERCEDES-BENZ	11,509	1%	9,413	82%	2,096	18%
NISSAN	228,596	22%	176,130	77%	52,466	23%
PEUGEOT	6,942	1%	4,319	62%	2,623	38%
RENAULT	28,011	3%	27,233	97%	778	3%
SUZUKI	13,379	1%	10,686	80%	2,693	20%
TOYOTA	62,189	6%	29,457	47%	32,732	53%
VW	189,611	18%	181,467	96%	8,144	4%

Fuente: elaboración propia

Tabla 48. Esfuerzos requeridos para cumplir con la regulación en Km/l

	Meta NOM163 2016	Meta 2021	% de incremento requerido	Meta 2025	% de incremento requerido
BWM	15.6	21.2	36%	25.6	64%
FCA	14.8	19.7	33%	23.8	61%
MERCEDES-BENZ	14.4	18.7	30%	22.5	57%
FORD	14.4	19.0	32%	22.9	60%
GENERAL MOTORS	16.0	21.8	36%	26.3	64%
HONDA	15.2	20.6	35%	24.9	63%
NISSAN	15.9	21.7	37%	26.2	65%
PEUGEOT	15.3	20.7	35%	25.0	63%
RENAULT	16.1	22.2	38%	26.6	66%
SUZUKI	16.4	22.5	37%	27.2	66%
TOYOTA	13.8	18.0	31%	21.9	59%
VW	16.6	22.9	38%	27.6	66%

Fuente: elaboración propia

Tabla 49. Esfuerzos requeridos para cumplir con la regulación en g CO₂/km

	Meta NOM163 2016	Meta 2021	% de reducción requerido	Meta 2025	% de reducción requerido
BWM	150.4	110.5	-27%	91.6	-39%
FCA	158.6	119.4	-25%	98.8	-38%
MERCEDES-BENZ	163.3	125.4	-23%	104.1	-36%
FORD	163.4	123.6	-24%	102.3	-37%
GENERAL MOTORS	146.6	107.7	-26%	89.3	-39%
HONDA	154.0	113.8	-26%	94.2	-39%
NISSAN	147.9	108.3	-27%	89.6	-39%
PEUGEOT	153.0	113.6	-26%	93.7	-39%
RENAULT	145.9	106.0	-27%	88.1	-40%
SUZUKI	143.3	104.4	-27%	86.3	-40%
TOYOTA	170.6	130.2	-24%	107.4	-37%
VW	141.4	102.5	-28%	85.1	-40%

Fuente: elaboración propia

Dependiendo de la composición de ventas de cada armadora (entre vehículos de pasajeros y camionetas ligeras), características tecnológicas del año base y utilizando el esfuerzo requerido para el 2021 y 2025, se obtuvo el siguiente costo ponderado por ventas:

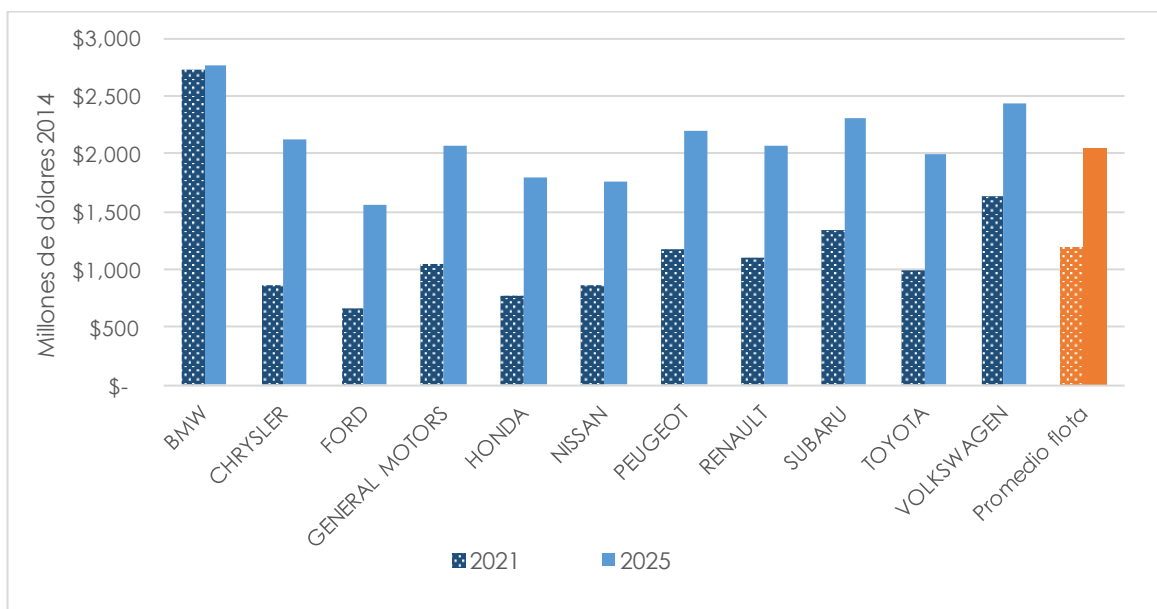
Tabla 50. Costo promedio por comercializadora para alcanzar la meta al 2021 y 2015, relativo a la NOM -163, año modelo 2016 en 2014 DLS

2021			2025			
	VP	CL	Promedio ponderado	VP	CL	Promedio ponderado
BMW	\$3,207	\$919	\$2,722	\$2,990	\$1,956	\$2,771
CHRYSLER	\$547	\$1,030	\$870	\$1,504	\$2,445	\$2,132
MERCEDES-BENZ	\$4,980	\$1,134	\$4,256	\$4,379	\$2,138	\$3,957
FORD	\$503	\$919	\$656	\$1,371	\$1,892	\$1,562
GENERAL MOTORS	\$1,010	\$1,579	\$1,051	\$1,931	\$3,866	\$2,069
HONDA	\$672	\$841	\$777	\$1,478	\$1,975	\$1,788
NISSAN	\$606	\$1,620	\$872	\$1,407	\$2,719	\$1,751
PEUGEOT	\$1,113	\$1,377	\$1,180	\$2,122	\$2,452	\$2,205
RENAULT	\$832	\$1,593	\$1,102	\$1,720	\$2,693	\$2,065
SUBARU	\$1,337	\$1,328	\$1,333	\$2,146	\$2,553	\$2,309
TOYOTA	\$785	\$1,159	\$990	\$1,692	\$2,255	\$2,002
VOLKSWAGEN	\$1,632	\$1,644	\$1,633	\$2,434	\$2,271	\$2,428
Promedio ponderado de la flota	\$1,179	\$1,201	\$1,185	\$1,937	\$2,383	\$2,057

* Resultados preliminares

Fuente: ICCT, 2015

Figura 26. Costo promedio por comercializadora para alcanzar la meta al 2021^a



^a El promedio de la flota es un promedio ponderado por ventas

Fuente: ICCT (2015)

Esta estimación de costos asume el cumplimiento actual de la NOM-163, en el cual, la flota vehicular promedio debería cumplir con un rendimiento ponderado por ventas de 15.58 Km/l en el 2016, último año regulado. Esto requerirá de un esfuerzo promedio de la flota de 35% para alcanzar la meta del 2021 y de 63.4% para alcanzar la meta del 2025.

Al evaluar cada armadora, sus características, ponderación por ventas, porcentaje de esfuerzo y asumiendo que el incremento en el rendimiento de combustible se logra exclusivamente con cambios tecnológicos, se obtiene un costo por vehículo de \$ 1,185 USD en el 2021 y de \$ 2,057 USD en el 2025.

Sección III. Análisis costo beneficio por vehículo

El análisis de beneficios por vehículo es similar al que se realizó para los beneficios agregados; es decir, la estimación del ahorro de combustible como de las emisiones evitadas a través de la simulación de los recorridos de los vehículos. Asimismo, los ahorros de combustible se obtienen de las diferencias del consumo de combustible del escenario con normatividad con respecto al escenario sin normatividad. Los supuestos que se mantienen, son:

- Rendimiento de combustible por el cumplimiento de la NOM 163, de 15.58 Km/l en 2016
- Rendimiento de combustible meta de 25.5 Km/l
- Esperanza de vida de los vehículos de 26 años
- Kilómetros recorridos durante su esperanza de vida de 247,760 km

Los supuestos de la probabilidad de muerte, efecto rebote y factor de ajuste se aplican por vehículo en el cual se hace la simulación del recorrido durante su esperanza de vida de 26 años, en el que los recorridos en kilómetros varían de acuerdo a su antigüedad, no sólo para el escenario sin actualización de la actual norma de 15.58 Km/l, sino también para el escenario con norma de 25.5 Km/l. De la misma manera, se mantienen los supuestos para el efecto rebote, valoración de los beneficios, tales como el precio de gasolina, la tasa de descuento y el valor de la tonelada de CO₂ que se encuentran descritos en la sección I.

Al efectuar el análisis costo-beneficio por vehículo, los resultados muestran que los beneficios superan a los costos en una relación de 2.2 veces, incluyendo las externalidades negativas por efecto rebote. En términos monetarios, los beneficios netos sociales totales, una vez restando los costos de la regulación, son de \$37,336 MN₂₀₁₄ a valor presente. El cuadro siguiente muestra los costos y beneficios de los diferentes rubros tomados en cuenta en el análisis:

Tabla 51. Análisis costo-beneficio por vehículo

Análisis costo-beneficio por vehículo		Pesos ₂₀₁₄ VPN
Costos	Por vehículo	27,358
	Externalidades por efecto rebote	4,811
	Total	32,169

Beneficios	Ahorro en consumo de gasolina – consumo por efecto rebote	59,549
	Emisiones evitadas de CO ₂	9,957
	Total	69,506
Beneficios netos (beneficios – costos)		37,336

Fuente: elaboración propia

Sección IV. Análisis costo-beneficio agregado

Una vez calculados los beneficios agregados por el ahorro de combustible y emisiones de CO₂, (sección I) y conocido el costo por vehículo (sección II), es posible efectuar el análisis costo-beneficio a nivel agregado, para el cual se mantienen los escenarios con impacto permanente y temporal descritos en la sección I, tomando en cuenta toda la vida útil de los vehículos.

Los costos de aplicación de la norma se mantienen constantes a partir del 2025 y hasta el 2037 (\$2,057 DLS₂₀₁₄). En el periodo con norma 2017-2025, los costos van aumentando de acuerdo a los esfuerzos anuales que se tienen que llevar cabo en la flota vehicular para alcanzar la meta anual.

Tabla 52 Costos por vehículo en el periodo de la regulación

Año	Costo por vehículo (dólares)	Costo por vehículo (pesos) VPN
2017	354	5,793
2018	533	9,056
2019	717	12,000
2020	912	15,020
2021	1185	19,198
2022	1354	21,592

2023	1577	24,764
2024	1809	27,953
2025	2057	31,286
2026-2037	2057	30,792

Fuente: elaboración propia con información ICCT (2015)

El costo total se define como la suma de los costos anuales, el cual se expresa con la siguiente ecuación:

$$Costo_{total} = \sum_{2017}^{2037} \frac{costo\ por\ veh\acute{iculos}_i * ventas_i * tipodecambio_i}{(1 + tasa\ de\ descuento)^n}$$

En donde:

Costo total= costo total traído a valor presente del año i

Costo por veh\acute{culo}i = costo por veh\acute{culo expresado en d\acute{olares del a\~{n}o i

Ventasi = ventas de veh\acute{culos para el a\~{n}o i

Tipo de cambioi = tipo de cambio del a\~{n}o i

Tasa de descuento= tasa de descuento del 3% anual

n = periodo n

En la tabla 53 se pueden observar los costos y beneficios agregados para los dos escenarios, identificando que la relaci3n beneficio-costo es de 3.5:

Tabla 53. An\acute{alisis costo beneficio agregado

Concepto	Escenario con impacto temporal (millones de pesos)	Escenario con impacto permanente (millones de pesos)
Ahorro en consumo de gasolina	663,943	2,510,673
Emissiones evitadas de CO ₂	108,858.3	414,154.5

Beneficios totales	772,801.3	2,924,827.5
Costos totales	224,244	824,075
Relación Beneficios/costos	3.5	3.5

Fuente: elaboración propia

8.4. Versión final aprobada de la propuesta de modificación de la NOM.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-201X, EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, APLICABLE A VEHÍCULOS AUTOMOTORES NUEVOS DE PESO BRUTO VEHICULAR DE HASTA 3 857 KILOGRAMOS

ÍNDICE

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Especificaciones
6. Programa de Metas Alternativas
7. Procedimiento para la evaluación de la conformidad
8. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales
9. Bibliografía
10. Vigilancia

Transitorios

Apéndices informativos

1. Objetivo

La presente Norma Oficial Mexicana establece los parámetros y la metodología para el cálculo de los promedios corporativos meta y observado de las emisiones de gases de efecto invernadero expresados en gramos de bióxido de carbono equivalente por kilómetro (g CO₂e/km), con base en los vehículos automotores ligeros nuevos, con peso bruto vehicular que no exceda los 3 857 kilogramos, que utilizan gasolina o diésel como combustible cuyo año-modelo sea 2017 y hasta 2025 y que se comercialicen en México.

2. Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para los corporativos que comercializan vehículos automotores ligeros nuevos, cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3 857 kilogramos, excepto cuando el corporativo comercialice en total hasta 500 unidades por año-modelo.

Además, se exceptúa de la aplicación de esta norma a aquellos vehículos menores de 400 kilogramos, los destinados exclusivamente a circular en vías pavimentadas delimitadas como: pistas de carreras, aeropuertos, pistas de go-karts, u otro campo de transporte similar; e incluso a los que se emplean para labores agrícolas; para terreno montañoso, desértico, playas o vías férreas; motocicletas, tractores agrícolas o maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y la minería.

3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma Oficial Mexicana se deben observar las siguientes Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

NOM-008-SCFI-2002-Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 27 de noviembre de 2002.

Norma Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3 857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos, numeral 4.4 inciso a), publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 7 de septiembre de 2005.

Norma Mexicana NMX-AA-011-1993-SCFI, Método de prueba para la evaluación de emisiones de compuestos del escape de los vehículos automotores nuevos en planta que usan gasolina como combustible. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 27 de diciembre de 1993.

4. Definiciones

Para efectos de la aplicación de esta Norma Oficial Mexicana se establecen las siguientes definiciones:

4.1 Año calendario

Periodo comprendido entre el 1 de enero al 31 de diciembre de un mismo año.

4.2 Año-modelo

Periodo comprendido entre el inicio de la producción de determinado tipo de vehículo automotor y el 31 de diciembre del año calendario con que dicho fabricante designe al modelo en cuestión.

4.3 Camioneta ligera

Es un vehículo automotor que cumple con el numeral 4.18 y con los criterios definidos en el Apéndice informativo B.

4.4 Certificado NOM de cumplimiento

Documento mediante el cual se hace constar que un determinado corporativo cumple con el criterio de aceptación del numeral 5.6 de la presente Norma Oficial Mexicana.

4.5 Ciclo de prueba

Protocolo de manejo al que deben someterse los vehículos para simular su desempeño en ciudad (FTP) y en carretera (HFET) para determinar las emisiones del escape de dicho vehículo.

4.5.1 Ciclo en ciudad FTP

Ciclo de prueba consistente en tres fases, en donde se simula en un dinamómetro de chasis la operación del vehículo bajo condiciones de manejo urbano. Las fases son la de arranque en frío, la transitoria y, la última de arranque en caliente.

4.5.2 Ciclo en carretera HFET

Ciclo de prueba consistente en una fase, en donde se simula en un dinamómetro de chasis la operación de manejo en carretera del vehículo bajo condiciones de incrementos de velocidad y sin paradas.

4.6 Corporativo

Persona física o moral, fabricante o importador que realiza la primera enajenación de un vehículo ligero nuevo en territorio nacional.

4.7 Créditos

Son las diferencias positivas que resultan de la aplicación de los criterios de aceptación del numeral 5.4, así como los montos que resultan del cumplimiento de los criterios establecidos en el numeral 5.3 de esta norma, ambos determinados en unidades de gramos de bióxido de carbono equivalente por kilómetro (g CO_{2e}/km).

4.8 Débitos

Son las diferencias negativas que resultan de la aplicación de los criterios de aceptación del numeral 5.4, determinados en unidades de gramos de bióxido de carbono equivalente por kilómetro (g CO_{2e}/km).

4.8 Emisiones de CO₂

Son los gases de bióxido de carbono provenientes del escape del vehículo ligero nuevo, en cuyo cálculo se incluyen las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono, según lo establecido en el numeral 5.2.1.

4.9 Emisiones de gases de efecto invernadero

Son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación infrarroja. Los seis gases de efecto invernadero (GEI) son los incluidos en el anexo A del Protocolo de Kyoto: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC, perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Las emisiones GEI se contabilizan en unidades de CO₂ equivalente (CO_{2e}), las cuales se estiman multiplicando la cantidad de emisiones de un GEI por su valor de potencial de calentamiento global (PCG) publicado en el segundo informe de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Los potenciales de calentamiento global son: CO₂=1, CH₄=21 y N₂O=310,

HFC-125=2800, HFC-143a=3800, HFC-236fa=6300, CF₄=6500, C₄F₁₀=7000, C₆F₁₄=7400, C₂F₆=9200, HFC-23=11700, SF₆=23900, valores que son estimados en un horizonte de 100 años.

4.10 Peso bruto vehicular

El peso máximo del vehículo especificado por el fabricante expresado en kilogramos, consistente en el peso nominal del vehículo sumado al de su máxima capacidad de carga, con el tanque de combustible lleno a su capacidad nominal.

4.11 PROFEPA

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

4.12 Promedio corporativo ponderado meta (PCPM) de emisiones de bióxido de carbono

Es el valor máximo permisible de emisiones de bióxido de carbono expresado en gramos de bióxido de carbono por kilómetro (g CO₂/km) para el año-modelo regulado, obtenido de acuerdo con el numeral 5.1.

4.13 Promedio corporativo ponderado observado (PCPO) de emisiones de bióxido de carbono

Es el valor observado de emisiones de bióxido de carbono expresado en gramos de emisiones de bióxido de carbono por kilómetro (g CO₂/km), para el año-modelo regulado, obtenido de acuerdo con el numeral 5.2.

4.14 Redondeo

Proceso de aproximar un valor a una cantidad considerando algunas de sus primeras cifras decimales.

Para efectos de la presente norma se usarán los siguientes criterios:

Promedio Corporativo Ponderado Meta (g CO₂/km): la cifra se redondea al entero más próximo

Promedio Corporativo Ponderado Observado (g CO₂/km): la cifra se redondea al entero más próximo

Emisiones meta para cada versión de vehículo (g CO₂/km): la cifra se redondea a un decimal

Sombra (m²): la cifra se redondea a dos decimales

Resultados de los ciclos de prueba de ciudad y carretera (g/km): la cifra se redondea a tres decimales en el caso de los hidrocarburos (HC), dos decimales en el caso del monóxido de carbono (CO) y el entero más próximo en el caso del bióxido de carbono (CO₂).

4.15 Sombra

Es una medida del área entre las llantas del vehículo expresada en metros cuadrados calculada de acuerdo con el numeral 5.1.1.

4.16 Vehículo ligero nuevo

Vehículo de pasajeros o camioneta ligera con un recorrido de entre 0 y 1 000 kilómetros, enajenado por primera vez por el corporativo en territorio nacional, que no excede los 3 857 kilogramos de peso bruto vehicular.

4.17 Vehículo de pasajeros

Vehículo automotor diseñado principalmente para el transporte de no más de 10 personas, el cual cumple con los criterios definidos en el numeral 4.18.

4.18 Versión de vehículo

Nivel de clasificación del vehículo basado en especificaciones técnicas de los componentes de su tren motriz (motor, transmisión y diferencial) y sombra, de acuerdo al año-modelo correspondiente.

4.19 Ventas del corporativo

Cantidad de vehículos automotores del mismo año-modelo enajenados por primera vez por el corporativo.

5. Especificaciones

Los corporativos con base en la información de las ventas de sus vehículos por versión del año-modelo regulado, así como a partir de los valores y parámetros de cumplimiento de emisiones meta (cuadros 2 y 3)

y de los resultados de las pruebas de emisiones de gases a las que se someten los vehículos, deben calcular los promedios ponderados por volumen de ventas indicados en los numerales 5.1 y 5.2 de este instrumento, lo anterior, con el fin de determinar el resultado de los criterios de aceptación indicados en el numeral 5.4.

El cálculo de los criterios de aceptación definidos en el numeral 5.4 de esta norma, se realizará para cada una de las flotas de vehículos del año-modelo regulado correspondiente, una vez concluida sus ventas de conformidad con la última fecha establecida en el Cuadro 9 de esta norma. Para calcular el criterio de aceptación para los vehículos de los años-modelo 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025 se emplearán la fórmula 1, la fórmula 2, o bien, la fórmula 3, según corresponda de conformidad con el numeral 5.4 de esta norma.

Si un corporativo genera créditos para alguna de las flotas de vehículos año-modelo regulados, con base en lo establecido en el numeral 5.4 de esta norma oficial mexicana, los podrá utilizar para compensar débitos hasta para tres año-modelo regulados posteriores a la generación de los mismos y hasta para dos año-modelo regulados anteriores a la generación de estos.

En caso de que dos o más corporativos decidan intercambiar créditos, con base en lo establecido en el numeral 5.4 de esta norma oficial mexicana, cada uno de ellos deberá notificar a la PROFEPA, por medio del aviso de notificación de transferencias entre corporativos, la forma en que se adjudicarán las diferencias positivas entre ellos.

5.1 Promedio corporativo ponderado meta (PCPM) en términos de emisiones de bióxido de carbono.

El valor del PCPM es el resultado de la suma del producto de las emisiones de bióxido de carbono meta (g CO₂/km), para cada versión de vehículo, ponderado por el porcentaje de ventas reportadas para cada año-modelo, de acuerdo con los valores y los parámetros asociados con la sombra, los cuales se señalan en los cuadros 1, 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana.

El PCPM en término de emisiones de CO₂, se calcula de la siguiente manera:

$$PCPM_{gCO_2/km} = \sum_i^n (Emisión_{meta})_i * \frac{Ventas_i}{Ventas_{tot}}$$

En donde:

PCPM_{g CO₂/km} = promedio corporativo ponderado meta expresado en unidades de gramos de CO₂ por kilómetro (gCO₂/km) para cada año-modelo regulado.

Ventas_i = ventas del año-modelo de la versión *i* del vehículo del corporativo

Ventas_{tot} = ventas totales por año-modelo del corporativo

(Emisión_{meta})_i = emisiones de CO₂ meta (g CO₂/km) de la versión *i* del vehículo, de acuerdo con el punto 5.1.1.

n = número total de versiones de vehículos vendidos del año-modelo.

5.1.1. El cálculo de las emisiones de CO₂ meta (g CO₂/km) para cada versión de vehículo del año-modelo regulado, se obtiene en función de la sombra para cada versión de vehículo de acuerdo con su clasificación.

Cálculo de la sombra del vehículo:

$$Sombra_i = ((D_{ejes}) \times (L_{promedio})) / 10000$$

En donde:

Sombra *i* = área de la versión *i* del vehículo expresada en metros cuadrados (m²). La cifra se redondea a centímetros cuadrados.

D ejes = distancia longitudinal entre los centros de los ejes delantero y trasero expresado en centímetros (cm). La cifra se redondea hasta el milímetro más cercano.

L promedio = distancia transversal promedio de los ejes delantero y trasero, medida entre los puntos medios de cada llanta medida sobre el suelo, expresada en centímetros (cm). La cifra se redondea hasta el milímetro más cercano.

Una vez determinada la clasificación del vehículo de acuerdo con los criterios del Apéndice informativo B, los corporativos utilizarán las fórmulas del Cuadro 1 para obtener el cálculo de las emisiones de CO₂ meta (g CO₂/km) para cada versión de vehículo del año-modelo regulado.

Cuadro 1. Segmentos de sombra

Vehículos de pasajeros	$\text{MIN}(\text{MAX}(C * \text{Sombra} + D, A)B)$
Camionetas ligeras 2017-2020	$\text{MIN}(\text{MIN}(B, \text{MAX}(A, C * \text{Sombra} + D)), \text{MIN}(F, \text{MAX}(E, G * \text{Sombra} + H))$

Los valores y parámetros referidos en el cuadro 1 se especifican a continuación en el cuadro 2 para vehículos de pasajeros y en el cuadro 3 para camionetas ligeras.

Cuadro 2. Valores y parámetros para el cálculo de las emisiones meta por versión *i*, aplicables a los vehículos de pasajeros

Año-modelo regulado	Emisiones meta			
	A [g CO ₂ /km]	B [g CO ₂ /km]	C [g CO ₂ /km]/[m ²]	D [g CO ₂ /km]
2017	121.0	163.2	30.2984	5.5302
2018	114.9	155.4	29.0945	4.0389
2019	108.9	147.9	27.8906	2.6098
2020	103.2	140.6	26.8205	1.1806
2021	97.7	133.5	25.6834	-0.2485
2022	93.3	127.7	24.6802	-0.6835
2023	89.0	122.1	23.6769	-1.1185
2024	85.0	116.7	22.7405	-1.5534
2025	81.1	111.5	21.8042	-1.9884

Cuadro 3. Valores y parámetros para el cálculo de las emisiones meta por versión *i*, aplicables a las camionetas ligeras

Año-modelo regulado	Emisiones meta							
	A [g CO ₂ /km]	B [g CO ₂ /km]	C [g CO ₂ /km]/[m ²]	D [g CO ₂ /km]	E [g CO ₂ /km]	F [g CO ₂ /km]	G [g CO ₂ /km]/[m ²]	H [g CO ₂ /km]
2017	147.9	215.7	32.5725	23.7861	153.1	215.9	27.0211	50.0205
2018	140.9	212.3	31.8368	19.6478	149.7	212.4	27.0211	46.6030
2019	136.4	210.3	31.3017	17.2058	147.8	210.5	27.0211	44.6767
2020	131.7	209.2	30.5660	15.3106	146.6	209.3	27.0211	43.4961
2021	121.4	208.0	28.6263	12.3032	145.4	208.2	27.0211	42.3155
2022	115.4	199.3	27.3555	11.0915	145.4	208.2	27.0211	42.3155
2023	109.6	189.9	26.1516	9.9295	145.4	208.2	27.0211	42.3155
2024	104.1	180.8	25.0146	8.8297	145.4	208.2	27.0211	42.3155
2025	98.9	172.2	23.9445	7.7734	145.4	208.2	27.0211	42.3155

5.2 Promedio corporativo ponderado observado (PCPO) en términos de emisiones de bióxido de carbono.

El valor del PCPO es el resultado de la suma del producto de las emisiones de bióxido de carbono, para cada versión *i* de vehículo, ponderado por su volumen de ventas de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$PCPO_{gCO_2/km} = \sum_i^n (EC_{observada\ i}) * \frac{Ventas_i}{Ventas_{tot}}$$

en donde:

PCPO_{gCO₂/km} = promedio corporativo ponderado observado, expresado en emisiones (g CO₂/km) para cada año-modelo

EC_{observada i} = emisión de CO₂ observada de la versión *i* (emisiones de bióxido de carbono del corporativo (g CO₂/km) que se reportan por versión y categoría de los vehículos para cada año-modelo con base en el resultado de los cálculos descritos en el numeral 5.2.1.)

Ventas_i = ventas del año-modelo de la versión del vehículo *i* del corporativo

Ventas_{tot} = ventas totales del año-modelo del corporativo

5.2.1. El cálculo de las emisiones de bióxido de carbono (g CO₂/km) observadas, se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$EC_{observada\ i} = E_{ciudad\ i} (0.55) + E_{carretera\ i} (0.45)$$

En donde:

EC_{observada i} = emisión de CO₂ observada de la versión *i*

E_{ciudad i} = emisiones de CO₂ en ciudad, de la versión *i*, medidas a través del ciclo de prueba FTP

E_{carretera i} = emisiones de CO₂ en carretera, de la versión *i*, medidas a través del ciclo de prueba HFET

i = versión del vehículo

Para calcular las emisiones de CO₂ en ciudad y carretera se emplean las siguientes ecuaciones de acuerdo con el tipo de combustible empleado por el vehículo.

a) vehículos que emplean gasolina como combustible

$$E_i \text{ ciudad o carretera} = (FPC/0.273 \times HC) + (1.571 \times CO) + CO_2$$

En donde:

E_i ciudad o carretera = emisiones de CO₂, de la versión i , en el ciclo de prueba correspondiente

FPC = fracción peso de carbón en el combustible de prueba

HC = gramos por kilómetro de hidrocarburos totales emitidos durante el ciclo de prueba correspondiente por el vehículo de la versión i

CO = gramos por kilómetro de monóxido de carbono emitidos durante el ciclo de prueba correspondiente por el vehículo de la versión i

CO₂ = gramos por kilómetro de bióxido de carbono emitidos durante el ciclo de prueba correspondiente por el vehículo de la versión i

b) vehículos que emplean diesel como combustible

$$E_i \text{ ciudad o carretera} = (3.172 \times HC) + (1.571 \times CO) + CO_2$$

En donde:

E_i ciudad o carretera = emisiones de CO₂, de la versión i , en el ciclo de prueba correspondiente

HC = gramos por kilómetro de hidrocarburos totales emitidos durante el ciclo de prueba correspondiente por el vehículo de la versión i

CO = gramos por kilómetro de monóxido de carbono emitidos durante el ciclo de prueba correspondiente por el vehículo de la versión i

CO₂ = gramos por kilómetro de bióxido de carbono emitidos durante el ciclo de prueba correspondiente por el vehículo de la versión i

5.2.1.1 Las emisiones de bióxido de carbono, monóxido de carbono e hidrocarburos totales provenientes del escape de los vehículos automotores objeto de la presente Norma Oficial Mexicana, deberán medirse con base en los procedimientos y equipos previstos en la Norma Mexicana NMX-AA-011-1993-SCFI o la actualización de la misma, referida en el numeral 3 de este instrumento.

5.3. Créditos

A continuación se detallan las fórmulas y los criterios aplicables para el cálculo de los créditos a los que podrán acceder los corporativos en términos de la presente Norma Oficial Mexicana.

5.3.1. Créditos relacionados a los gases refrigerantes

Los créditos asociados a los gases refrigerantes utilizados en los sistemas de aire acondicionado serán otorgados a los corporativos que demuestren la sustitución de gases refrigerantes con menor potencial de calentamiento global, en términos de gCO₂e/km. Los montos máximos de los créditos se especifican en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Créditos por el cambio de gas refrigerante en los sistemas de aire acondicionado (HFC-1234yf a g CO₂e/km)

Categoría / Año-modelo	R152a			CO ₂ o HFO-1234yf		
	Crédito Máximo	Factor de fuga	GWP _{REF}	Crédito Máximo	Factor de fuga	GWP _{REF}
Vehículos de pasajeros (VP)	7.8	16.6	124	8.6	16.6	1
Camionetas ligeras (CL)	9.7	20.7		10.7	20.7	

Fuente: reporte IPCC AR5

La fórmula para determinar el crédito relacionado con gases refrigerantes en los sistemas de aire acondicionado es la siguiente:

$$\text{Crédito por fuga} = \text{crédito máximo} * [1 - (\text{puntuación de fugas} / \text{factor de fuga}) * (\text{GWP}_{\text{REF}} / 1430)]$$

En donde:

Puntuación de fugas es la tasa de fugas de refrigerante anual determinado de acuerdo con los procedimientos en SAE J2727, donde las tasas de penetración de refrigerante para las mangueras se determinarán utilizando los procedimientos especificados en SAE J2064. Si la tasa calculada es inferior a 8.3 gramos / año (o 4.1 gramos / año para los sistemas que utilizan sólo compresores eléctricos), la tasa a los efectos de esta fórmula será de 8.3 gramos / año (o 4.1 gramos / año para los sistemas que utilizan sólo compresores eléctricos).

El factor de fuga se muestra en el Cuadro 4 arriba para VP y CL

GWP_{REF} es el potencial de calentamiento global mostrado en el Cuadro 4.

El total de créditos por reducción de fugas generadas por el sistema de aire acondicionado se calcularán por separado para VP y CL. Se sumarán para todos los vehículos vendidos por el fabricante para los que el crédito pueda aplicar de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Créditos totales (g CO}_2\text{e)} = \sum \text{fuga} \times \text{Producción} \times 247,760$$

En donde:

Fuga = el valor del crédito por fuga en g CO₂e/km

Producción = El número total de VP y CL, según el caso, producidos con el sistema de aire acondicionado para el cual el valor del crédito fugas aplica.

247 760 corresponde al kilometraje estimado asociado con la vida útil de un vehículo

5.3.2 Créditos relacionados a la eficiencia en los sistemas de aire acondicionado

Los créditos relacionados a la mejora en eficiencia de los sistemas de aire acondicionado serán otorgados sobre la base del sistema de aire acondicionado por vehículo que demuestre mejoras de la eficiencia del sistema de aire acondicionado y que reduzca emisiones de CO₂ por el escape a través de la aplicación de cualquiera de las tecnologías listadas en el siguiente cuadro 5. El valor del crédito total es la suma del valor en gramos de CO₂ por kilómetro para cada tecnología que se aplica al sistema de aire acondicionado.

El monto máximo de crédito por vehículo que se podrán obtener por eficiencia en el sistema de aire acondicionado se especifican en el siguiente cuadro 5:

Cuadro 5. Créditos por tecnología de eficiencia en los sistemas de aire acondicionado (g CO₂/km)

Tecnologías	Valor del crédito para VP (g CO ₂ /km)	Valor del crédito para CL (g CO ₂ /km)
1) Reductor de calentamiento con el control externo del compresor de desplazamiento variable.	0.93	1.37
2) Sistema de recirculación de aire (lazo cerrado) en clima cálido con retroalimentación para controlar la calidad del aire interior siempre que la temperatura ambiente sea 24 °C o mayor.		

1) Reductor de calentamiento con control externo del compresor de desplazamiento fijo o desplazamiento neumático variable.	0.62	0.87
2) Sistema de recirculación de aire (lazo cerrado) en clima cálido sin retroalimentación para controlar la calidad del aire interior siempre que la temperatura ambiente sea 24 °C o mayor.		
3) Intercambiador de calor interno		
4) Condensadores o evaporadores mejorados (destinado a la mejora del rendimiento superior al 10% en comparación con los diseños estándar anteriores)		
1) Control del ventilador del motor que limita el derroche de energía	0.50	0.68
1) Separador de aceite del compresor	0.31	0.43

Los créditos de eficiencia totales generados por un sistema de aire acondicionado se calcularán por separado para VP y CL y deben ser sumada sobre todos los vehículos producidos por cada fabricante de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Total de créditos} = \sum \text{Créditos} \times \text{Producción} \times 247,760$$

En donde:

Crédito = crédito por eficiencia en los sistemas de aire acondicionado en unidades de gramos de CO₂/km

Producción = ventas totales del sistema de aire acondicionado del corporativo que le aplique el crédito

247 760 corresponde al kilometraje estimado asociado con la vida útil de un vehículo

5.3.3. Créditos relacionados con las tecnologías fuera del ciclo

Los corporativos tendrán acceso a este tipo de créditos siempre que demuestren la penetración de tecnologías que generan beneficios de reducción de emisiones de CO₂ o que incrementan el rendimiento de combustible en los vehículos ligeros nuevos y que son beneficios que no se registran en la ejecución de los métodos de prueba establecidos en esta norma. La suma total de estos créditos no excederán los 6.2 g CO₂/km sobre el promedio ponderado del corporativo.

Las tecnologías fuera de ciclo son las siguientes:

1. Luces de alta eficiencia

Los créditos por luces de alta eficiencia estarán basados en el lugar donde se encuentren instaladas. Los créditos por luces de alta eficiencia serán la suma de los créditos de acuerdo a la siguiente tabla o si todos los lugares cuentan con luces de alta eficiencia el crédito total será de 0.62 g CO₂/km.

Cuadro 6. Créditos por luces de alta eficiencia

Componentes de luz	Créditos (g CO ₂ /km)
Faros principales delanteros (altas)	0.24
Faros principales delanteros (bajas)	0.03
Luces de parqueo	0.06
Direccionales delanteras	0.04
Calaveras delanteras	0.04
Tail	0.06
Direccionales traseras	0.04
Calaveras traseras	0.04

Matrícula	0.04
-----------	------

Los corporativos que generen estos créditos podrán restarlos de las emisiones observadas de los vehículos que cumplan con los criterios mencionados en el cuadro 6.

2. Motores recuperadores de calor.

El crédito será calculado usando la siguiente fórmula, redondeada al decimal más cercano en g CO₂/km:

$$\text{Crédito (g CO}_2\text{/km)} = \text{ELR} \cdot 0.007$$

En donde:

ELR = La reducción de carga eléctrica del sistema de recuperación de calor en Watts, calculado como un promedio sobre los 5 ciclos de prueba.

3. Paneles solares con o sin ventilación (solo aplica para vehículos Eléctricos/Eléctrico Rango Extendido, Híbridos plug-in, Híbridos y de Celda de combustible)

- Créditos para paneles solares utilizados exclusivamente para cargar la batería de un vehículo eléctrico, vehículo híbrido eléctrico plug-in, o híbrido eléctrico, serán calculados usando la siguiente ecuación y redondeados al g CO₂/km más cercano.

$$\text{Crédito} \left(\frac{\text{gCO}_2}{\text{Km}} \right) = 0.04385 * P_{\text{panel}}$$

En donde:

Ppanel: es la potencia nominal del panel solar en watts, determinado bajo condiciones de prueba estándar de 1000 Watts por metro cuadrado de la radiación solar directa a una temperatura de panel de 25 grados celsius (+ / -) 2 grados) con un espectro de masa de aire de 1.5 (AM1.5).

Créditos para paneles solares utilizados exclusivamente para los sistemas activos de ventilación será de 1.05 g CO₂/km. El crédito para camionetas ligeras será de 1.43 g CO₂/km.

Créditos para los paneles solares utilizados tanto para la ventilación de la cabina y para cargar la batería de un vehículo eléctrico, de vehículo híbrido eléctrico plug-in, o de un vehículo híbrido eléctrico será calculado utilizando la siguiente ecuación, y redondeado a los .1 g CO₂/km más cercano:

$$\text{Crédito} \left(\frac{\text{gCO}_2}{\text{Km}} \right) = C_{\text{vent}} + 0.04385 * (P_{\text{panel}} - P_{\text{vent}})$$

En donde:

Cvent: es el crédito atribuible al sistema de ventilación de cabina activo descrito en C).

Ppanel: es la potencia nominal del panel solar en watts, determinado bajo condiciones de prueba estándar de 1000 Watts por metro cuadrado de la radiación solar directa a una temperatura de panel de 25 grados celsius (+ / -) 2 grados) con un espectro de masa de aire de 1.5 (AM1.5).

Pvent: es la energía en watts requerida para activar el sistema de ventilación de la cabina

4. Mejoras aerodinámicas activas

Los créditos por mejoras aerodinámicas activas para CL serán calculadas usando la siguiente ecuación y redondeadas al decimal más cercano de g CO₂/km

$$\text{Crédito (g CO}_2\text{/km)} = 33.16 * \text{CDreducido}$$

En donde:

CDreducido = es el porcentaje de reducción en el coeficiente de arrastre (Cd) mostrado como un valor de 0 a 1. El coeficiente de arrastre será determinado usando un juicio de buena ingeniería consistente con los estándares de prueba y prácticas de la industria.

5. Motores con sistemas paro-arranque

- (A) El crédito de VP para los sistemas de motor con sistemas de paro-arranque es 1.6 gramos/km, con la condición de que el vehículo está equipado con un sistema de circulación de calentamiento eléctrico (o una tecnología que proporciona una función similar). Para los vehículos que no estén equipados con tales sistemas el crédito es de .9 gramos/km.
- (B) El crédito de CL para los sistemas de motor con sistemas de paro-arranque es 2.7 gramos/km, con la condición de que el vehículo está equipado con un sistema de circulación de calentamiento eléctrico (o una tecnología que proporciona una función similar). Para los vehículos que no estén equipados con tales sistemas el crédito es de 1.8 gramos/km.

6. Transmisión activa Warm-up

Los sistemas que utilizan un único lazo intercambiador de calor que sirve tanto para la transmisión como para funciones de calentamiento del motor son elegibles para los créditos, ya sea para el de transmisión o para el de motor pero no para ambos.

- (A) El crédito de automóviles de pasajeros es de .9 gramos/km.
- (B) El crédito camioneta es de 1.9 gramos/km.

7. Motor activo Warm-up

Los sistemas que utilizan un único lazo intercambiador de calor que sirve tanto para la transmisión como para funciones de calentamiento del motor son elegibles para los créditos, ya sea para el de transmisión o para el de motor pero no para ambos.

- (A) El crédito de automóviles de pasajeros es de .9 gramos/km.
- (B) El crédito camioneta es de 1.9 gramos/km.

8. Controles térmicos

El crédito máximo permitido para tecnologías de control térmico está limitado a 1.8 g/km para VP y 2.6 g/km para CL.

El total de créditos por tecnologías fuera de ciclo se calcularán por separado para VP y CL. Se sumarán para todos los vehículos vendidos por el fabricante para los que el crédito pueda aplicar de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Créditos totales (g CO}_2\text{e)} = \sum \text{Crédito} \times \text{Producción} \times 247,760$$

En donde:

Crédito = el valor del crédito por las tecnologías fuera de ciclo en g CO₂e/km

Producción = El número total de VP y CL, según el caso, producidos con las tecnologías fuera de ciclo para el cual el valor del crédito aplica.

247 760 corresponde al kilometraje estimado asociado con la vida útil de un vehículo

5.3.4 Créditos relacionados a la introducción de tecnologías altamente eficientes

Para incentivar la introducción de tecnologías altamente eficientes en rendimiento de combustible, que también tienen el potencial de reducir las emisiones de CO₂, los corporativos podrán acceder a créditos siempre que comercialicen en el país: vehículos eléctricos, vehículos híbridos eléctricos plug-in y vehículos de celda de combustible. Los corporativos que comercialicen este tipo de vehículos en su flota año-modelo 2017 a 2025 podrán usar un valor de cero (0) gramos/kilómetro de CO₂ para representar la proporción de operación eléctrica de un vehículo derivado de electricidad que es generada de fuentes que no se encuentran en el vehículo. El uso del valor de cero (0) gramos/kilómetro no tendrá restricción en el volumen de ventas durante todo el periodo.

Para los vehículos híbridos, vehículos eléctricos, vehículos híbridos eléctrico "plug-in" y vehículos de celda de combustible, los corporativos podrán usar multiplicadores de producción cuando determinen el promedio corporativos ponderado observado (PCPO).

Los multiplicadores de producción por año-modelo son los siguientes:

Cuadro 7. Multiplicadores para tecnologías altamente eficientes

Año-modelo	2017	2018	2019	2020	2021
Eléctricos, celda de combustible	2x	2x	2x	1.75x	1.5x
Híbridos eléctricos plug-in	1.6x	1.6x	1.6x	1.45x	1.3x

5.4. Criterios de aceptación

El cumplimiento del corporativo en términos de emisiones de bióxido de carbono, se determina a través de los criterios de aceptación, los cuales se definen al calcular la diferencia que existe entre el promedio corporativo ponderado meta y el promedio corporativo ponderado observado, ambos referidos a los vehículos de cada año-modelo regulado, de conformidad con la siguiente fórmula:

Evaluación del cumplimiento

Los estándares promedio de la flota se determinarán por fabricante, de forma separada para vehículos de pasajeros y camionetas ligeras, utilizando las fórmulas del cuadro 1 y los valores y parámetros de los cuadros 2 y 3 basados en el atributo de sombra.

Fórmula 1

$$CA1_{ij} = \left[\left(PCPM_i - PCPO_i \right)_j * ventas_{ij} \right] * 247760 / \sum ventas_{ij} \geq 0 \Rightarrow \text{cumple}$$

En donde:

$CA1_{ij}$ = criterio de aceptación 1 del corporativo i en unidades de gramos de CO_2 para las flotas de año-modelo regulado j

$Ventas_{ij}$ = ventas totales del corporativo i para cada año-modelo regulado j

247 760 es el kilometraje estimado asociado con la vida útil de un vehículo

En caso de que el resultado del criterio de aceptación (fórmula 1) sea menor a cero, los corporativos podrán compensar ese monto, por medio de los créditos que hayan generado de acuerdo con el numeral 5.3 de esta norma oficial mexicana.

Los fabricantes deben calcular, por año modelo regulado y por separado para los vehículos de pasajeros y camionetas ligeras, el número de créditos o débitos que han generado, considerando las fórmulas y valores establecidos en el numeral 5.3 y que corresponden a:

- Gases refrigerantes
- Eficiencia en los sistemas de aire acondicionado
- Tecnologías fuera de ciclo
- Tecnologías altamente eficientes

Si con la adjudicación de créditos generados por el corporativo, el resultado del criterio de aceptación de la fórmula 2, es menor a cero, los corporativos podrán optar por compensar el diferencial a través de créditos que otros corporativos obtengan al cumplir con sus propios criterios de aceptación.

Las transferencias de créditos entre corporativos deberán contar con el aval de la PROFEPA, la cual contará con la información correspondiente por medio del trámite de aviso de notificación de transferencias entre corporativos que, deberán remitir tanto el corporativo que cede las diferencias positivas, como el corporativo que acepta la transferencia.

6. Procedimiento para la evaluación de la conformidad

6.1. Disposiciones generales

6.1.1 La evaluación de la conformidad con la presente Norma Oficial Mexicana se realizará a través de la obtención del Certificado NOM de cumplimiento, de conformidad con el numeral 5.4 Criterio de aceptación y con el procedimiento indicado en el numeral 6.2.1 de este instrumento.

6.1.2. El Certificado NOM lo expide la PROFEPA o en su caso los Organismos de Certificación debidamente acreditados por la entidad de acreditación y aprobados por la PROFEPA.

6.1.3. El Certificado NOM se otorga por corporativo y certifica el cumplimiento respecto de sus vehículos automotores nuevos correspondientes a los años-modelo regulados.

6.1.4. La PROFEPA, o en su caso, los Organismos de Certificación aceptarán, conforme a los ciclos de prueba requeridos en esta norma, el informe de resultados de laboratorios de prueba acreditados y aprobados o, en su caso, el acta de las unidades de verificación acreditadas y aprobadas, carta o constancia del fabricante que incluya informe de resultados emitidos por laboratorios de pruebas acreditados y aprobados o certificado emitido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América o por Organismos de Certificación reconocidos en la Unión Europea o Japón, como información para acreditar el cumplimiento de las disposiciones de esta NOM. Para el caso de otras autoridades de protección ambiental correspondientes al país de origen del vehículo o el país donde se realizan las pruebas, se aceptarán sus certificados, siempre que se acompañen del informe de resultados emitido por el laboratorio de prueba correspondiente.

6.2. Procedimiento para expedir el Certificado NOM de cumplimiento

6.2.1. Para obtener el Certificado NOM de cumplimiento, una vez finalizadas las ventas de los vehículos correspondientes al año-modelo 2025, sin exceder el 30 de abril de 2026, los corporativos deberán presentar ante la PROFEPA o en su caso, ante los Organismos de Certificación acreditados y aprobados, el trámite integrado en el Registro Federal de Trámites y Servicios con la homoclave PROFEPA-03-005. Revisión, evaluación y, en su caso, certificación de vehículos nuevos, mismo que incluye la siguiente información:

- A.** Solicitud en escrito libre firmado por el representante o apoderado legal.
- B.** Copia del acta constitutiva del corporativo que solicita el certificado.
- C.** Copia de la cédula del registro federal de contribuyentes.
- D.** Copia del poder mediante el cual se acredite la representación legal del solicitante.
- E.** Domicilio para oír y recibir notificaciones
- F.** Informe del corporativo bajo protesta de decir verdad de ventas totales. Las ventas estarán desagregadas a nivel versión y corresponderán a los vehículos del año-modelo regulado, de conformidad con el Cuadro 9.
- G.** Evaluación del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, de acuerdo al numeral 5. Especificaciones de esta Norma Oficial Mexicana.
- H.** La información técnica indicada en el Apéndice informativo A.
- I.** De conformidad con los ciclos de prueba requeridos en esta norma, los documentales para acreditar el cumplimiento de la NOM tales como cualquiera de los siguientes:
 - Informe de resultados de laboratorios de prueba acreditados y aprobados o, en su caso, el acta de las unidades de verificación acreditadas y aprobadas,
 - Carta o constancia del fabricante que incluya informe de resultados emitidos por laboratorios de pruebas acreditados y aprobados,
 - Certificado emitido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, o por Organismos de certificación reconocidos en la Unión Europea o Japón. Para el caso de otras autoridades de protección ambiental correspondientes al país de origen del vehículo o el país donde se realizan las pruebas, se aceptarán sus certificados, siempre que se acompañen del informe de resultados emitido por el laboratorio de prueba correspondiente.
- J.** El pago de derechos correspondiente, se realizará por cada línea de vehículos.

Las personas físicas o morales que cuenten con el Registro Único de Personas Acreditadas (RUPA), no aplicarán los requisitos de los incisos B, C, D y E anteriores, debiendo señalar en el escrito libre de solicitud, el número de RUPA de la empresa y del representante o apoderado legal de la misma.

La PROFEPA o los Organismos de Certificación podrán consultar a la Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología de la Secretaría de Economía respecto de la identificación de los corporativos.

6.2.1.1 Los representantes legales podrán presentar la información a que se refiere el inciso G del numeral 7.2.1 por corporativo, de forma que dicha evaluación represente el resultado consolidado del corporativo para los vehículos años modelo 2017-2025.

6.2.2. La PROFEPA o en su caso, los Organismos de Certificación acreditados y aprobados, revisarán la documentación presentada y, en caso de detectar alguna omisión en la misma, notificarán al interesado en términos de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo en un plazo máximo de 15 días hábiles, contados a partir de la fecha de recepción de la información.

Los corporativos deberán dar respuesta en un plazo no mayor a 15 días hábiles, contados a partir de que surta efectos la notificación correspondiente, de incumplir este plazo, el trámite será desechado.

6.2.3. La PROFEPA o en su caso, los Organismos de Certificación acreditados y aprobados, resolverán el trámite indicado en el numeral 6.2.1 en un plazo máximo de 30 días hábiles, contados a partir del día siguiente a la fecha en que la PROFEPA, o en su caso, los Organismos de Certificación, reciban la documentación e información requerida.

En caso de que al finalizar el plazo de respuesta, la PROFEPA no emita resolución al trámite correspondiente, se entenderá que la resolución de la solicitud es en sentido positivo.

6.2.4. Reporte anual de información

Los corporativos, deben presentar, a la PROFEPA o en su caso, a los Organismos de Certificación, la información referente a los incisos F, H e I del numeral 6.2.1 de esta norma, de acuerdo con el siguiente calendario:

Cuadro 8. Calendario

Año-modelo regulado	Fecha de entrega
2017	Hasta el 30 de abril de 2018
2018	Hasta el 30 de abril de 2019
2019	Hasta el 30 de abril de 2020
2020	Hasta el 30 de abril de 2021
2021	Hasta el 30 de abril de 2022
2022	Hasta el 30 de abril de 2023
2023	Hasta el 30 de abril de 2024
2024	Hasta el 30 de abril de 2025
2025	Hasta el 30 de abril de 2026

El corporativo debe contabilizar el total de las ventas de sus vehículos automotores del año-modelo regulado, tal como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Calendario de contabilización de las ventas

Año-modelo regulado	Periodo de contabilización de ventas
2017	Inicio de ventas y hasta el 31 de marzo de 2018
2018	Inicio de ventas y hasta el 31 de marzo de 2019
2019	Inicio de ventas y hasta el 31 de marzo de 2020
2020	Inicio de ventas y hasta el 31 de marzo de 2021
2021	Inicio de ventas y hasta el 31 de marzo de 2022
2022	Inicio de ventas y hasta el 31 de marzo de 2023

2023	Inicio de ventas y hasta el 31 de marzo de 2024
2024	Inicio de ventas y hasta el 31 de marzo de 2025
2025	Inicio de ventas y hasta el 31 de marzo de 2026

Los vehículos del año-modelo regulado que sean enajenados por primera vez en territorio nacional, posterior a la fecha indicada en el cuadro 10, se reportarán junto con los vehículos del año-modelo regulado en que se realice dicha enajenación.

6.3 Validez del certificado

El Certificado NOM perderá validez cuando la Procuraduría advierta y, en su caso, acredite que se proporcionó información o documentación falsa.

6.4 Cuando la versión de un vehículo automotor de un año-modelo certificado conserve las características técnicas de su tren motriz y por lo tanto, se considere que las emisiones de bióxido de carbono no variaron con respecto a la misma versión de vehículo del siguiente año-modelo, el corporativo podrá presentar los resultados de las pruebas de emisiones del año-modelo anterior.

6.5. Verificación del Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana

La PROFEPA verificará el cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana, conforme a las especificaciones previstas en el numeral 5 de la misma, para tal efecto requerirá la siguiente información:

a) Informe del corporativo bajo protesta de decir verdad de ventas totales realizadas del año-modelo regulado desagregadas a nivel versión de los vehículos automotores.

b) Evaluación del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, de acuerdo al numeral 5. Especificaciones.

c) De conformidad con los ciclos de prueba requeridos en esta norma, los documentales para acreditar el cumplimiento de la NOM tales como cualquiera de los siguientes:

- Informe de resultados de laboratorios de prueba acreditados y aprobados o, en su caso, el acta de las unidades de verificación acreditadas y aprobadas,
- Carta o constancia del fabricante que incluya informe de resultados emitidos por laboratorios de pruebas acreditados y aprobados,
- Certificado emitido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, o por Organismos de certificación reconocidos en la Unión Europea o Japón. Para el caso de otras autoridades de protección ambiental correspondientes al país de origen del vehículo o el país donde se realizan las pruebas, se aceptarán sus certificados, siempre que se acompañen del informe de resultados emitido por el laboratorio de prueba correspondiente.

d) La información indicada en el Apéndice informativo A.

6.6 Procedimiento de verificación

La verificación de las emisiones de CO₂ provenientes de los vehículos, a integrarse en el reporte anual de información del numeral 6.2.4, podrá efectuarse anualmente.

Las pruebas de verificación para los vehículos se realizarán de acuerdo con el método de prueba que señala la norma mexicana NMX-AA-011-1993-SCFI, o en su caso, de acuerdo con lo señalado en el numeral 5.2.1.1 de esta Norma Oficial Mexicana.

La verificación deberá sujetarse al procedimiento siguiente:

- I. La verificación se efectuará por personal de la PROFEPA.
- II. La prueba consistirá en realizar dos mediciones de los gases por el escape utilizando el mismo vehículo de certificación, en el lugar y bajo las condiciones originales de prueba o un vehículo de prueba proporcionado por el corporativo en el lugar que designe el propio corporativo. Dichas mediciones deberán presentar repetibilidad de resultados entre ellas. El resultado final será el promedio aritmético de ambos valores.
- III. Los resultados de verificación con respecto a los reportados en la certificación podrán tener una variación máxima de 3%.
- IV. Cuando el corporativo no cuente con el vehículo de certificación o uno de prueba, la PROFEPA seleccionará de forma aleatoria un vehículo ligero con condiciones similares al de certificación. En

este caso, los resultados de la prueba de verificación con respecto a los reportados en la certificación podrán tener una variación máxima de 10%.

- V. Una vez que el laboratorio de prueba emita el informe de resultados correspondiente, los corporativos lo deberán entregar a la PROFEPA, la cual emitirá la resolución administrativa correspondiente.

6.7. Resguardo de la información

Para cada año modelo, los fabricantes deben mantener y conservar, durante cinco años, los datos que se mencionan a continuación:

- (A) El modelo del año
- (B) Las metas aplicables de CO₂ de la flota promedio para cada conjunto de promedio
- (C) El valor promedio de la flota de CO₂ calculado para cada conjunto en promedio
- (D) Todos los valores utilizados en el cálculo de los valores promedio de la flota de CO₂
- (E) La información completa sobre todos los créditos calculados y la base para todos los cálculos de crédito

La información de cada operación de crédito debe incluir, lo siguiente:

- (a) Nombre del proveedor de crédito.
- (b) Nombre del destinatario crédito.
- (c) Fecha en la se efectuó la transferencia correspondiente.
- (d) Cantidad de créditos intercambiados en gramos de CO₂.
- (e) Año-modelo en el que se obtuvieron los títulos de crédito.

7. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana no coincide con ninguna norma internacional, ya que no existe alguna sobre el tema.

8. Bibliografía

Norma Mexicana NMX-Z-013/1-1977, Guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Mexicanas cuya declaratoria de vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 1977.

Código Federal de Regulaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América volumen 40, partes 85, 86 y 600 revisado el 1 de julio de 1994, por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Estándares de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para Vehículos Ligeros y el Promedio Corporativo para la Economía de Combustible para años modelo 2017 y posteriores (2017 and Later Model Year Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emissions and Corporate Average Fuel Economy Standards. Octubre de 2012).

9. Vigilancia

La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la PROFEPA.

El incumplimiento de esta norma motivará la aplicación de las sanciones económicas establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

TRANSITORIO

Primero.- La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor 60 días naturales después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Segundo.- Los créditos excedentes obtenidos por los corporativos en el periodo regulatorio 2014-2016, conservarán su valor nominal hasta que concluya la comercialización de los año-modelo 2021, por lo que, de no utilizarse, expirarán al inicio de la comercialización de los vehículos de pasajeros y camionetas ligeras año modelo 2022.

APÉNDICE INFORMATIVO A

INFORMACIÓN TÉCNICA

La información técnica de los vehículos a nivel versión, debe entregarse en archivos electrónicos utilizables en programas de formato de hojas de cálculo, bases de datos u otros equivalentes, de acuerdo con el formato que se integre en el trámite PROFEPA-03-005. Revisión, evaluación y, en su caso, certificación de vehículos nuevos.

A continuación la relación de información técnica necesaria:

Datos generales

Marca*
Submarca*
Versión*
Año-modelo*
Tipo de frenos (delantero/traseros)*
Número de puertas
Categoría del vehículo*
Tecnología*

Dimensiones

Carrocería
Largo (mm)
Ancho (mm)
Alto (mm)
Dimensiones para el cálculo de la sombra
Distancia entre el punto medio de cada eje (mm) *
Longitud eje delantero (mm) medido hasta el punto medio de las llantas*
Longitud eje trasero (mm) medido hasta el punto medio de las llantas*
Área o sombra de acuerdo a las especificaciones de este instrumento*
Ángulos
Aproximación/Ataque*
Rompimiento/Salida*

Peso (kg)

Peso del vehículo o peso en acera*
Peso bruto vehicular*

Rendimiento de combustible (Km/l)

Rendimiento en ciudad*
Rendimiento en carretera*
Rendimiento combinado*

Emisiones contaminantes (g/km)

Hidrocarburos no metánicos (NMHC)*
Monóxido de carbono (CO)*
Hidrocarburos Evaporativos (g/pba)*
Partículas (vehículos diesel)*
NOx*
Para los ciclos de prueba de ciudad y carretera:
Bióxido de carbono (CO₂) *
Monóxido de carbono (CO) *
Hidrocarburos (HC) *

Óxido nitroso (N₂O)

Motor

Familia del motor*
Desplazamiento (cm³)*
Número y posición de cilindros*
Diámetro (mm)
Carrera (mm)
Potencia neta (HP/rpm) *
Par máximo (Nm/rpm)
Relación de compresión
Tipo de alimentación de combustible*

Transmisión

Tipo*

Eje propulsor

Relación
Tipo

Control de emisiones

Convertidor catalítico*
Cantidad o número de convertidores*
Sensor de oxígeno*
Válvula EGR*
Bomba de aire
Sistema de diagnóstico abordo (OBDII O EOBD) *
Estándar de durabilidad *
Filtro de partículas*

Aire acondicionado

Tipo de gas refrigerante o refrigerantes*
Fórmula química*
Potencial de calentamiento global*
Tiempo de vida*
Capacidad del sistema de aire acondicionado
Tecnología del sistema de aire acondicionado
Tipo, material y durabilidad de sus componentes, tales como: conectores, mangueras, juntas y contenedores del refrigerante*
Características de operación del compresor
Estimación de las emisiones fugitivas (gramos de CO₂ al año o relación equivalente)*

Capacidades (I)

Tanque de combustible
Enfriamiento
Lubricación

Datos prueba

Peso de prueba*
Carga de inercia (kg)*
Clase NOM-042*
Estándar NOM-042*
Categoría de acuerdo a los criterios de esta Norma Oficial Mexicana*
País de origen del vehículo
Características del combustible:

Fracción peso de carbón*
Peso específico o gravedad específica*
Poder calorífico*

Nota: La entrega de la información marcada con (*) es obligatoria.

APÉNDICE INFORMATIVO B

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN COMO CAMIONETA LIGERA

(Con base en lo establecido en el numeral 4.3 y de acuerdo con el Código de Regulaciones Federales de Estados Unidos Título 49: Transporte Parte 523.5 Clasificación de vehículos).

Una camioneta ligera es:

a) un vehículo diseñado para realizar al menos una de las siguientes funciones:

- 1)** Transportar más de 10 personas
- 2)** Proveer espacio para vivienda temporal
- 3)** Transportar bienes sobre una plataforma abierta

4) Proveer, al vender al primer comprador al menudeo, mayor volumen para carga que para pasajeros, tales como en una van de carga; si un vehículo es vendido con una segunda fila de asientos, su volumen para carga está determinado con ese asiento instalado aun cuando el fabricante haya descrito ese asiento como opcional, o

5) Permitir el uso extendido del vehículo para propósitos de carga u otros propósitos que no sean carga de pasajeros, conforme a lo siguiente:

(i) Para camionetas ligeras fabricadas a partir del año-modelo 2008 y posteriores, y equipadas con al menos 3 filas de asientos designados como equipo estándar; permitir un mayor uso del automóvil para el transporte de carga o para otros fines que no sean la carga de pasajeros a través de la remoción o estiba de los asientos plegables o de giro a fin de crear una superficie de carga plana y nivelada que se extiende desde el punto más delantero de la instalación de los asientos a la parte trasera del interior del automóvil,

o

b) Un vehículo con capacidad de operación fuera de carretera determinado porque:

- 1)** Tiene doble tracción (4x4) o
- 2)** Tiene un peso bruto vehicular mayor a 6 000 libras (2 721.55 kg), y

3) Tiene al menos cuatro de las siguientes características calculadas cuando el vehículo está a peso vehicular,²⁰ en una superficie nivelada, con las llantas frontales paralelas a la línea central longitudinal del vehículo y las llantas infladas a la presión recomendada por el fabricante:

- i)** Ángulo de aproximación de no menos de 28 grados
- ii)** Ángulo ventral²¹ de no menos de 14 grados
- iii)** Ángulo de salida de no menos de 20 grados

²⁰ Peso de un vehículo, incluido el combustible, lubricantes, refrigerante y el equipo estándar, pero sin carga o pasajeros.

²¹ Ángulo ventral es el suplemento del ángulo mayor en una vista lateral de un vehículo, que puede formarse por dos líneas tangenciales a los arcos radiales de las llantas delanteras y traseras bajo carga y estáticas, y que se interceptan en un punto en la parte baja del vehículo.

iv) Claro del punto más bajo del vehículo al piso, excluyendo el peso no suspendido, de no menos de 20 centímetros

v) Claro de ejes delantero y trasero de no menos de 18 centímetros cada uno.

En caso de que exista desacuerdo entre la PROFEPA y el sujeto regulado sobre la clasificación que este último reporte sobre un vehículo, la controversia se dirimirá ante el Instituto Mexicano del Transporte.

APÉNDICE INFORMATIVO C

UTILIZACIÓN DE CRÉDITOS

Los créditos pueden ser utilizados, en los siguientes casos y formas:

- El fabricante, los podrá utilizar para compensar débitos hasta para tres año-modelo regulados posteriores a la generación de los mismos y hasta para dos año-modelo regulados anteriores a la generación de estos.
- El intercambio de créditos entre corporativos también es válido, siempre y cuando el fabricante adquirente haya aplicado el total de los créditos obtenidos por él mismo y que los que le sean transferidos se empleen para compensar cualquier déficit hasta para un año modelo posterior por el que solicitó esos nuevos créditos, situación que debe ser notificada a la PROFEPA, en el respectivo informe anual.
- Se considera que se acumulan débitos cuando un fabricante calcula que tiene créditos negativos (también llamados "débitos" o "déficit de créditos") para un año modelo determinado y, en ese caso, se podrá trasladar el déficit tres años modelo hacia adelante, siempre y cuando el fabricante haya agotado el total de créditos que haya generado por sí mismo. Al final del tercer año modelo, el fabricante debe cubrir el déficit con una cantidad suficiente de créditos obtenidos de manera propia o transferidos por otro corporativo. Cualquier déficit restante será motivo para no adquirir el certificado. Los fabricantes podrán estar en déficit de crédito solamente durante tres años consecutivos.
- Si un fabricante cesa la producción de vehículos de pasajeros y camionetas ligeros o es adquirido o se fusiona con otra, el fabricante o, en su caso, la entidad controladora sigue siendo responsable de la compensación de los débitos pendientes dentro del período de tiempo requerido.

9. Conclusiones

Las normas de emisiones de GEI o eficiencia energética vehicular han probado ser una manera efectiva de reducir emisiones del sector autotransporte en el mundo. Como se pudo observar por la revisión documental de este trabajo, a través de estos mecanismos regulatorios, existe el potencial de reducir a nivel mundial hasta en 37% las emisiones mundiales del sector transporte para el año 2030 (ICCT, 2014).

En México, la NOM-163 de emisiones de CO₂ y eficiencia energética vehicular para los años-modelo 2014-2016, es una de las normas más importantes del Gobierno Mexicano para reducir emisiones GEI de este sector. La evaluación realizada en este trabajo respecto al impacto, efectividad, eficacia y eficiencia de la NOM-163, utilizando la guía metodológica publicada por la SEMARNAT, presenta resultados positivos. La norma ha logrado un cambio efectivo en el comportamiento de los sujetos regulados. Las estimaciones realizadas antes de su publicación, pronosticaban que la norma alcanzaría los 157.9 g CO₂/km (14.9 Km/l), en 2016, utilizando los créditos otorgados a los corporativos. En 2014, la flota alcanzó los 168.67 g CO₂/km (13.94 Km/l), quedando a 1 Km/l de la meta esperada en 2016 (antes de su publicación y sin el uso de créditos), mostrando un esfuerzo de reducción de emisiones de 13%, respecto del año base 2010. El impacto de esta reducción de emisiones es de 16.9 MtCO₂, en el escenario con impacto temporal y de 178.2 MtCO₂, en el escenario con impacto permanente.

En términos de su eficacia, se encontraron importantes áreas de oportunidad sobre la entrega de la información que la industria hace a la PROFEPA para la evaluación del cumplimiento. Al no existir un formato universal de entrega, tanto de los resultados de emisiones, como de la información sobre las características técnicas de las flotas especificadas en el apéndice A de la norma, es difícil realizar una evaluación rápida y eficiente de la norma; entonces, es importante establecer formatos universales que aseguren la consistencia de la información entregada por la industria.

Con base a la evaluación realizada, se puede concluir que la actual NOM-163 ha tenido un impacto en la reducción de emisiones de CO₂ de la flota de vehículos ligeros nuevos, excediendo las metas proyectadas en el trabajo ex ante a su publicación, hasta el momento de esta evaluación.

Con respecto a la evaluación de las tres diferentes opciones de actualización de la NOM-163 para las flotas año-modelo posteriores a 2016, la primera opción evaluada fue la armonización con la regulación de GEI de la EPA para los año-modelo 2017-2025, la cual aseguraría que las flotas comercializadas en México no se rezaguen tecnológicamente con respecto a Estados Unidos. Esta opción mantiene los atributos principales de la regulación de Estados Unidos, como el promedio corporativo y la sombra vehicular, e incluso abre la opción a obtener créditos por mejoras en los sistemas de aire acondicionado que representarán reducciones reales en emisiones de GEI, por lo que se justifica una mayor ambición que si sólo fuera de rendimiento, como la de NHTSA. Además, establece compromisos de largo plazo al 2025, lo que brinda certidumbre a la industria automotriz. La segunda opción analizada fue la continuación de la NOM-163, la cual mantiene los parámetros de CAFE con reducciones de 1% y 2% en VP y CL, respectivamente. La tercera opción analizada es la armonización con Europa, la cual exigiría un esfuerzo aún mayor que el de EPA, puesto que está hecha para una flota de menor tamaño promedio y con rendimientos históricos mayores; es, además, una norma que regula el PBV como atributo, lo cual puede generar problemas de “gaming”, según lo explicado en la sección correspondiente.

La armonización con la regulación de GEI de la EPA continúa con el esfuerzo gradual iniciado por la NOM-163 en 2014 y alcanza metas más ambiciosas, al regular todos los gases provenientes del vehículo y no sólo los del escape regulados a través del instrumento normativo aún vigente, propiciando así que las metas a alcanzar sean congruentes con las establecidas por México en sus compromisos de contribuciones al cambio climático, manteniendo, al mismo tiempo, todas las flexibilidades y créditos que le permitirían a la industria reducir los costos de cumplimiento y asegurar el logro de las nuevas metas.

Tabla 54 Comparación de beneficios en millones de toneladas evitadas de CO₂

Escenarios	2017 (g CO ₂ /km)*	2021(g CO ₂ /km)*	2025 (g CO ₂ /km)*
1) Armonización con la EPA	136.3	111.4	92.2
3) Continuación NOM-163	143.5	124	103.1
4) Regulación europea		100.8**	

*Todo en ciclo de prueba FTP75

** La Unión Europea plantea metas por separado para cada categoría. Para hacerla comparable con las otras propuestas se supone la composición de las categorías observadas de la flota 2013

Fuente: elaboración propia

Referencias

Deloitte (2014). Global Automotive Consumer Study "Exploring consumer preferences and mobility choices in Europe".

[http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/manufacturing/gx-global-automotive-consumer-study-europe-final\(4\).pdf](http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/manufacturing/gx-global-automotive-consumer-study-europe-final(4).pdf)

EIA (2015). Annual Energy Outlook 2015. Energy Information Administration 2015. www.eia.gov

EPA (2012). Joint Technical Support Document. Final Rulemaking for 2017-2025 Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards. Assessment and Standards Division Office of Transportation and Air Quality U.S. Environmental Protection Agency and National Highway Traffic Safety Administration U.S. Department of Transportation. EPA-420-R-12-901 August 2012 <http://www3.epa.gov/otaq/climate/documents/420r12901.pdf>

EPA (2012b). Regulatory Impact Analysis: Final Rulemaking for 2017-2025 Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards. Assessment and Standards Division Office of Transportation and Air Quality U.S. Environmental Protection Agency. EPA-420-R-12-016. August 2012. <http://www3.epa.gov/otaq/climate/documents/420r12016.pdf>

EPA (2013). Light-Duty Automotive Technology, Carbon Dioxide Emissions, and Fuel Economy Trends: 1975 Through 2013. Trends report. Environmental Protection Agency, December 2013.

<http://www3.epa.gov/fueleconomy/fetrends/1975-2013/420r13011.pdf>

EPA (2015). Environmental Protection Agency. Greenhouse Gas Emission Standards for Light-duty Vehicles. Manufactures Performance Report of 2013. March, 2015 <http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/420r15008a.pdf>

GFEI (2014). GLOBAL FUEL ECONOMY INITIATIVE. Fuel Economy State of the World 2014. The World is Shifting into Gear on Fuel Economy.

<http://www.fiafoundation.org/media/44120/gfei-annual-report-2014-executive-summary.pdf>

ICCT (2011) U.S. EPA/DOT Supplemental Notice of Intent Regarding Light-Duty Vehicle Standards for the 2017–2025 Model Years. Policy update. August 19, 2011. http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTpolicyupdate13_USLDV_final.pdf

ICCT (2014a) The state of clean transport policy a 2014. Synthesis of vehicle and fuel policy developments. International Council on Clean Transportation 2014. Miller, J., Facanha, C.

www.theicct.org/state-of-clean-transport-policy-2014

ICCT (2014b). International Council of Clean Transportation. *EU CO₂ emission standards for passenger cars and light-commercial vehicles*. Policy update. January 2014.

http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTupdate_EU-95gram_jan2014.pdf

ICCT (2015). International Council of Clean Transportation. CO₂ Emissions from New Passenger Cars in the EU: Car Manufacturers' Performance in 2014. Briefing. July 2015.

http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTbriefing_EU-CO2_201507.pdf

INECC (2015) Análisis de la evolución de la flota de vehículos automotores en circulación en México 2013-2030. Inédito. México.

INEGI. (2013). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

INEGI (2013) Sistema de Cuentas Nacionales de México: cuentas económicas y ecológicas de México 2007-2011año base 2003. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI, c2013, 159 p.

http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/derivada/economicas/medio%20ambiente/2007_2011/SCEEM0711.pdf

International Energy Agency (2014). "CO₂ emissions from fuel combustion overview"

http://www.iea.org/media/statistics/topics/emissions/CO2_Emissions_Overview.pdf

IWGSCC (2013). Technical Support Document: - Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis - Under Executive Order 12866. Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government. May, 2013.

https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/inforeg/social_cost_of_carbon_for_ria_2013_update.pdf

México, Gobierno de la República (2015)/ Intended Nationally Determined Contribution

http://inecc.gob.mx/descargas/difusion/2015_mex_indc_presentacion.pdf

NADA UCG. Car Shopper Survey Ranks Consumer Preferences for New Vehicles.

<http://www.nada.com/b2b/NADAOutlook/UsedCarTruckBlog/tabid/96/entryid/482/nada-ucg-s-2014-car-shopper-survey-ranks-consumer-preferences-for-new-vehicles.aspx>

NORMA Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2091196&fecha=07/09/2005

NORMA Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013, Emisiones de bióxido de carbono (CO₂) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3 857 kilogramos.

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5303391&fecha=21/06/2013

OICA, 2010. The International Organization of Motor Vehicle Manufacturers .

<http://oica.net/wp-content/uploads/all-vehicles-2010.pdf>

Regulation (EC) No 443/2009 (Regulación Europea).

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32009R0443>

Sterner, T (2007) Fuel taxes: An important instrument for climate policy. Energy Policy. Num 35 pp 3194- 3202

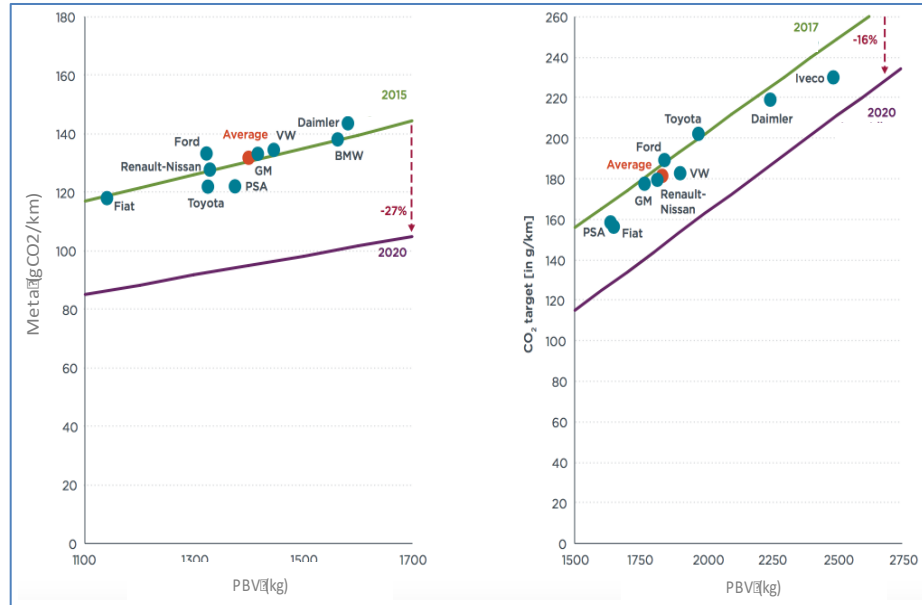
SEMARNAT (2011) Evaluación de instrumentos Normativos del Sector Ambiental. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental. México. Agosto de 2011.

Transportpolicy.net. maintained by the International Council on Clean Transportation

<http://www.transportpolicy.net/index.php?title=Transportpolicy.net:About>

Anexo 1 Figuras adicionales de las experiencias internacionales

Figura 27 Metas europeas 2015 y 2020 para vehículos de pasajeros y camionetas ligeras



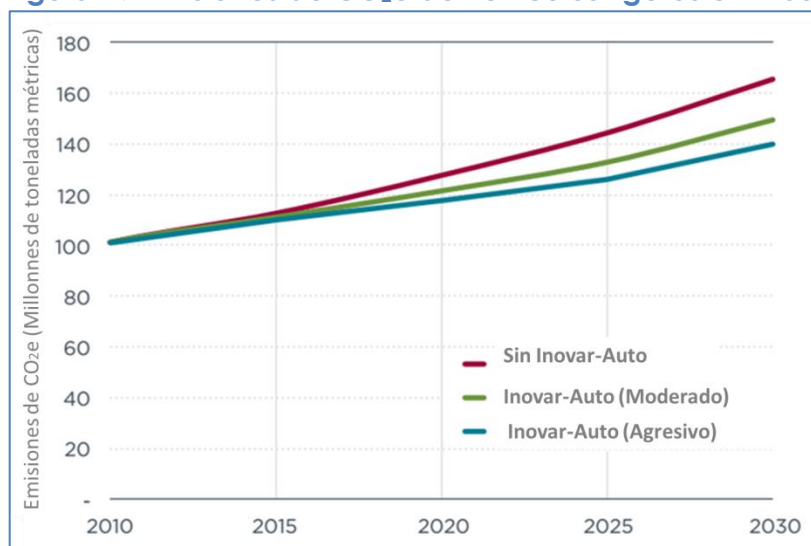
Fuente: ICCT, 2014b

Figura 28 Uso de flexibilidades, atributos y créditos hasta 2014 por armadoras de EUA

		BMW	Fiat	Chrysler	Ford	GM	Honda	Hyundai	Kia	Mazda	Mercedes	Nissan	Subaru	Toyota	Volkswagen	Others
Elementos básicos de diseño	Atributo basado en sombra															
	Estándares para EPA/CAL															
	Por medio ponderado															
Generación de créditos	Banqueo créditos tempranos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Aire acondicionado	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X
	Fuera del ciclo				X											
	Tecnologías avanzadas			X	X	X				X	X		X			X
	Combustibles alternos		X	X	X					X	X		X	X		
	Vehículos a gas natural					X										
Transferencia de créditos	Uso del banco de créditos	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X	X
	Deficit del 2014															X
	Intercambio: venta					X					X					X
	Intercambio: compra		X							X						X
Otro	Pequeñas armadoras															X
	Alternativas por CH ₄ y N ₂ O	X	X	X	X									X		

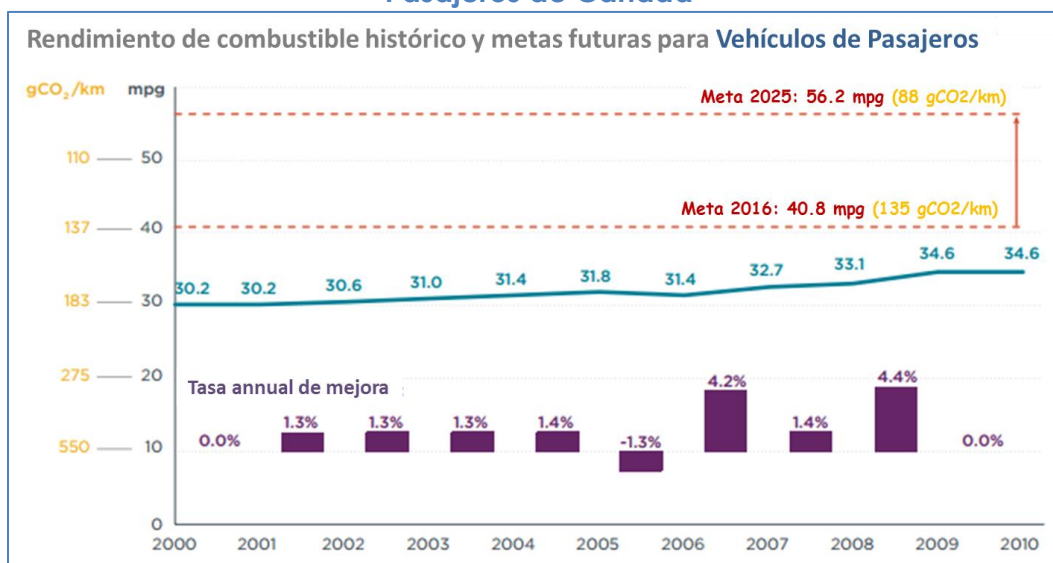
Fuente: EPA 2015

Figura 29 Emisiones de CO₂e de vehículos ligeros en Brasil



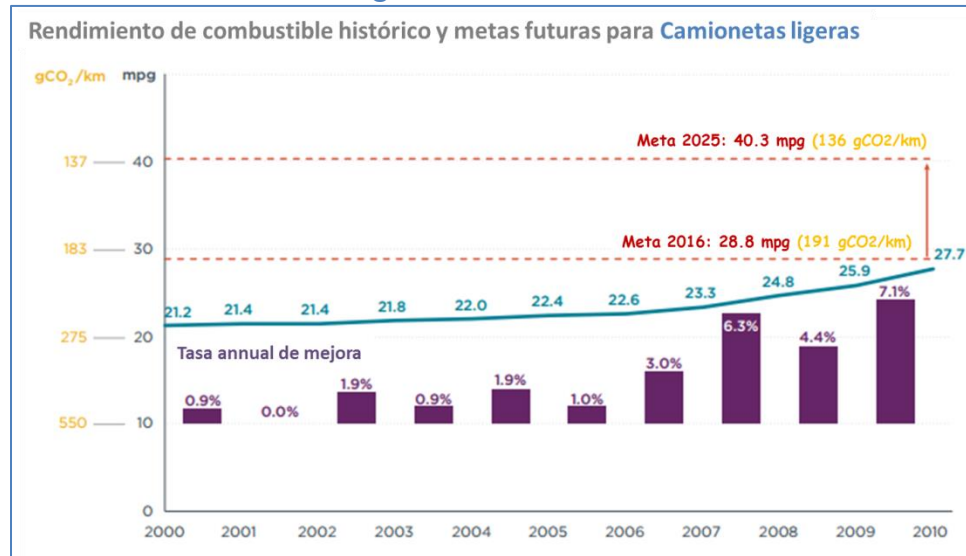
Fuente: International Council on Clean Transportation (ICCT, 2014)

Figura 30 Rendimiento de combustible histórico y metas futuras para Vehículos de Pasajeros de Canadá



Fuente: International Council on Clean Transportation (ICCT, 2015)

Figura 31 Rendimiento de combustible histórico y metas futuras para Camionetas ligeras de Canadá.



Fuente: International Council on Clean Transportation (ICCT, 2015)

Anexo 2 Valores y parámetros de NHTSA menos el 1% y 2% para VP y CL

Tabla 55 Valores y parámetros NHTSA para vehículos de pasajeros menos 1% en términos de rendimiento de combustible (Km/l)

MY	A (Km/l)	B (Km/l)	C (l/km)/m ²	D (l/km)
2017	18.36	13.74	0.013	0.005
2018	19.03	14.24	0.013	0.004
2019	19.73	14.76	0.012	0.004
2020	20.52	15.35	0.012	0.004
2021	21.40	16.00	0.011	0.004
2022	22.40	16.75	0.011	0.003
2023	23.45	17.53	0.010	0.003
2024	24.55	18.34	0.010	0.003
2025	25.71	19.20	0.009	0.003

Fuente: elaboración propia basado en NHTSA

Tabla 56 Valores y parámetros NHTSA para vehículos de pasajeros menos 1% en su equivalencia de g CO₂/km

MY	A (g CO ₂ /km)	B (g CO ₂ /km)	C (g CO ₂ /km)/m ²	D (g CO ₂ /km)
2017	127.89	170.82	30.80	10.57
2018	123.36	164.81	29.74	10.10
2019	119.00	159.03	28.71	9.64
2020	114.43	152.93	27.63	9.16
2021	109.73	146.69	26.53	8.67
2022	104.82	140.17	25.38	8.16
2023	100.11	133.94	24.27	7.67
2024	95.63	127.98	23.22	7.19
2025	91.33	122.28	22.21	6.75

Fuente: elaboración propia basado en NHTSA

Tabla 57 Valores y parámetros NHTSA para camionetas ligeras menos 2% en términos de rendimiento de combustible Km/l

	A (Km/l)	B (Km/l)	C (l/km)/m²	D (l/km)	E (Km/l)	F (Km/l)	G (l/km)/m²	H (l/km)
2017	15.11	10.46	0.01	0.01	14.63	10.46	0.01	0.02
2018	15.57	10.50	0.01	0.01	14.72	10.50	0.01	0.02
2019	15.91	10.52	0.01	0.01	14.76	10.52	0.01	0.02
2020	16.30	10.52	0.01	0.01	14.76	10.52	0.01	0.02
2021	17.42	10.52	0.01	0.01	14.76	10.52	0.01	0.02
2022	18.25	10.96	0.01	0.01	14.76	10.52	0.01	0.02
2023	19.13	11.47	0.01	0.01	14.76	10.52	0.01	0.02
2024	20.04	12.02	0.01	0.01	14.76	10.52	0.01	0.02
2025	21.00	12.58	0.01	0.01	14.76	10.52	0.01	0.02

Fuente: elaboración propia basado en NHTSA

Tabla 58 Valores y parámetros NHTSA para vehículos de pasajeros menos 2% en su equivalencia de g CO₂/km

	A (gCO ₂ /km)	B (gCO ₂ /km)	C (gCO ₂ /km)/(m²)	D (gCO ₂ /km)	E (gCO ₂ /km)	F (gCO ₂ /km)	G (gCO ₂ /km)/(m²)	H (gCO ₂ /km)
2017	155.3	224.5	33.2	28.7	160.5	224.5	27.6	55.5
2018	150.8	223.5	32.5	27.0	159.5	223.5	27.6	54.5
2019	147.6	223.1	31.9	26.0	159.1	223.1	27.6	54.1
2020	144.0	223.1	31.2	25.3	159.1	223.1	27.6	54.1
2021	134.8	223.1	29.2	23.5	159.1	223.1	27.6	54.1
2022	128.6	214.2	27.9	22.2	159.1	223.1	27.6	54.1
2023	122.7	204.6	26.7	21.0	159.1	223.1	27.6	54.1
2024	117.1	195.4	25.5	19.9	159.1	223.1	27.6	54.1
2025	111.8	186.6	24.4	18.8	159.1	223.1	27.6	54.1

Fuente: elaboración propia basado en NHTSA