

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO NOM-044-SEMARNAT-2017

Al desarrollar esta sección, se tomaron como base dos documentos elaborados por el Consejo Internacional de Transporte Limpio (*ICCT*, por sus siglas en inglés), en el año 2014, el primero publicado en mayo: “Actualización de la NOM-044. Información para la toma de decisiones” y, el segundo, en agosto: “Cost-Benefit Analysis of Mexico’s Heavy-duty Emission Standards (NOM 044)” (“Análisis Costo-Beneficio de los estándares de emisión provenientes de los vehículos pesados (NOM 044)”).

RESUMEN EJECUTIVO

En este documento se presenta el análisis costo-beneficio vinculado a la nueva versión de la NOM-044, sin embargo, los cálculos que soportan los resultados correspondientes fueron desarrollados por el Consejo Internacional de Transporte Limpio (*ICCT*, por sus siglas en inglés), quien consideró los beneficios ambientales y para la salud pública, e incluso, el aumento en los costos de producción y de operación de los vehículos diseñados para cumplir con los estándares más estrictos, tanto en los Estados Unidos de América (EPA 2010), como en Europa (EURO VI).

Es oportuno señalar que los costos y beneficios se estimaron hasta el vigésimo año posterior a la entrada en vigor de los estándares más estrictos, para lo cual se les asignó un valor económico y se calculó el valor presente neto correspondiente. Estas estimaciones dieron como resultado que la implementación de la nueva NOM-044, a lo largo de 20 años, tendrá un beneficio neto de 123 mil millones de dólares (o de 2.46 billones de pesos mexicanos, considerando un tipo de cambio de \$20.00 por dólar). Cabe mencionar que el resultado obtenido incluye el valor social por evitar muertes prematuras vinculadas a la contaminación del aire provocada por la emisión de contaminantes a la atmósfera atribuible a los vehículos pesados, así como los beneficios para el ambiente, derivados de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de este tipo de vehículos.

Del análisis costo-beneficio se deduce que las modificaciones a la NOM-044 redundarán en beneficios importantes para la salud de la población y, además, que éstas repercutirán en ahorros sustanciales en el consumo de combustible; esto se debe a que los motores EPA 2004, que cumplen con la norma vigente en nuestro país, representan, hoy en día, el 90% de las ventas en México, siendo los motores nuevos menos eficientes dentro del mercado mundial.

Las dos opciones que tendrán los fabricantes e importadores para cumplir con los estándares más estrictos de la NOM-044 modificada (EPA 2010 y EURO VI), son funcionalmente equivalentes, las cuales ofrecen las mismas tecnologías e imponen niveles de emisiones igualmente estrictos, además de cumplir con especificaciones muy similares en torno al Sistema de Diagnóstico a Bordo (OBD, por sus siglas en inglés) y presentar mejoras en la eficiencia, al compararlas con los motores EPA 2004. En torno a ello, si se compara un motor EPA 2004 con un EPA 2010, las diferencias entre uno y otro son bastante considerables y lo mismo sucede con los motores europeos. Asimismo, los incrementos en los costos de producción de las tecnologías EPA 2010 y Euro VI se espera que sean muy parecidos para el mercado mexicano; esto, debido a que se trata de las mismas tecnologías y que el diésel con un contenido nominal máximo de 15 partes por millón (ppm), es adecuado para el correcto funcionamiento de ambas opciones de cumplimiento.

Asimismo, se aclara que las tecnologías más recientes, cuentan con sistemas de control en torno a distintos contaminantes; razón por la cual, a través de estos, se lograrán reducir las emisiones vehiculares de manera importante, tomando como referencia, las emisiones provenientes de motores o vehículos fabricados con tecnología EPA 2004.

Resulta importante mencionar que cuando el ICCT desarrolló el estudio correspondiente, tomó en cuenta que los estándares B contemplados en las Tablas 1, 2, 3 y 4 de la NOM-044-SEMARNAT-2017, entrarían en vigor en enero de 2018 y por eso el periodo de 20 años inicia en el 2018 y culmina

en el 2037; sin embargo, las tendencias y los resultados no se modificarían si se empezara en el año 2019, concluyendo en el 2038, ya que la aplicación de tales estándares comenzará hasta el 1 de enero de 2019; esto, debido a que en la NOM-016-CRE-2016 se establece que la fecha en la que habrá plena disponibilidad de Diesel de Ultra Bajo Azufre en todo el territorio nacional, combustible que es requerido por tales tecnologías, será hasta el 31 de diciembre de 2018.

Por último, se establece que los datos de origen y los cálculos realizados por el ICCT no pueden hacerse públicos, ya que están protegidos bajo propiedad intelectual.

TECNOLOGÍAS EPA 2010 & EURO VI

La NOM-044-SEMARNAT-2017, además de contemplar estándares equivalentes a las tecnologías EPA 2010 y EURO VI (estándares B de las Tablas 1, 2, 3 y 4), establece límites máximos permisibles menos estrictos (estándares A y AA, según corresponda); sin embargo, para el presente análisis costo-beneficio, tales tecnologías son las únicas que se toman en cuenta, por ser las que generan un mayor impacto en lo económico, pero, sobre todo, en materia ambiental y de salud pública.

Respecto a lo anterior, los estándares EPA 2010 o Euro VI, si se comparan con la tecnología EPA 2004, la más usada actualmente en el mercado mexicano, ofrecen una reducción en las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), la cual es del 90% o más y en torno a las emisiones de partículas, entre el 97% y 98%, tomando como base para este caso, solamente la tecnología EPA 2010, la cual, además, es un poco más exigente respecto de la durabilidad de las emisiones.

Con relación a las tecnologías vehiculares de nueva generación, se señala que no existe una diferencia marcada entre EPA 2010 y EURO VI, ya que ambas requieren, entre otros componentes: turbo-cargadores de geometría variable, filtros de control de partículas y sistemas de reducción catalítica selectiva altamente eficientes. Dichos sistemas requieren un fluido que consta de una mezcla de agua y urea, para poder operar correctamente.

METODOLOGÍA

La metodología empleada en el presente análisis costo-beneficio es consistente con aquella utilizada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA, por sus siglas en idioma inglés) y que está contemplada en el documento intitulado "Guidelines for Preparing Economic Analyses" ("Lineamientos para preparar análisis económicos"), publicado el 17 de diciembre de 2010 y actualizado en mayo de 2014, por la propia EPA.

En ese sentido, las coincidencias clave incluyen: la evaluación de un escenario aplicando la NOM-044-SEMARNAT-2017 contrastándola con un escenario base realista (utilizando descuentos para poder comparar los costos y beneficios a través del tiempo), la consideración de los costos y beneficios más importantes y determinantes, la realización de un análisis de incertidumbre y la evaluación de los efectos de la incertidumbre remanente en el resultado potencial del análisis correspondiente.

Cabe aclarar que en el presente análisis no se evalúan los impactos económicos distributivos de dicha NOM ni se lleva a cabo la modelación de los efectos en la demanda por los cambios en los precios de los vehículos y de los combustibles. De igual forma, varios costos y beneficios tampoco fueron considerados, debido a su complejidad y por el impacto mínimo que pudiesen provocar en el resultado del análisis. Entre éstos se encuentran:

- El ahorro neto de combustible, como resultado de las mejoras en el motor, habilitadas por los sistemas de reducción catalítica selectiva, las cuales exceden cualquier penalización provocada por los filtros de partículas.

- La diferencia entre los costos de mantenimiento de los vehículos que cumplen con los estándares EPA 2010 o EURO VI y aquellos asociados a los vehículos diseñados bajo la tecnología EPA 2004.
- Los beneficios por la reducción de la morbilidad y la mortalidad prematura por el ozono y las partículas secundarias PM_{2.5}.
- Los impactos climáticos evitados por la reducción de las emisiones de NOx.
- Los beneficios directos vinculados a la productividad agrícola, como resultado de la reducción de las emisiones de carbono negro.

Es oportuno mencionar que la inclusión de tales componentes podría tener influencia en las estimaciones totales de los beneficios y de los costos, pero no se esperaría un cambio significativo en el resultado del análisis de costo-beneficio.

Consideraciones al realizar el análisis costo-beneficio

A fin de minimizar el impacto de las incertidumbres relacionadas con la modelación y la evaluación de los costos y de los beneficios, se asumieron ciertos criterios conservadores, entre los que destacan: a) la consideración del costo marginal del Diesel de Ultra Bajo Azufre, misma que está contemplada en otro instrumento regulatorio; b) proyecciones (de moderadas a bajas) en torno al crecimiento en las ventas de vehículos pesados nuevos y c) la consideración de un horizonte de tiempo de 20 años para estimar el valor presente neto de la regulación.

La evaluación de la regulación se efectuó, por diversas razones, aplicando un horizonte de tiempo de 20 años, en lugar de llevarla a cabo para un año objetivo en particular. Si bien, se espera que los estándares propuestos se apliquen a todos los vehículos pesados nuevos a diesel a partir del año 2019, deberán transcurrir varios años para que los vehículos logren cumplir con los estándares más estrictos y ser los que más transiten en las carreteras. Aunado a ello, se señala que la mayoría de los costos que implicará la NOM-044-SEMARNAT-2017 impactarán de manera inmediata cuando se concreten las ventas de los vehículos nuevos; mientras que la reducción de las emisiones se hará efectiva a lo largo de la vida útil de estos vehículos y los beneficios ambientales y de salud por tal reducción, tendrán un periodo más amplio de tiempo. Por lo tanto, se considera que los beneficios ambientales por la reducción de emisiones tendrán una mayor duración, comparándola con el tiempo en el que se incurrirá en costos debido a la aplicación de la regulación.

Dado que los individuos y la sociedad en general tienden a preferir el goce de beneficios de manera instantánea y no en el largo plazo, los beneficios y costos futuros se han descontado para facilitar la comparación de los beneficios y de los costos acumulativos derivados de la nueva regulación.

Proyección de ventas y actividad de los vehículos

El número de vehículos a los que les aplicará la NOM-044-SEMARNAT-2017 es un indicador importante para determinar los beneficios y los costos. Dado que la aplicación de estándares más estrictos será obligatoria para los vehículos año modelo 2019 y posteriores, es necesario diferenciar entre la venta de vehículos nuevos y usados, que en conjunto suman el total de los vehículos vendidos.

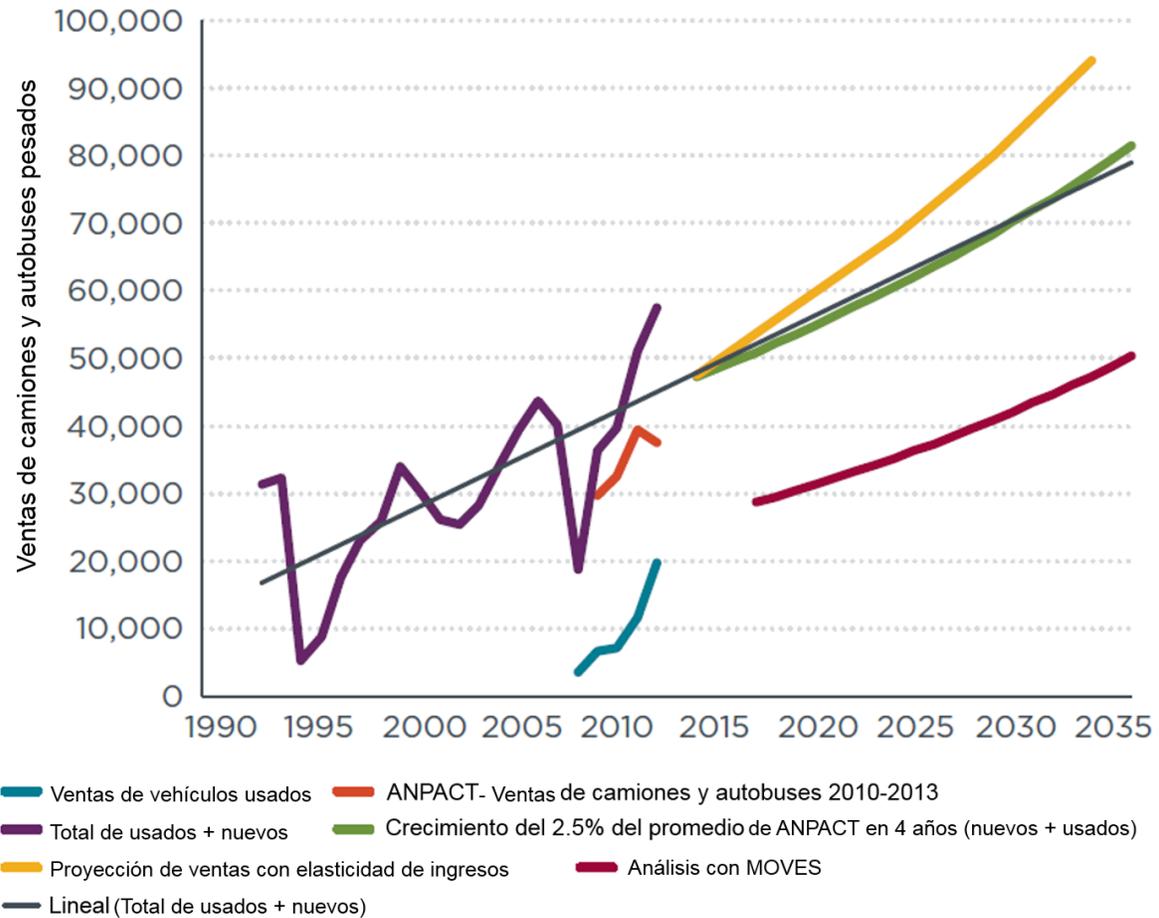


Figura 1. Ventas históricas y proyectadas de vehículos pesados * y autobuses, 1993-2037.

Fuentes de datos: ANPACT (2013) e INECC (2012).

* Los datos de ventas de ANPACT no incluyen camiones medianos (clases 2b y 3). Considerando que las ventas de estos tipos de vehículos crecen a la misma tasa que los camiones y autobuses pesados arriba mencionados.

En años recientes, las ventas de vehículos usados han crecido más rápido que aquellas asociadas a los vehículos nuevos, representando el 35% de las ventas totales de vehículos en 2013.

Reconociendo que las ventas de vehículos usados han crecido relativamente rápido, pero dada la ausencia de bases de datos con las que se puedan desarrollar predicciones más concretas, se asume que la venta de vehículos usados crecerá en función del 40% del total de las ventas de vehículos, mientras que las ventas totales de vehículos seguirán creciendo conforme a las tasas históricas. Es oportuno aclarar que se aplicaron consideraciones conservadoras para asegurar que los beneficios no estén sobreestimados.

Las consideraciones en este análisis dieron como resultado, estimaciones bajas en el crecimiento de las ventas de vehículos nuevos, las cuales pudieron haber sido garantizadas aplicando una elasticidad en los ingresos. La Asociación Nacional de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C. (ANPACT) estimó que el total de las ventas de vehículos de 1993 a 2010 creció en mayor proporción que el Producto Interno Bruto (PIB), reflejando una elasticidad en los ingresos de 1.37. Si esto se combina con predicciones a largo plazo respecto del crecimiento del PIB, a una tasa del 2.6% anual, se podría esperar que las ventas totales de vehículos crezcan más del 3.5% anual, considerando elasticidad en los ingresos.

Las ventas proyectadas por tipo de vehículo, incluyendo los vehículos medianos, así como camiones y autobuses se presentan en la Figura No. 2.

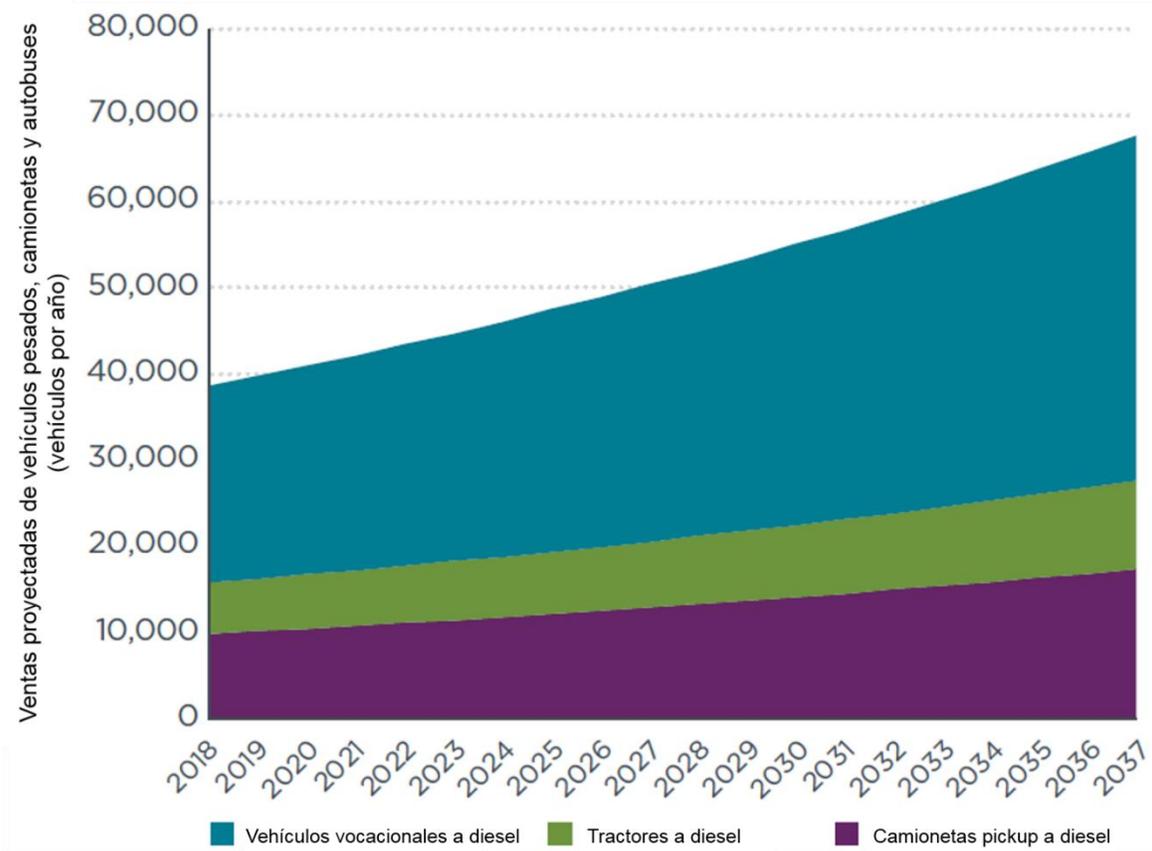


Figura 2. Ventas proyectadas de camiones y autobuses pesados.

Los vehículos tienden a ser manejados cada vez menos conforme pasan los años, ya que la edad de los mismos va aumentando, aspecto que es conocido como degradación del vehículo por kilómetro recorrido. En la Figura 3 se muestra la degradación estimada por vehículo por año, derivado de una investigación realizada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) el año 2012.

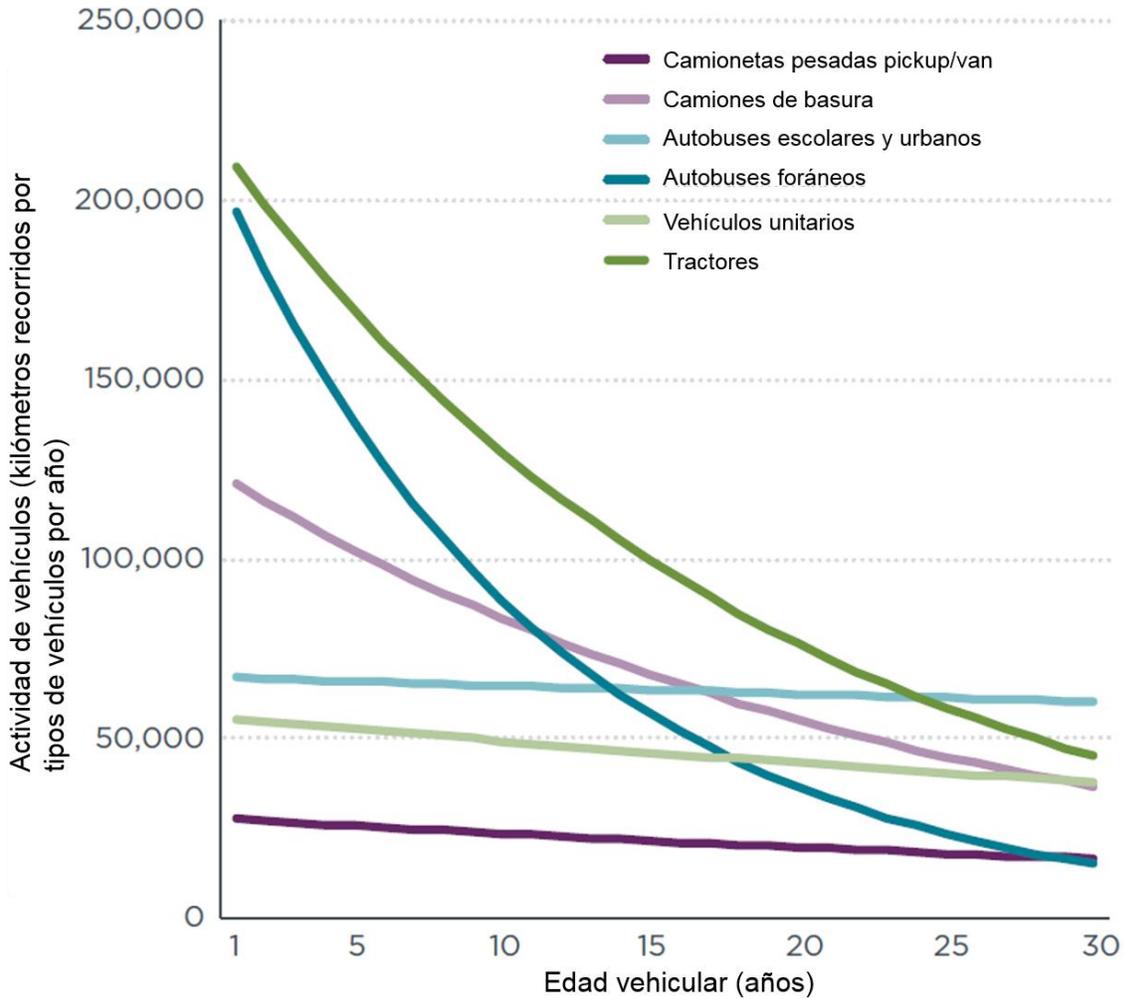


Figura 3. Kilómetros recorridos por tipo de vehículos por año. Fuente de datos: INECC (2012).

En las Figuras 4A y 4B se muestra cómo se va presentando la degradación total por kilómetro recorrido por año de aquellos vehículos que deben cumplir con los estándares B de las Tablas 1, 2, 3 y 4 de la NOM-044-SEMARNAT-2017. Al inicio, la degradación total aumenta de manera rápida.

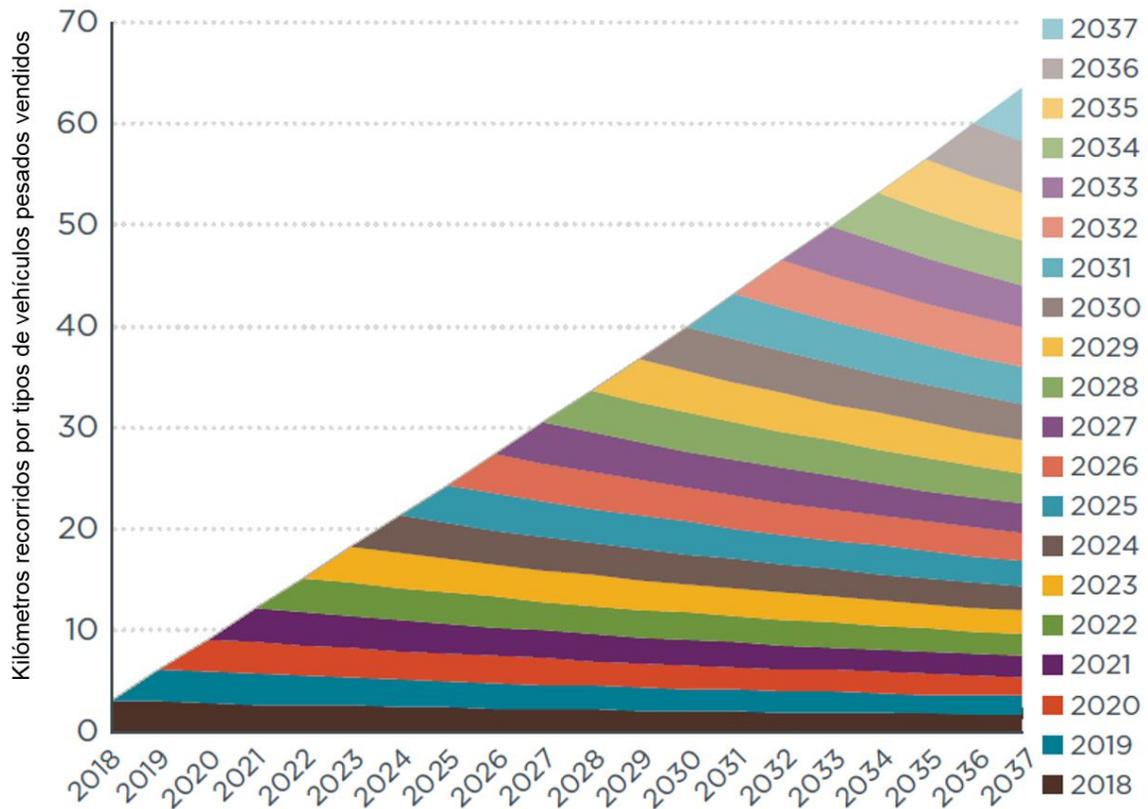


Figura 4A. Kilómetros recorridos por tipos de vehículos pesados vendidos en un periodo de 20 años.

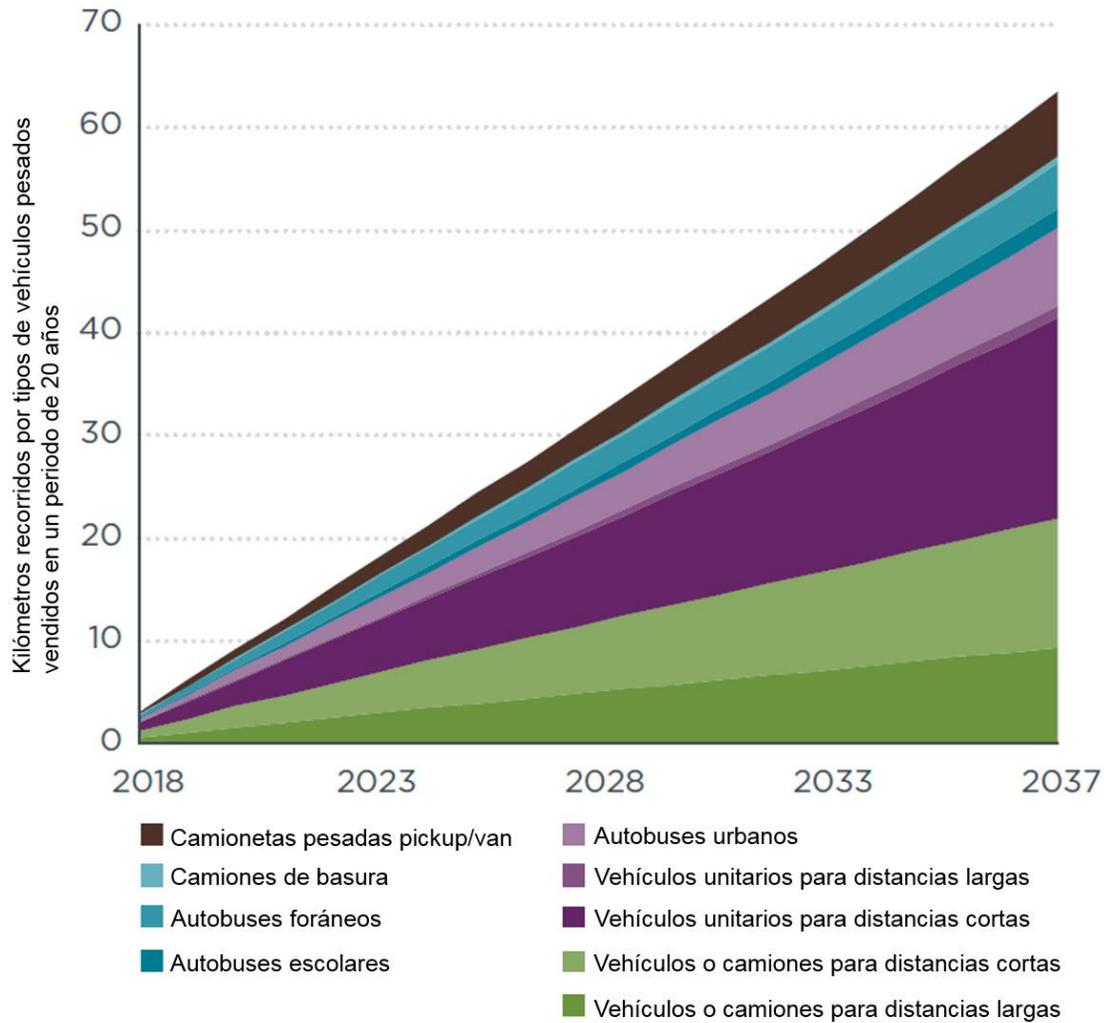


Figura 4B. Kilómetros recorridos por tipos de vehículos pesados vendidos en un periodo de 20 años.

Emisiones vehiculares

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América desarrolló el “Simulador de emisiones provenientes de vehículos automotores” (MOVES, por sus siglas en inglés), para estimar los beneficios de las regulaciones sobre emisiones vehiculares dentro del territorio estadounidense.

A través del MOVES se estiman las emisiones de toda la flota vehicular y el combustible que consumen los vehículos que transitan en avenidas y carreteras y permite realizar ajustes en torno a las características de la flota, incluyendo las ventas y actividad por tipo de vehículo, el crecimiento proyectado de las ventas y los tiempos para la implementación de diferentes niveles en el control de emisiones.

El ICCT adaptó una versión de MOVES para México, utilizando datos específicos de nuestro país respecto de las ventas de vehículos, la actividad por vehículo y el crecimiento de las ventas proyectadas; esto, para estimar las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de los vehículos pesados a diesel.

Los resultados clave de este análisis incluyeron emisiones de bióxido de carbono, partículas, carbono negro y óxidos de nitrógeno, con y sin cambios en las normas oficiales mexicanas sobre emisiones vehiculares durante un periodo de 20 años.

Los estándares EPA 2010 y Euro VI son funcionalmente equivalentes y propiciarán una reducción significativa de las emisiones atmosféricas, a partir de su entrada en vigor; sin embargo, en el caso de los estándares actualmente aplicables, el dar cumplimiento a los niveles de emisión vinculados al estándar EPA 2004 resulta menos costoso que cumplir con EURO IV, lo cual provocó que cerca del 90% de los vehículos nuevos en el mercado mexicano cumplan con EPA 2004. En la Tabla 1 se presenta la contribución pronosticada de las emisiones por tipo de vehículo pesado, el consumo de combustible, la actividad y las ventas, en un escenario sin cambio en la regulación.

Tabla 1. Proporción de ventas, actividad, consumo de combustible y emisiones por tipo de vehículo en un escenario sin cambio en la normatividad mexicana.

Tipo de vehículo	Ventas	Kilómetros Recorridos por Vehículo	Combustible & CO ₂	Partículas	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)
Camionetas pesadas pickup/van	26%	11%	7%	4%	5%
Camionetas comerciales ligeras	26%	11%	7%	4%	5%
Tractores	15%	40%	35%	33%	33%
Vehículos o camiones para distancias largas	6%	17	16%	16%	17%
Vehículos o camiones para distancias cortas	9%	23%	19%	17%	17%
Vehículos vocacionales	59%	49%	58%	64%	62%
Autobuses foráneos	4%	9%	15%	17%	14%
Camiones de basura	1%	1%	1%	1%	1%
Autobuses escolares	3%	3%	1%	1%	1%
Vehículos unitarios para distancias largas	2%	1%	2%	2%	2%
Vehículos unitarios para distancias cortas	38%	24%	29%	32%	33%
Autobuses urbanos	11%	11%	10%	11%	10%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Por otro lado, en la Tabla 2 se presentan los factores de emisión calculados para las partículas y los óxidos de nitrógeno, los primeros en miligramos por kilómetro (mg/km) y los segundos en gramos por kilómetro (g/km).

Tabla 2. Factores de emisión de Partículas y Óxidos de Nitrógeno (NO_x) obtenidos del MOVES.

Tipo de vehículo	PM (mg/km)		Porcentaje de reducción de PM	NO _x (g/km)		Porcentaje de reducción de NO _x
	Regulación actual	Regulación revisada		Regulación actual	Regulación revisada	
Camionetas pesadas pickup/van	108	6.8	94%	3.2	0.6	81%
Camionetas comerciales ligeras	108	6.8	94%	3.2	0.6	81%
Tractores	211	4.4	98%	4.9	0.2	95%
Vehículos o camiones para distancias largas	236	5.2	98%	5.9	0.2	96%
Vehículos o camiones para distancias cortas	192	3.8	98%	4.3	0.2	95%
Vehículos vocacionales	322	4.9	98%	7.1	0.3	96%
Autobuses foráneos	434	10.0	98%	8.4	0.5	94%
Camiones de basura	209	2.2	99%	4.0	0.1	97%
Autobuses escolares	97	2.2	98%	2.0	0.1	93%
Vehículos unitarios para distancias largas	390	3.7	99%	9.2	0.3	97%
Vehículos unitarios para distancias cortas	312	3.0	99%	7.4	0.2	97%
Autobuses urbanos	287	5.7	98%	6.1	0.3	94%
Promedio	259	4.8	98%	5.9	0.3	95%

Efectos e impactos por el tipo combustible requerido y el agente de reducción de NOx

Para poder adoptar los límites de emisión propuestos para la nueva NOM-044, es indispensable cumplir con dos requisitos adicionales a la utilización de sistemas de control de emisiones: contar con Diesel de Ultra Bajo Azufre y con el fluido de escape para vehículos diesel o, en otras palabras, urea para uso automotriz.

El contenido de azufre en el diesel tiene un efecto importante en el desempeño de las tecnologías avanzadas de control de emisiones, y, además, puede tener efectos en las emisiones de los vehículos que están en circulación y que no cuentan con tales tecnologías.

Los requisitos de contenido máximo de azufre en el diesel, tanto en los Estados Unidos (15 ppm), como en Europa (10 ppm), se consideran ultra bajos o “cercaos a cero”. Estos límites de concentración de azufre representan una reducción que oscila entre el 97% y el 98%, en comparación con la concentración de azufre en el diésel que se vende actualmente en gran parte de nuestro país (500 ppm).

Resulta importante mencionar que, a pesar de la diferencia de 5 ppm entre los límites de concentración de azufre contenido en el combustible requerido en los EE.UU. y Europa, los estándares de calidad de combustible en ambas regiones, pueden considerarse funcionalmente equivalentes, por tres principales razones:

1. Las tecnologías vehiculares que se ofertan y se venden en ambos lugares son las mismas;
2. El impacto que tiene esta diferencia de contenido de azufre en las emisiones es marginal; y
3. Los niveles de 10 y 15 ppm son límites máximos, así que el contenido real de azufre en las estaciones de servicio es regularmente menor a esas concentraciones, y son equivalentes en cada una de esas regiones.

En los Estados Unidos de América, se estableció el límite superior de 15 ppm, para el contenido de azufre; esto, con base en la evaluación que realizó la EPA en torno a las tecnologías que usarían los fabricantes para cumplir con los límites de las normas más estrictas.

Cabe señalar que el componente conocido como trampas de NOx (lean NOX traps- LNT, en inglés), resultó ser el más sensible a los niveles de azufre, lo cual sirvió como criterio para definir el límite superior de 15 ppm.

Aunado a ello, la diferencia entre 10 ppm y 15 ppm de azufre no implica un “sacrificio”, en términos de cumplimiento de los límites de emisiones ni en lo referente al rendimiento de combustible o a la durabilidad de dichas emisiones.

Si se utiliza combustible de 15 ppm, las emisiones del motor serían aproximadamente un 0.5% mayores que las que se producen con el diésel de 10 ppm, lo cual no sería detectable en el escape, una vez que pasaran por el filtro de partículas.

Uno de los beneficios colaterales más importantes de las modificaciones a la NOM-044, es que con ellas se mejora significativamente la eficiencia en el uso de combustible del motor. Si bien, la eficiencia de los motores pesados mejoró desde la década de los setenta, la aplicación de la norma EPA 2004 provocó una abrupta reducción en la eficiencia de estos motores. La adopción de los sistemas de recirculación de gases solucionó la necesidad de reducir las emisiones de NOx, sin disminuir las de las partículas. Estos sistemas fueron una vía más económica para el control de emisiones que los sistemas de reducción catalítica selectiva, pero tuvieron como consecuencia una pérdida en la eficiencia del motor. Por lo tanto, con la introducción de la tecnología EPA 2004 se perdieron las mejoras en eficiencia que se habían logrado en los 15 años anteriores; sin embargo, con la publicación de los estándares EPA 2010, la eficiencia de combustible mejoró sustancialmente,

con lo que se recuperó el camino andado y se vislumbran reducciones adicionales en el consumo de combustible de los motores pesados. La razón principal es que los motores que cumplen con el estándar EPA 2010 pueden contar con un sistema de reducción catalítica selectiva. La alta capacidad que tienen estos dispositivos para reducir óxidos de nitrógeno, permite que los motores se ajusten para ser altamente eficientes, disminuyendo a la vez, la emisión de partículas.

Los sistemas de reducción catalítica selectiva reducen hasta un 80% las emisiones de NOx del motor y los filtros de partículas reducen más del 95% las emisiones de partículas, antes de salir por el escape. Si bien, los filtros pueden ocasionar pérdidas en eficiencia, los fabricantes han podido eliminarlas.

La Figura 5 muestra una dramática reducción en el consumo de combustible al freno (brake specific fuel consumption-BSFC, en inglés) entre 2004 y 2010, que continúa entre 2014 y 2017 por la implementación de los estándares de rendimiento de combustible. De acuerdo con esta misma figura, la eficiencia de los motores certificados con EPA 2010 mejoró aproximadamente un 6% con respecto a los motores EPA 2004.

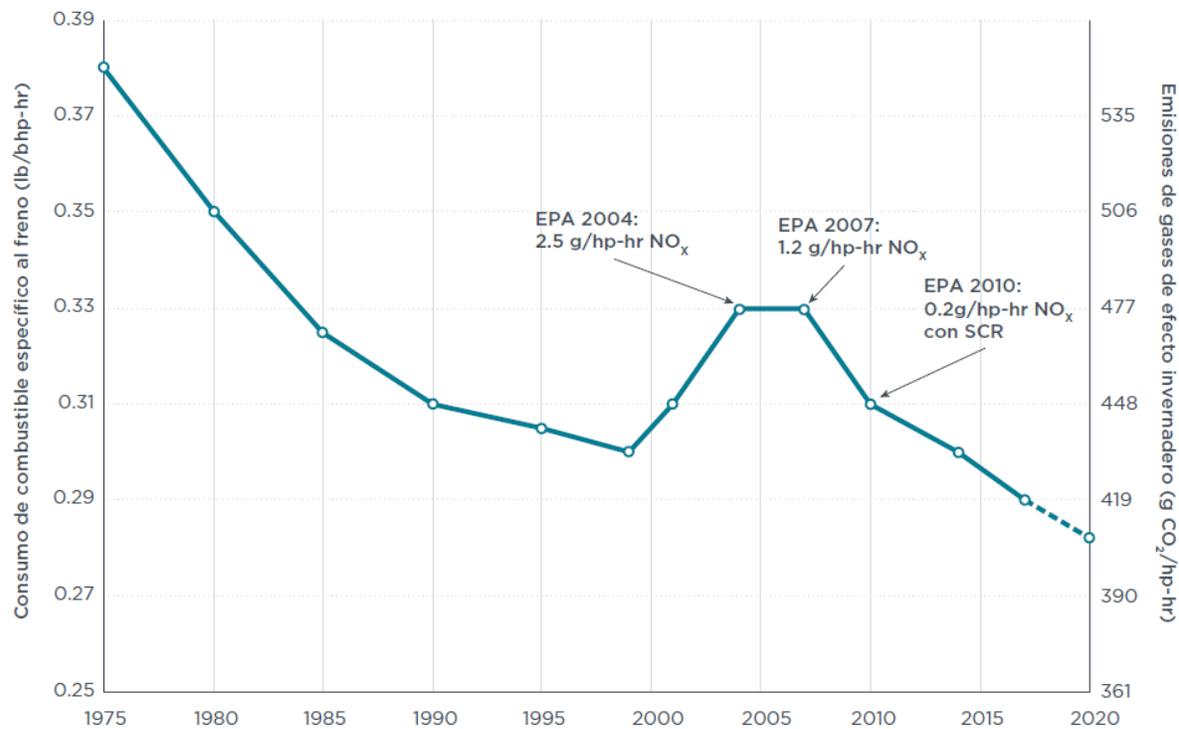


Figura 5. Eficiencia histórica y proyectada de los motores pesados (Greszler 2011).

En los Estados Unidos de América, los fabricantes pronosticaron que al cumplir los estándares EPA 2010, la eficiencia de los motores mejoraría entre 2% y 4% con respecto a EPA 2004. Posteriormente, un estudio retrospectivo de la compañía Volvo mostró que el incremento histórico real en la eficiencia está más cerca del 6% (National Research Council 2010; Greszler 2011). Además, las investigaciones de Cummins revelan reducciones en costos de operación entre 2007 y 2010 de 4% a 5%, considerando la reducción del consumo de combustible, entre otros factores.

La norma estadounidense de rendimiento de combustible requiere que la eficiencia en el uso de combustible sea de un 5% a un 9% superior en 2017, con respecto a 2010, dependiendo del tipo de vehículo (EPA y DOT 2011).

Con base a lo anterior, se logra, en total, un incremento de entre el 7% y el 15% en la eficiencia de los motores EPA 2010 con respecto a los EPA 2004 y estos últimos son los que se siguen incorporando a la flota vehicular mexicana como nuevos.

Es posible que unos fabricantes opten por cumplir con la norma estadounidense y otros con la europea y que eso repercuta en cambios en las ventas de uno y otro tipo de motor, pero ambas tecnologías requieren la adopción de sistemas de reducción catalítica selectiva que permiten ajustar los motores para que sean más eficientes, por lo que se espera que la eficiencia en el consumo de combustible aumente y se reduzca el consumo de combustible, independientemente de la opción que escojan los sujetos regulados a cumplir con la NOM-044-SEMARNAT-2017.

Es oportuno comentar que, además del diésel de Ultra Bajo Azufre, los equipos de control de emisiones de óxidos de nitrógeno que cuentan con un sistema de reducción catalítica selectiva, requieren una solución de urea conocida como fluido de escape para vehículos diésel (DEF, por sus siglas en inglés).

La norma estadounidense requiere que el tanque de DEF cuente con una capacidad mínima tal que solo requiera llenarse una vez por cada 2 a 3 veces que se llene el tanque de diésel. Una revisión en el mercado estadounidense demostró que los fabricantes han diseñado tanques de DEF, de forma tal que los camiones vendidos tienen un tanque de DEF, con capacidad de 20 a 50 galones, lo cual permite recorrer una distancia entre 6 y 8 veces la que se logra manejar con un tanque de combustible con una capacidad entre 150 y 200 galones.

No se omite expresar que en México ya existen empresas que distribuyen urea para uso automotriz.

Efectos e impactos ambientales

Además de la reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno y de partículas, derivada de la entrada en vigor de la NOM-044-SEMARNAT-2017, existirán otros impactos ambientales, los cuales derivan, principalmente, de la reducción de las emisiones asociadas a contaminantes de vida corta: carbono negro, carbono orgánico y de sulfatos; razón por la cual los efectos positivos en este rubro están vinculados al calentamiento global.

En el año 2010, el gobierno de los Estados Unidos de América publicó un análisis sobre el costo social del carbono (CSC), a fin de ser utilizado en una evaluación de impacto regulatorio. En esa publicación, el CSC se definió como: "La estimación monetizada de los daños asociados al incremento acumulativo de las emisiones de carbono en un año determinado y, debido al cambio climático, los impactos que se pretenden incluir, de manera enunciativa más no limitativa, están relacionados con la productividad agrícola neta, la salud humana, los daños en bienes e inmuebles por un aumento en el riesgo de que ocurran inundaciones y el valor de los servicios ecosistémicos".

En dicho estudio, las estimaciones monetizadas, asociadas al CSC, se calcularon a una tasa de descuento del 3%, dando como resultado un valor de \$22.51 dólares, en el año 2010 y si se calcula para años posteriores, utilizando la misma tasa de descuento, se obtiene un valor de \$27.00 dólares por tonelada en 2018 y de \$39.00 dólares por tonelada en 2037. Es oportuno señalar que estas estimaciones son consistentes con lo identificado por Tol (2009), en el sentido de que existe un intervalo que oscila entre los \$20.00 y los \$57.00 dólares, dependiendo de la tasa elegida para el tiempo de preferencia.

Cabe mencionar que, debido a que en México no se cuenta con un CSC de país que haya sido publicado de manera oficial, los valores a seleccionar estarán en la parte baja de ese intervalo.

Los valores del CSC utilizados en el estudio del ICCT reflejan beneficios para la sociedad, al reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera; sin embargo, por la falta de datos específicos vinculados a los contaminantes de vida corta, como el carbono negro, el carbono orgánico y los sulfatos, el CSC se adapta al análisis correspondiente, utilizando el GWP-20, para estos contaminantes en particular.

El GWP-20 es el potencial de calentamiento global en un periodo de 20 años y que está asociado a cada contaminante que tiene efectos en el cambio climático. Es oportuno mencionar que también existen potenciales de calentamiento global para un periodo de 100 años (GWP-100).

Efectos e impactos en la salud

Las emisiones a reducir mediante la NOM-044-SEMARNAT-2017, traerá como resultado efectos positivos en la salud que pueden ser cuantificados y monetizados. El ICCT ha desarrollado una metodología para evaluar el número de muertes prematuras evitadas a partir de una reducción en las emisiones de partículas PM_{2.5} provenientes del escape de vehículos en zonas urbanas. Para analizar los costos y beneficios, es importante determinar los impactos en la salud en el año en el que ocurren, en lugar del año en el que se generaron las emisiones. Para este fin, se contempla una distribución estructurada en un periodo de 20 años en el que disminuyen los impactos en la mortalidad, aplicando la metodología utilizada por la EPA, al evaluar los costos y beneficios por la reducción de la contaminación atmosférica. Este análisis considera todos los costos y beneficios que ocurren hasta el vigésimo año de la entrada en vigor de los estándares más estrictos. Si bien, se espera que los beneficios continúen acumulándose bastante tiempo después de este periodo, en esta evaluación, cualquier caso evitado de muerte prematura que ocurra después de este marco de tiempo, a pesar de que sea un resultado de la reducción de emisiones en dicho periodo, no se tomará en cuenta.

Dado que los impactos en la salud se basan en la exposición de la población a las emisiones, se otorga mayor peso a la reducción de las emisiones provenientes de los vehículos que transitan y cruzan en grado importante por áreas urbanas densamente pobladas (Tabla 3). Se estima que los autobuses tienen la mayor cantidad de viajes en las zonas urbanas, seguidos de otros tipos de vehículos pesados.

Tabla 3. Proporción de emisiones en áreas urbanas por tipo de vehículo. Basado en Chambliss et al., 2013.

Tipo de vehículo	Periodo de 20 años
Pickups pesadas	31%
Autobuses	49%
Otros vehículos vocacionales	26%
Tractores	17%

Es por ello que el evitar muertes prematuras por la exposición a las emisiones vehiculares se monetiza utilizando el valor estadístico de una vida, el cual se ha utilizado ampliamente para cuantificar los efectos positivos en la salud. Este enfoque refleja "la agregación de la disponibilidad de los individuos a pagar por la reducción del riesgo fatal y, en consecuencia, el valor económico para la sociedad respecto de reducir la incidencia estadística de una muerte prematura en la población, es uno".

Idealmente, las estimaciones del valor estadístico de una vida deben derivar de datos empíricos específicos en el país de análisis; sin embargo, cuando no existen suficientes datos disponibles, se pueden realizar estimaciones con base en estudios hechos en otros, utilizando un enfoque de "transferencia de beneficios".

En el año 2008, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) actualizó sus estimaciones en torno al valor estadístico de una vida (VEV); sin embargo, estas estimaciones se basan en datos empíricos de un único estudio, por lo que es poco probable que representen las preferencias de la población en México. El INECC, en un esfuerzo por representar de mejor manera a la población mexicana, estuvo revisando estas estimaciones a partir de nuevas encuestas de valoración contingente (también conocidas como encuestas de "preferencia declarada").

Debido a que en los estudios considerados en el meta-análisis de la EPA, el tamaño de la muestra fue más grande y de mayor diversidad, se optó por derivar las principales estimaciones del valor

estadístico de una vida, por un análisis utilizando un enfoque de transferencia de beneficios para ajustar las estimaciones de la EPA basadas en la diferencia en el ingreso per cápita entre los Estados Unidos de América y México.

Para este tipo de estudios, la EPA recomienda utilizar una estimación inicial del valor estadístico de una vida, la cual es de \$7.4 millones de dólares (año base 2006) y, posteriormente, ajustarla al año en torno al cual se efectuará el análisis correspondiente. Resulta importante aclarar que este valor, al 2010, es de \$8 millones de dólares.

La consideración clave del enfoque de transferencia de beneficios es que las diferencias en el ingreso per cápita son los determinantes más importantes en torno a las variaciones en la disposición a pagar por la reducción del riesgo de mortalidad entre las poblaciones.

Cabe mencionar que el enfoque de transferencia de beneficios ajusta el valor estadístico de una vida, según la siguiente ecuación, adaptada de Hammitt y Robinson (2011):

$$VEV_B = VEV_A \times \frac{INB-PPA \text{ per cápita}_B^e}{INB-PPA \text{ per cápita}_A}$$

En donde:

VEV, es el valor estadístico de una vida;

A, es el país en el que originalmente se calculó el VEV;

B, es el país objeto del análisis correspondiente y,

INB-PPA per cápita, es el ingreso nacional bruto per cápita con ajustes basados en la paridad del poder adquisitivo.

e, es la elasticidad del ingreso

La elasticidad del ingreso representa el porcentaje de aumento en la disposición a pagar por una reducción en el riesgo de mortalidad que acompaña un aumento porcentual en el ingreso per cápita. Un aumento de los ingresos con una elasticidad de 0.5, implica que, para un aumento del 10% en los ingresos, el VEV aumente en un 5%, mientras que con una disminución de los ingresos (como con el enfoque de transferencia de beneficios), la misma elasticidad de 0.5, con una disminución del 10% en los ingresos, deriva en una disminución del 5% en el VEV.

Por lo tanto, al transferir las estimaciones del VEV de un país con altos ingresos a otro con menos ingresos, empleando altas elasticidades (por ejemplo, de 2.0), dan como resultados VEV más bajos que las elasticidades bajas (0.5), ya que el VEV es más sensible a los cambios en el ingreso per cápita.

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

El ICCT analizó los costos y beneficios para México de la transición hacia EPA 2010 y Euro VI en la NOM-044-SEMARNAT-2017, tomando en cuenta los beneficios esperados para la salud pública y el cambio climático por la reducción de emisiones y los costos de implementación de estos estándares.

Se calculó el valor monetario de estos costos y beneficios y se trajeron a valor presente, lo que permitió compararlos y evaluar los beneficios netos de estas modificaciones hasta el vigésimo año después de la entrada en vigor de la NOM arriba citada.

Aunado a ello, se compararon los costos y beneficios calculados para dos escenarios: un escenario base que considera que la NOM-044 permanece sin cambios (y, por tanto, continúa la aplicación del

estándar EPA 2004) y otro, en el que se incorporan los estándares EPA 2010 y Euro VI, a partir de 2018.

La Tabla 4 muestra el resumen de la información que se utilizó para los cálculos y las proyecciones del escenario base, sin cambios en la NOM-044.

Tabla 4. Estimación del Valor Estadístico de una Vida (VEV) para México en un periodo de 20 años.

Proceso	Resultado	Fuente
1. Identificar un VEV inicial basado en estudios de la población de los EE. UU.	7.4 millones de dólares (2006), Publicado en 2010	EPA (2010b). Appendix B: Mortality Risk Valuation Estimates. Guidelines for Preparing Economic Analyses. December 2010.
2. Ajustar el VEV inicial estimado en 2006 para obtener los dólares correspondientes en 2010.	8 millones de dólares (2010)	Bureau of Labor Statistics (2014). CPI Inflation Calculator. United States.
3. Comparar el ingreso per cápita entre México y los Estados Unidos en 2010 (INB-PPA per cápita).	0.3 (14,700 / 48,300)	World Bank (2014). World Bank Open Data.
4. Identificar una tasa de crecimiento proyectada a largo plazo del ingreso real per cápita en México	2.2%	OECD (2014). Dataset: Economic Outlook No 95 – May 2014—Long-term baseline projections.
5. Comparar el pronóstico del ingreso per cápita para México (en el año 1 y en el año 20) con el ingreso per cápita de los Estados Unidos en 2010.	Año 1: 0.36 (17,500 / 48,300) Año 20: 0.55 (26,500 / 48,300)	World Bank (2014). World Bank Open Data.
		OECD (2014). Dataset: Economic Outlook No 95 – May 2014—Long-term baseline projections.
6. Seleccionar la elasticidad de ingreso.	1.0	Minjares, Ray; Wagner, David Vance; Baral, Anil; Chambliss, Sarah; Galarza, Sebastian; Posada, Francisco; Sharpe, Ben; Wu, Grace; Blumberg, Kate; Kamakate, Fanta; Lloyd, Alan; Kojima, Masami; Hamilton, Kirk; Johnson, Todd; Kopp, Andreas; Hosier, Richard; Akbar, Sameer (2014). Reducing black carbon emissions from diesel vehicles: impacts, control strategies, and cost-benefit analysis. Washington DC; World Bank Group.
7. Proyectar el VEV basado en la elasticidad del ingreso y en la tasa de crecimiento del ingreso per cápita en un periodo de 20 años y en dólares reales al 2010.	Año 1: \$2.9 millones de dólares Año 20: \$4.4 millones de dólares	ICCT (2014). Cost-Benefit Analysis of Mexico's Heavy-duty Emissions Standards (NOM 044) https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_MexicoNOM-044_CBA_20140811.pdf

<p>8. Análisis de la sensibilidad sobre un intervalo de elasticidades del ingreso.</p>	<p>Año 1: \$1.1 a 4.8 millones de dólares Año 20: \$2.4 a 5.9 millones de dólares</p>	<p>ICCT (2014). Cost-Benefit Analysis of Mexico's Heavy-duty Emissions Standards (NOM 044) https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_MexicoNOM-044_CBA_20140811.pdf</p>
---	---	--

Para proyectar el tamaño de la flota y los costos de la norma en el periodo de análisis, se asumieron los siguientes supuestos:

- a. Las ventas de vehículos pesados en México incrementan 3% cada año.
- b. Los costos para cumplir con los estándares A y AA (EPA 2004 y EPA 2007 o EURO IV y EURO V, según corresponda) son esencialmente iguales, porque involucran la misma tecnología. y,
- c. Los costos para cumplir con los estándares B (EPA 2010/EURO IV) también son iguales, porque involucran la misma tecnología y son estándares funcionalmente equivalentes
- d. Los cálculos correspondientes se realizaron considerando las cifras en dólares, ya que, en México, a diferencia de los vehículos ligeros nuevos, los vehículos pesados nuevos se cotizan, utilizando la divisa estadounidense.
- e. Los costos asociados a las tecnologías se calculan “en paquete”; es decir, no se desglosa lo que cuesta cada uno de los respectivos componentes, sino que la cifra que se obtiene, es el valor de todos ellos, en conjunto.

Costos tecnológicos

Las tecnologías estadounidenses y europeas que se tomaron como base para realizar los cálculos correspondientes incluyen, los siguientes componentes:

1) Estados Unidos de América

- **EPA 2004** (equivalente al estándar **A** de las **Tablas 1 y 3** de la NOM-044-SEMARNAT-2017): Inyector unitario electrónico o como rail, P 1700-1900 bar, inyección variable, rediseño de pistón, Sistema de Recirculación de Gases (EGR, por sus siglas en inglés) con enfriador y Catalizadores de Oxidación de Diesel (DOC, por sus siglas en inglés).
- **EPA 2007** (equivalente al estándar **AA** de la **Tabla 1** de la NOM-044-SEMARNAT-2017): Turbo-cargador de geometría variable (VGT, por sus siglas en inglés), inyector unitario electrónico o common rail, P 1800-200 bar, inyección variable, calibración y optimización del Sistema de Recirculación de Gases, Catalizadores de Oxidación de Diesel y un Filtro de Partículas (EGR, DOC y DPF, por sus siglas en inglés, respectivamente).
- **EPA 2010** (equivalente al estándar **B** de las **Tablas 1 y 3** de la NOM-044-SEMARNAT-2017): Turbo-cargador de geometría variable (VGT, por sus siglas en inglés), o de doble etapa, sistema de inyección de alta presión (P>2000 bar) y alta flexibilidad, combustión avanzada, integración de subsistemas: Sistema de Recirculación de Gases (EGR, por sus siglas en inglés-sólo como soporte al Sistema de Reducción Catalítica Selectiva), Sistema de Reducción Catalítica Selectiva (SCR, por sus siglas en inglés), misma que debe tener zeolitas, y Catalizadores de Oxidación de Diesel (DOC, por sus siglas en inglés) y un Filtro de Partículas (DPF, por sus siglas en inglés).

2) Europa

- **EURO IV** (equivalente al estándar **A** de las **Tablas 2 y 4** de la NOM-044-SEMARNAT-2017): Inyector unitario electrónico o common-rail, P1700-1900 bar, inyección variable, un Sistema de Reducción Catalítica Selectiva (SCR, por sus siglas en inglés) con catalizador de Vanadio y Catalizadores de Oxidación de Diesel (DOC, por sus siglas en inglés).
- **EURO V** (equivalente al estándar **AA** de las **Tablas 2 y 4** de la NOM-044-SEMARNAT-2017): Inyector unitario electrónico o common-rail, P1700-1900 bar, inyección variable, Sistema de Reducción Catalítica Selectiva (SCR, por sus siglas en inglés) con Vanadio, ajustes al Sistema de Reducción Catalítica Selectiva y a los Catalizadores de Oxidación de Diesel (SCR y DOC, por sus siglas en inglés, respectivamente).
- **EURO VI** (equivalente al estándar **B** de las **Tablas 2 y 4** de la NOM-044-SEMARNAT-2017): Turbo-cargador de geometría variable (VGT) o de doble etapa, sistema de inyección de alta presión ($P > 2000$ bar) y alta flexibilidad, combustión avanzada, integración con subsistemas: Sistema de Recirculación de Gases (EGR, por sus siglas en inglés-sólo como soporte al Sistema de Reducción Catalítica Selectiva), Sistema de Reducción Catalítica Selectiva (SCR, por sus siglas en inglés), misma que debe tener zeolitas y Catalizadores de Oxidación de Diesel (DOC, por sus siglas en inglés) y un Filtro de Partículas (DPF, por sus siglas en inglés).

Es preciso comentar que para las tecnologías EPA 2010 y EURO VI, los costos asociados al **cárter** (**numeral 4.3** de la NOM-044-SEMARNAT-2017), están considerados dentro de aquellos vinculados a los turbo-cargadores.

De igual forma, los costos asociados al **Sistema de Diagnóstico a Bordo** (OBD, por sus siglas en inglés), cuyas especificaciones aparecen en el **Apéndice Normativo A** de la nueva versión de la NOM-044 (según lo indicado en el numeral 4.4.2 de dicho instrumento normativo), están considerados dentro del componente denominado "integración con subsistemas".

Asimismo, el **Sistema de control de óxidos de nitrógeno (NOx)**, cuyas especificaciones aparecen en el **Apéndice Normativo B** (según lo establecido en el numeral 4.5.2 de la norma arriba citada), al formar parte del sistema de reducción catalítica selectiva, los costos a él asociados están contemplados en dicho componente.

Las Figuras 6 y 7 muestran los resultados de un análisis de ingeniería por medio del cual se estimaron los costos directos de la adopción de estos estándares para los fabricantes (ICCT 2013). Este estudio incluye los costos variables que dependen del desplazamiento del motor, por ejemplo, el volumen, el sustrato y el recubrimiento del catalizador y el sistema de inyección de urea, así como costos fijos, como los sensores, otros componentes y accesorios. Algunos resultados sobresalientes de este análisis, son los siguientes:

- Se calcula que cumplir con el estándar EPA 2004 costó entre 1000 y 2000 dólares menos por vehículo que cumplir con el estándar Euro IV. Esta diferencia tan marcada explicaría por qué los fabricantes optaron más por EPA 2004 para cumplir con los estándares vigentes en el mercado mexicano.
- Se espera que el costo adicional real por adoptar estándares equivalentes a EPA 2010 o Euro VI varíe entre \$3,700 y \$8,500 dólares, según el tamaño del motor; esto, tomando en cuenta que, en la actualidad, la mayoría de los fabricantes producen vehículos EPA 2004 para cumplir con la NOM-044 aún vigente.

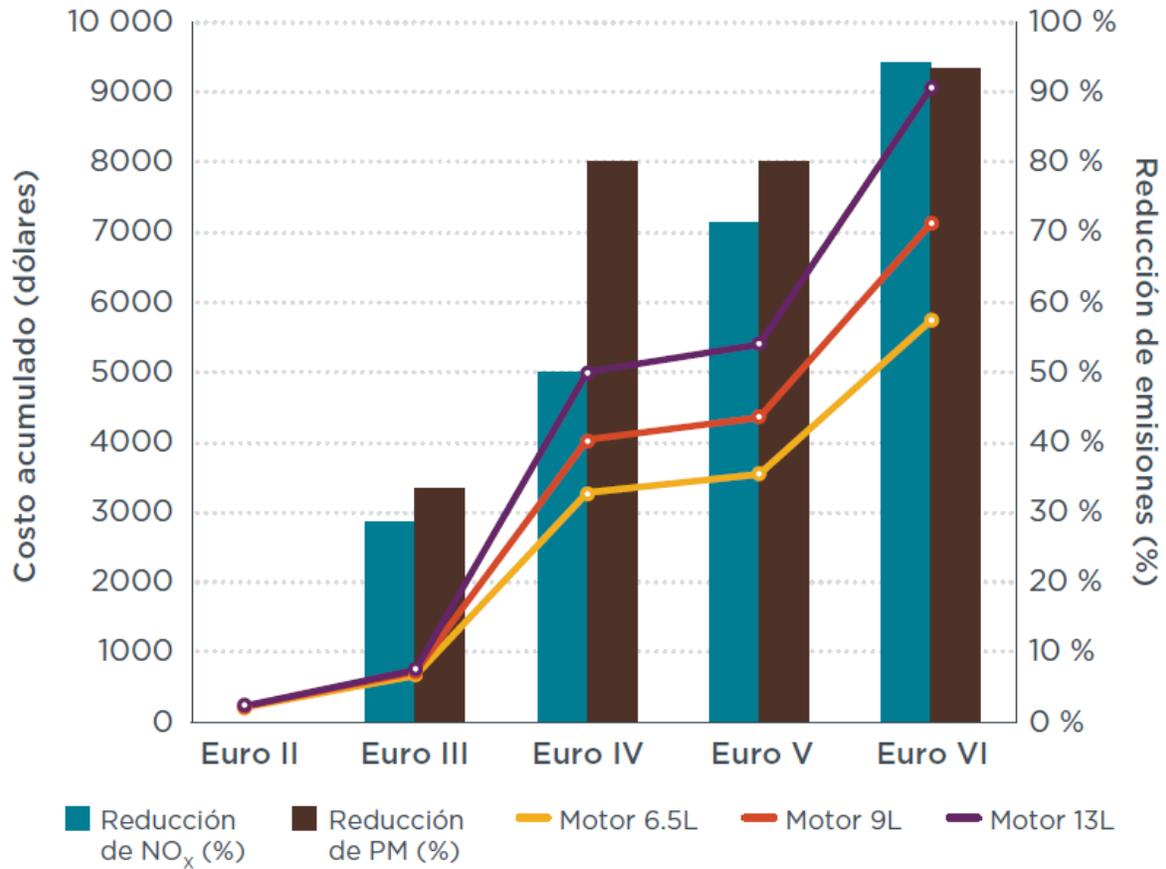


Figura 6. Costo estimado del cumplimiento de los estándares Euro para vehículos con motores de diferente tamaño.

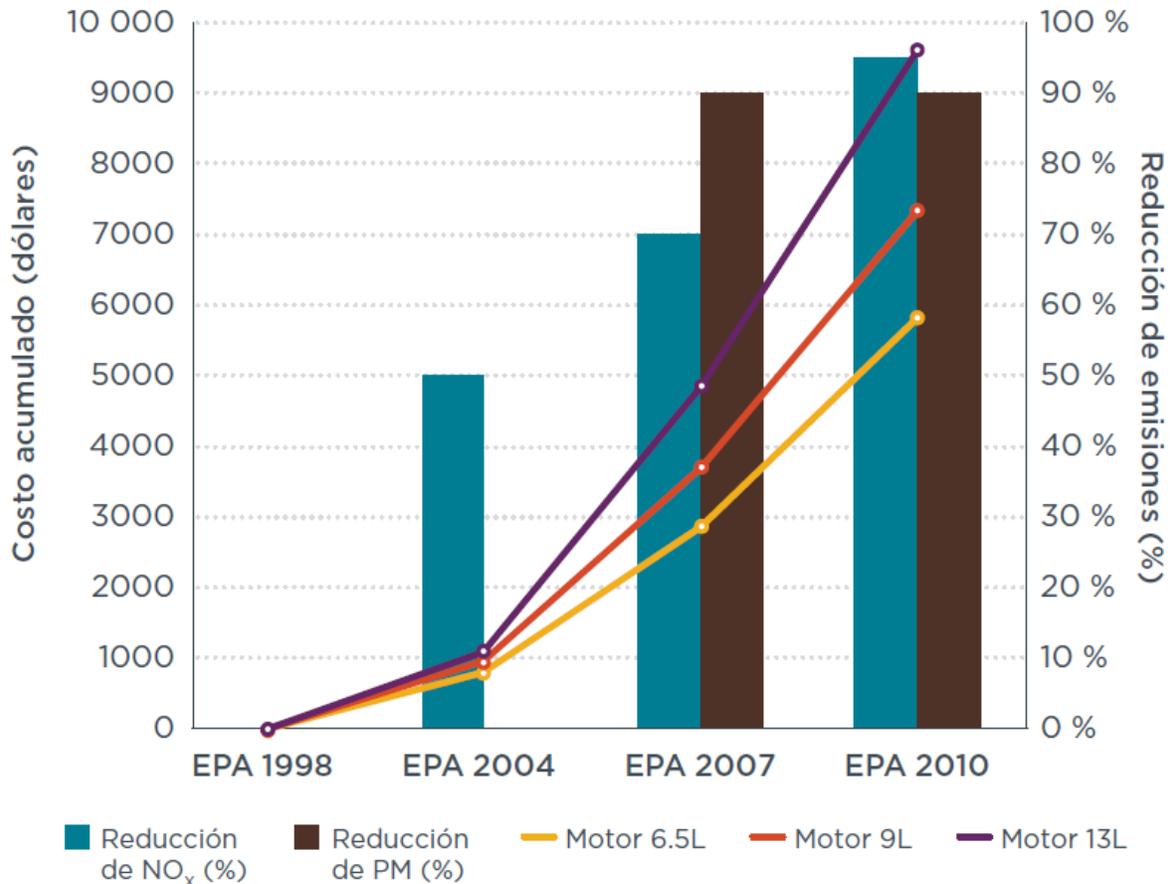


Figura 7. Costo estimado del cumplimiento de los estándares EPA para vehículos con motores de diferente tamaño.

En la Figura 8 se presentan los costos tecnológicos de toda la flota de vehículos pesados, los cuales son costos por tipo de vehículo y las ventas de las unidades nuevas, también por tipo de vehículo. El costo total, sin descuentos, de las tecnologías vehiculares incrementan a lo largo del tiempo, en función de las ventas de las unidades nuevas.

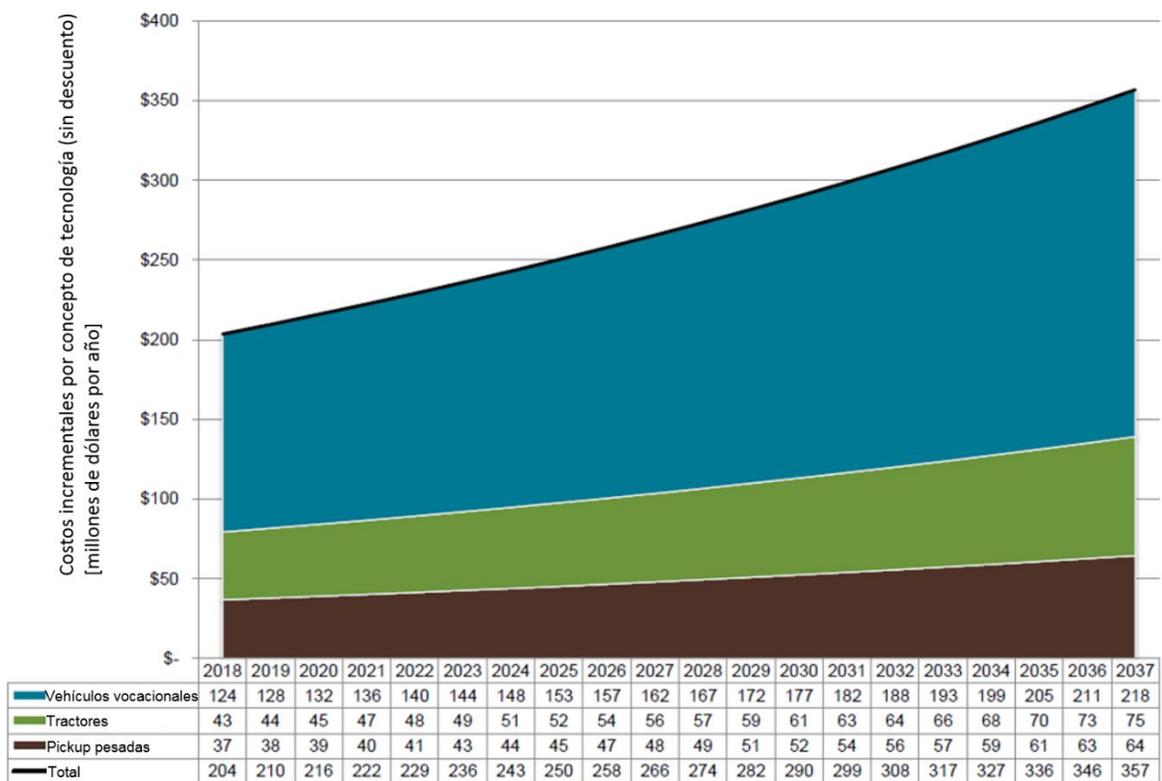


Figura 8. Costos anuales incrementales de tecnología asociados a la NOM-044-SEMARNAT-2017, en un periodo de 20 años.

En la Tabla 5 se presenta el incremento en los costos tecnológicos por tipos de vehículos y las ventas de los mismos

Tabla 5. Incremento en los costos tecnológicos por tipos de vehículos y las ventas totales de tales vehículos

Tipos de vehículos	Incremento en los costos por tipos de vehículos (EPA 2004 respecto de EPA 2010/EURO VI)	Ventas de vehículos	
		Año 1	Año 20
Camionetas pesadas Pickup/Van		9,941	17,431
Camionetas ligeras para uso comercial	\$3,700 dólares	9,941	17,431
Tractores		5,855	10,268
Vehículos o camiones para distancias largas	\$8,491 dólares	2,492	4,369
Vehículos o camiones para distancias cortas	\$6,376 dólares	3,364	5,898

Vehículos vocacionales		22,804	39,987
Autobuses foráneos	\$6,376 dólares	1,590	2,787
Camiones de basura	\$6,376 dólares	271	476
Autobuses escolares	\$5,017 dólares	1,054	1,848
Vehículos unitarios para distancias largas	\$6,376 dólares	863	1,513
Vehículos unitarios para distancias cortas	\$5,017 dólares	14,591	25,586
Autobuses urbanos	\$6,376 dólares	4,935	7,777
Total		38,600	67,686

Costos asociados a la urea para uso automotriz

Los sistemas de reducción catalítica selectiva son tecnologías ampliamente utilizadas a nivel internacional, para poder cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) establecidos en la NOM-044-SEMARNAT-2017, los cuales son equivalentes a aquellos asociados a los estándares EPA 2010 y EURO VI, mismos que son aplicables a los vehículos pesados nuevos a diesel.

Los sistemas de reducción catalítica selectiva requieren de la aplicación de un fluido (solución acuosa de urea), para que los motores y vehículos nuevos a diesel pueden operar correctamente y cumplir con los LMP de la nueva versión de la NOM-044.

Si bien, la rapidez con la que dicho fluido se consumirá, dependerá, entre otros factores, de la carga y de la frecuencia con la que se utilice el vehículo, el criterio que ha establecido la industria es que el volumen de la solución acuosa de urea debe ser, aproximadamente, el 2% del diesel que consume dicho vehículo.

Para el cálculo de los costos asociados a la solución acuosa de urea, el ICCT consideró ese mismo porcentaje y el volumen del diesel que consumirán los vehículos que serán vendidos a partir del 1 de enero de 2019 y que cumplirán con el estándar B de cualquiera de las cuatro tablas incluidas en la NOM-044-SEMARNAT-2017. Ver Figura 9.

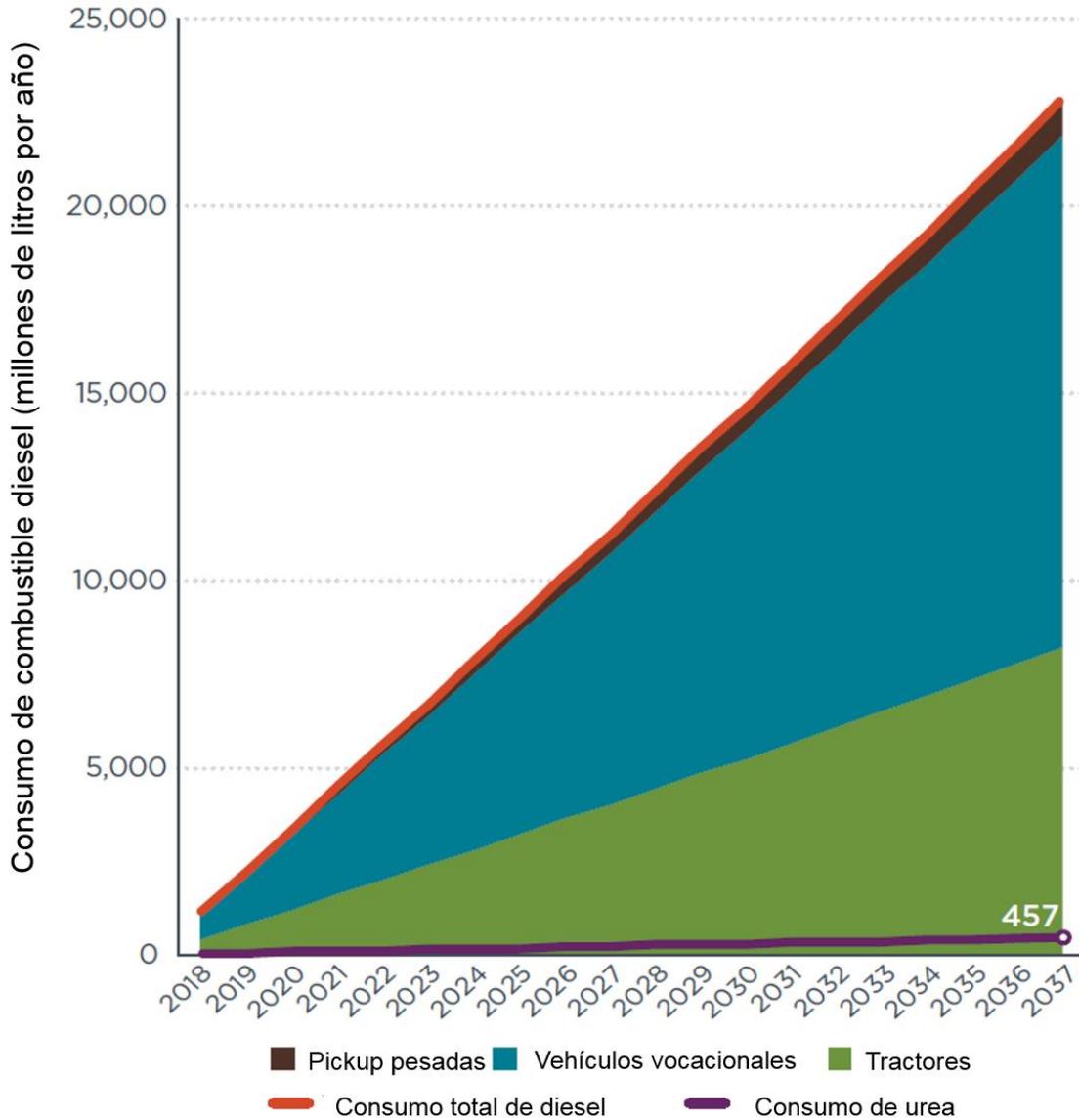


Figura 9. Consumo anual de combustible diesel y solución acuosa de urea (DEF, por sus siglas en inglés) a partir de la entrada en vigor de los estándares B de la NOM-044-SEMARNAT-2017 y durante un periodo de 20 años.

El costo por litro de solución acuosa de urea, en los Estados Unidos de América y en Canadá, representa, a lo más, el 70% del costo del diesel, ya que esta proporción se ha mantenido durante varios años en esos dos países; sin embargo, para el caso mexicano se considera que será del 80% del precio de dicho combustible, utilizando un criterio conservador.

Es oportuno mencionar que el precio de la solución acuosa de urea está vinculado al incremento real en los precios de los combustibles en nuestro país, los cuales fueron proyectados por el INECC.

Costos por el Diesel de Ultra Bajo Azufre

En México, los combustibles y los vehículos nuevos siempre se han regulado por separado, pero el ICCT considera que ambos forman parte de un sistema; razón por la cual, este análisis incluye los costos incrementales respecto de la producción y refinación de Diesel de Ultra Bajo Azufre que será

consumido por los vehículos a los que les aplica cualquiera de los estándares B contemplados en las cuatro tablas de la NOM-044-SEMARNAT-2017.

Estos costos son considerados como el producto del consumo de diesel, a partir de la fecha en la que existirá plena disponibilidad del combustible con 15 ppm de azufre, la cual, según lo especificado en la NOM-016-CRE-2016, publicada en agosto de 2016, por la Comisión Reguladora de Energía, será el 31 de diciembre de 2018.

Cabe mencionar que el costo marginal del Diesel de Ultra Bajo Azufre, se estima que es del orden de los 2.5 centavos de dólar por litro (Hart Energy and Mathpro Inc., 2012).

Es oportuno mencionar que, debido a que aproximadamente el 30% del diesel que se consume en el territorio nacional, es importado y que, por ende, ese porcentaje de combustible ya puede ser adquirido con 10 ppm de azufre, el costo que determinó el ICCT, podría ser menor, en comparación con los resultados que obtuvo el ICCT, quien tomó 500 ppm de azufre en el diesel, como línea base para desarrollar los análisis correspondientes (Hart Energy & MathPro Inc., 2012; PEMEX, 2013).

Los costos asociados al cambio tecnológico, la urea y del Diesel de Ultra Bajo Azufre se presentan en la Figura 10.

Si bien, los costos por el cambio tecnológico, sin descuentos, incrementan a lo largo del tiempo en función del aumento en las ventas de los vehículos, esta tasa de crecimiento es consistente si se aplica el 3% de descuento, por lo que se deduce que los costos tecnológicos con descuentos son constantes.

El costo por la solución acuosa de urea y del Diesel de Ultra Bajo Azufre crecen de manera más rápida, ya que el número de vehículos vendidos aumenta conforme transcurren los años y se van acumulando porque todos ellos requieren de esos insumos para poder operar; esto, considerando que los vehículos que cumplan con los estándares B de las Tablas 1, 2, 3 y 4 de la NOM-044-SEMARNAT-2017, entrarán en vigor el 1 de enero de 2019.

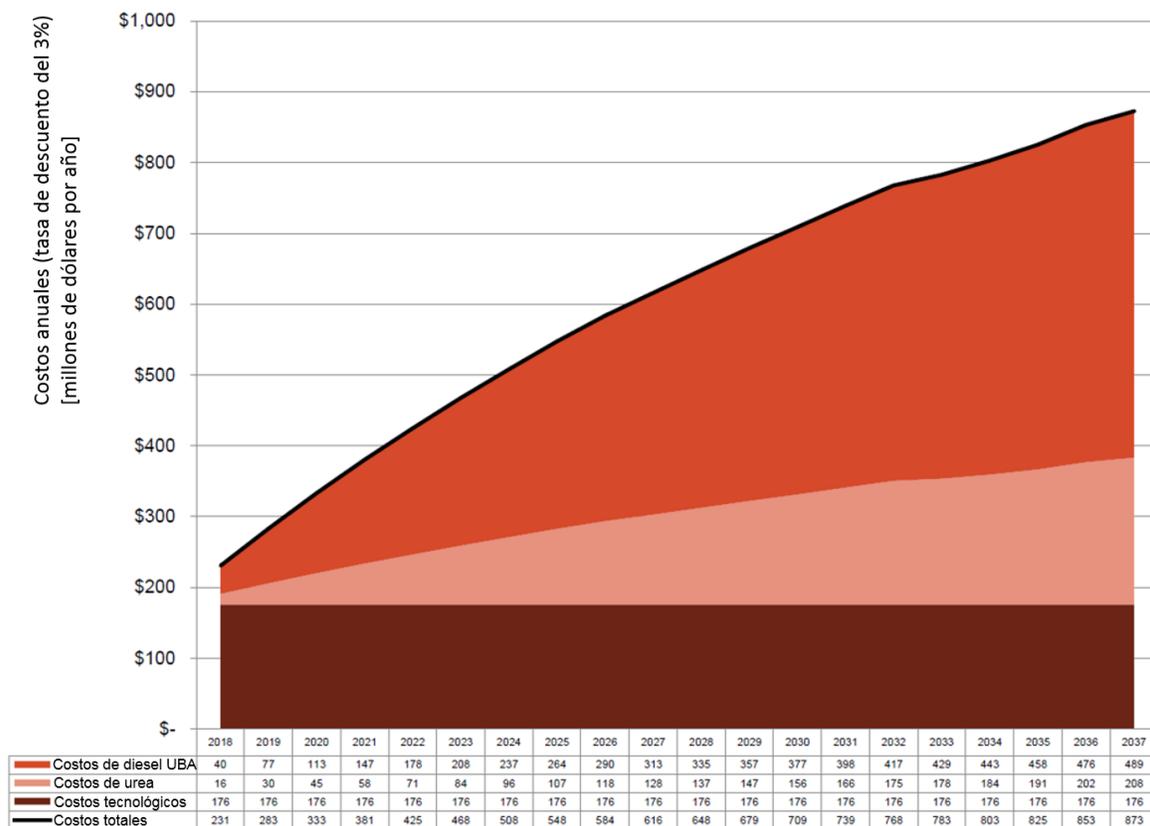


Figura 10. Costos totales de la NOM-044-SEMARNAT-2017 con una tasa de descuento del tres por ciento, durante un periodo de 20 años.

Cuadro resumen de las determinaciones y de los cálculos realizados por el ICCT

Costo tecnológico por vehículo	\$3,700 - \$8,500 dólares
Número de años	20
Agentes económicos	38,600- 67,686
Costo Total	\$12 mil millones de dólares
Indique el grupo o industria afectados	Fabricantes e importadores de motores nuevos a diesel y vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motor, quienes los enajenarán por primera vez en el territorio nacional.

Costos asociados al trámite PROFEPA-03-005

Es claro que los costos calculados por el ICCT son los que más impactarán a los sujetos regulados, cuando tengan que cumplir con los estándares B contemplados en las Tablas 1, 2, 3 y 4 de la NOM-044-SEMARNAT-2017; sin embargo, no se debe pasar por alto, el costo que conllevará el realizar el trámite PROFEPA-03-005, de manera previa a ingresar la documentación correspondiente en las oficinas de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

Costos asociados al Informe de resultados en torno a los vehículos que cumplan con el estándar 3A

Debido a que, en los Estados Unidos de América, el gobierno federal no certifica estándares que dejaron de ser aplicables en su territorio, en la NOM-044-SEMARNAT-2017, a través del **inciso f fracción III del numeral 5.2** y del **Artículo Transitorio Cuarto**, se brinda la alternativa para que

quienes produzcan o importen vehículos pesados nuevos a diesel que cumplan con el estándar 3A de dicha norma, puedan obtener el Certificado NOM, ingresando, entre otros documentos, un informe de resultados emitido por un organismo de tercera parte, lo cual implica un costo adicional para los particulares y, en ese sentido, se tienen que realizar los cálculos correspondientes.

Resulta importante precisar que los datos que sustentan los cálculos que se presentan a continuación, fueron proporcionados por la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, A.C, quien estima, con un enfoque conservador, que tal certificación aplicaría para tres o cuatro modelos de vehículos nuevos y que ésta se efectuará para vehículos de dos años modelo distintos; es decir que tal certificación se podrá llevar a cabo hasta en ocho ocasiones. Cabe mencionar que tales certificaciones, se podrán realizar en México o en el extranjero y que el estándar 3B empieza a aplicar a principios de enero del año 2019.

Certificación en México

1. Costo de la prueba: entre 1,000 y 3,100 dólares.
2. Costo de la asistencia de un organismo de certificación: se estima que pudiera ser de 2,500 dólares por evento.
3. Proceso de acreditación de instalaciones en el territorio mexicano: se estima un costo entre 5,000 y 10,000 dólares, si se cuenta con todos los equipos requeridos; en caso contrario, el costo se elevará.

Certificación en el extranjero

Considerando que la certificación correspondiente se realice en los EE.UU., se tiene, lo siguiente:

Traslado viaje redondo del vehículo: 6,000 dólares.

Costo de la prueba: 3,000 dólares.

Costo del funcionario de gobierno (1 semana): 1,000 dólares hospedaje + 1,000 dólares de viáticos + 3,000 dólares de viaje aéreo redondo. En total: 5,000 dólares.

Costo del organismo de certificación (1 semana): 1,000 dólares hospedaje + 1,000 dólares de viáticos + 3,000 dólares de viaje aéreo redondo + 2,500 dólares. En total: 7,500 dólares.

Costo del equipo de la empresa 3 personas (1 semana): 3,000 dólares hospedaje + 3,000 dólares de viáticos + 9 000 dólares de viaje aéreo redondo + 1 000 dólares de vehículo para traslado. En total: 16,000 dólares.

Además, existe un costo no cuantificado por trasladar de 200 litros de combustible proveniente de México, el cual consta de dos fletes: 1) flete en caja con control de temperatura hasta frontera con EE.U. y, 2) flete en las mismas condiciones de la frontera con EE.UU., hasta el sitio de prueba.

Por lo tanto, los costos asociados a la certificación de un vehículo año modelo en específico serán de: 37,500 dólares.

En consecuencia, si esta certificación se realiza en ocho ocasiones, el total será de: 300,000 dólares.

Ahora bien, si las pruebas se llevaran a cabo en Europa, los costos serían, por lo menos, 1.25 veces los que aplicarían en los EEUU.

Es por ello que, si las ocho certificaciones se efectuaran en ese continente, los costos serían de: 375,000 dólares.

Costos para obtener el Certificado NOM

Tomando en cuenta que la información o la documentación que se solicita en el **numeral 5** de la NOM-044-SEMARNAT-2017, está en posesión de los fabricantes e importadores de motores nuevos a diesel y de los vehículos nuevos que los incorporen y que los costos por los cambios tecnológicos ya fueron contemplados en este documento, los únicos costos que se deben considerar son los vinculados al trámite PROFEPA-03-005 y, en todo caso, las copias o impresiones que se entregarán al iniciar el proceso correspondiente.

Resulta importante mencionar que los certificados expedidos por la autoridad ambiental o por los organismos de certificación, son documentos que son exigidos por la EPA o por los gobiernos europeos, respectivamente, por lo que los costos a ellos asociados se deben considerar como parte del cumplimiento de la regulación estadounidense o europea, según sea el caso y, en ese sentido, se reitera que, para el caso mexicano, solamente se estaría hablando de los costos de las copias o impresiones, así como de lo que cuesta realizar el trámite PROFEPA-03-005, ya que en el presente análisis, los costos asociados a la certificación para los vehículos que cumplan con el estándar 3A de la NOM-044-SEMARNAT-2017, se están considerando por separado.

Si se toma en cuenta que para el caso de la NOM-044, en el año 2016 se tramitaron 40 certificados y de enero a noviembre de 2017, el número subió a 43, un número razonable en torno a la nueva versión de esta norma, sería de 50 tramites por año.

En consecuencia, si se considera que por cada vez que se realice el trámite en comento, los fabricantes o importadores de motores nuevos a diesel y de vehículos nuevos que los incorporen, tendrán que pagar \$350.00 por concepto de copias e impresiones, se tiene que:

$$\$350.00 \times 50 = \$17,500.00/\text{año}$$

Ahora bien, al revisar el Anexo 19 de la Resolución Miscelánea Fiscal para 2017 de la Ley Federal de Derechos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22/12/2016, se identifica que el trámite en comento tiene un costo de \$20.67 con ajuste a \$21.00; por lo tanto:

$$\$21.00 \times 50 = \$1,050.00/\text{año}$$

Si se suman ambas cantidades, se tiene que:

$$\$17,500.00/\text{año} + \$1,050.00/\text{año} = \$18,550.00/\text{año}$$

En caso de que la NOM-044-SEMARNAT-2017 aplicara durante el mismo tiempo en el que se está aplicando la evaluación correspondiente; es decir, durante 20 años, los costos asociados al Certificado NOM serían de:

$$\$18,550.00/\text{año} \times 20 \text{ años} = \$371,000.00 \text{ MXP}$$

Considerando que los costos anteriores, se han presentado en dólares, si se toma una tasa de \$20.00 por dólar, se tiene que:

$$\$371,000.00 \text{ MXP} / 20 \text{ MXP} = \$18,550.00 \text{ dólares.}$$

En consecuencia, el total de los costos asociados al trámite PROFEPA-03-005, será de:

$$\$375,000.00 + \$18,550.00 = \$393,550.00 \text{ dólares}$$

Costos totales

Para cerrar la sección de costos, se suma el monto obtenido por el ICCT y la cantidad asociada al trámite PROFEPA-03-005, para determinar los costos totales. Por lo tanto:

$$\$12,000,000,000.00 + \$393,550.00 = \$12,000,393,550.00 \text{ dólares}$$

Beneficios ambientales

Para un periodo de 20 años, contados a partir de la entrada en vigor de los estándares B contemplados en las Tablas 1, 2, 3 y 4 de la NOM-044-SEMARNAT-2017, se logrará una reducción de las emisiones de partículas PM_{2.5} (225,000 toneladas), carbono negro (144,000 toneladas) y NO_x (4 millones de toneladas).

Las reducciones anuales se presentan en la Figura 11.

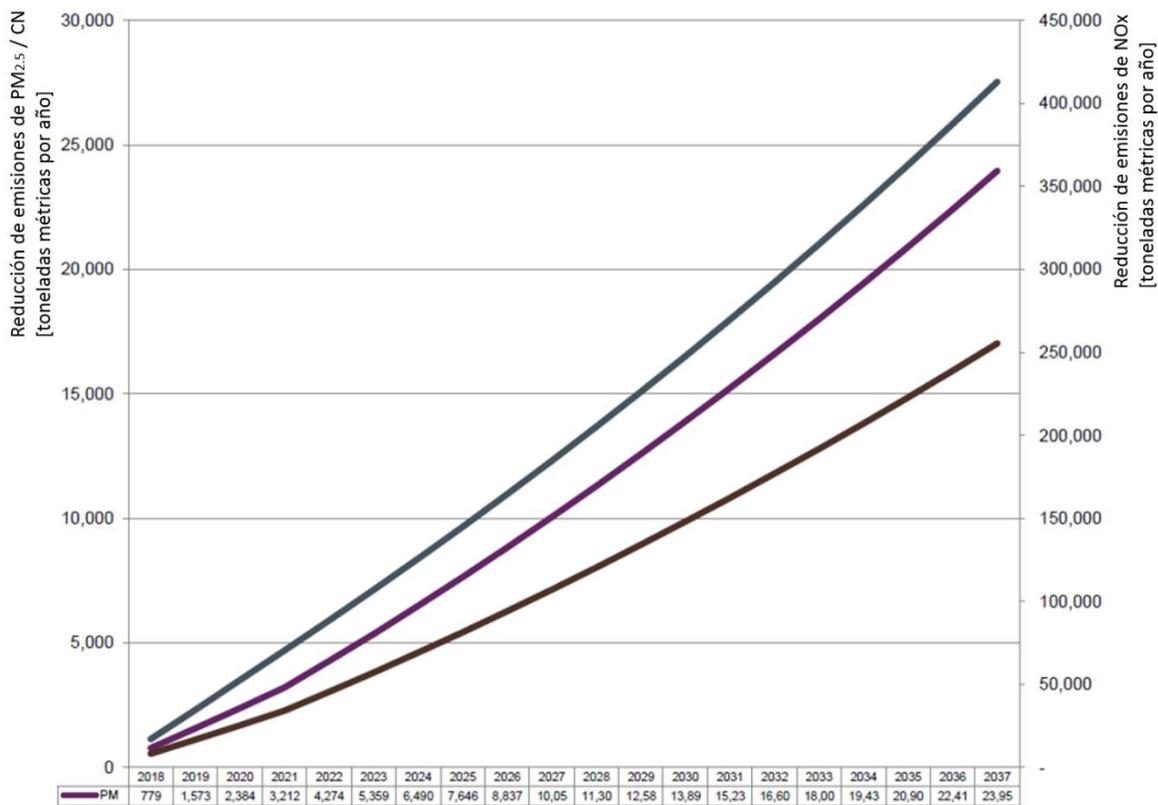


Figura 11. Reducción de emisiones de PM_{2.5}, Carbono Negro y NO_x

Beneficios a la salud

Durante un periodo de 20 años, derivado de la aplicación de los estándares B de la NOM-044-SEMARNAT-2017, se espera que se eviten 55,000 muertes prematuras vinculadas a enfermedades cardio-pulmonares, cáncer de pulmón y otras enfermedades respiratorias agudas, provocadas por las emisiones provenientes del escape de vehículos pesados nuevos a diesel.

Valor presente de los beneficios y de los costos

Al convertir los beneficios y los costos en términos de valor presente, utilizando una tasa de descuento del 3%, permite efectuar comparaciones a lo largo del tiempo. En la Figura 12 se presentan los beneficios anuales con descuento conforme transcurren los años.

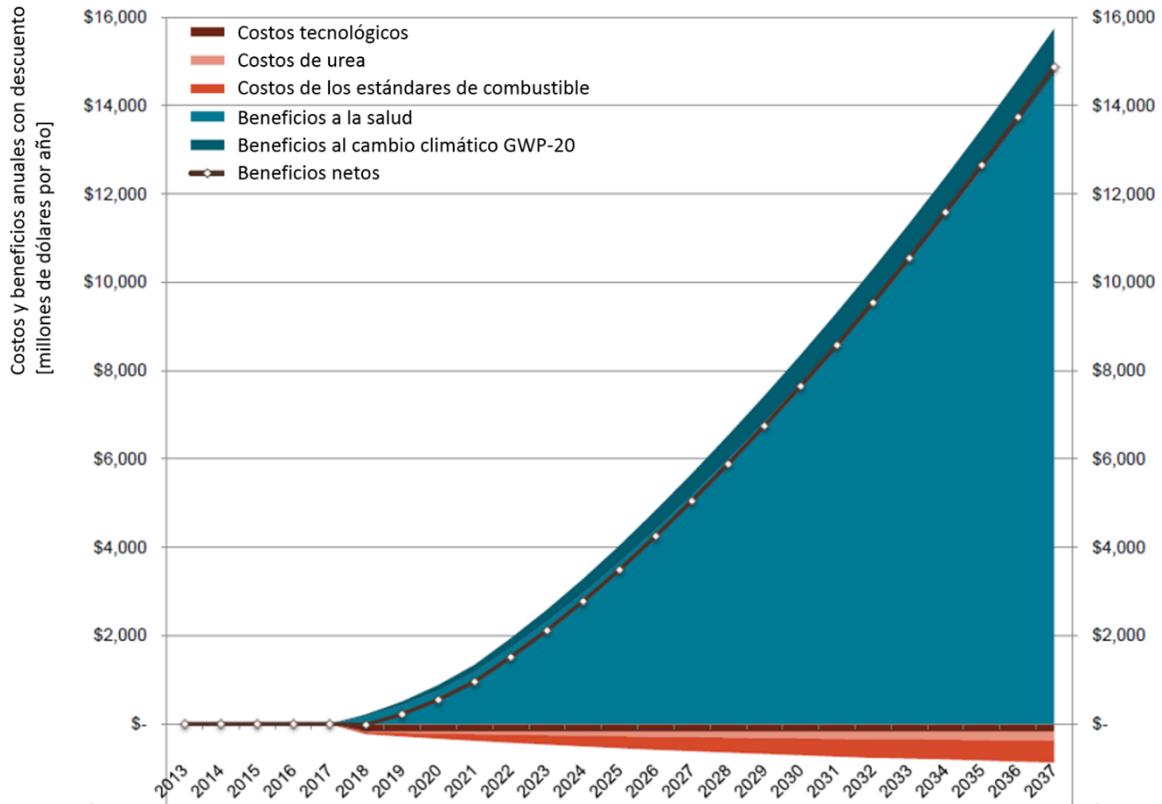


Figura 12. Valor presente de los beneficios y costos anuales de la NOM-044-SEMARNAT-2017, en un periodo de 20 años.

Los costos y los beneficios anuales, aplicándoles una tasa de descuento, pueden sumarse a lo largo de 20 años, a fin de evaluar los beneficios netos totales por la implementación de la NOM-044-SEMARNAT-2017, en ese periodo de tiempo.

En la Figura 13, se presentan los beneficios estimados, derivados de dicha regulación (134 mil millones de dólares), lo cual es 11 veces mayor que la suma de los costos directos e indirectos (12 mil millones de dólares).

Es oportuno mencionar que 1 billón de dólares en EE.UU., en México son 1,000 millones de dólares.

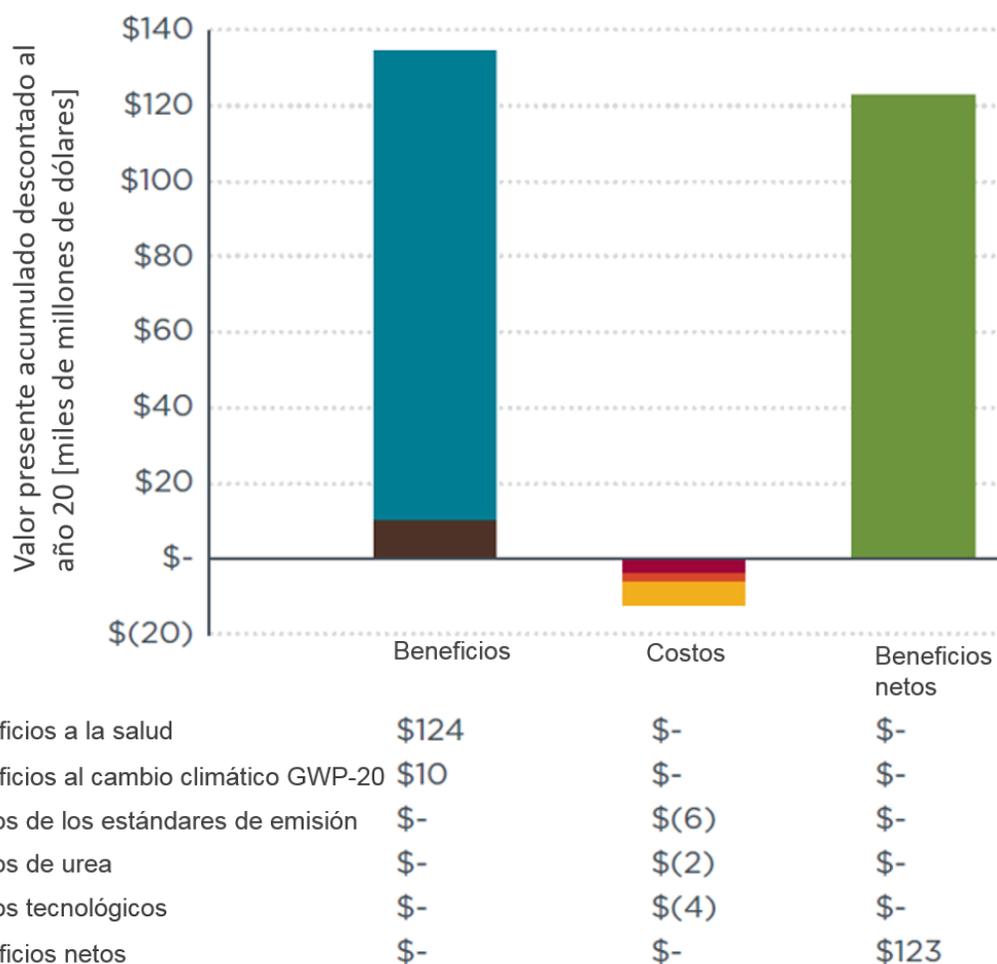


Figura 13. Beneficios netos acumulativos de NOM-044-SEMARNAT-2017, en un periodo de 20 años.

Si a los beneficios se le restan los costos, se estima que los beneficios netos son cerca de \$123 mil millones de dólares (o de \$2.46 billones MXP, aproximadamente, considerando un tipo de cambio de \$20.00 por dólar). Esto se debe, principalmente, por evitar las 55,000 muertes prematuras atribuibles a las partículas PM_{2.5} provenientes de los vehículos pesados a diesel.

Tabla 6. Sensibilidad de los costos y beneficios acumulados con una tasa de descuento y la métrica de cambio climático en un periodo de 20 años.

Tasa de descuento	GWP-20			GWP-100		
	3%	5%	7%	3%	5%	7%
Beneficios (miles de millones de dólares)	135	89	67	127	88	63
Costos (miles de millones de dólares)	12	8.9	6.6	12	8.9	6.6
Beneficios netos (miles de millones de dólares)	123	81	61	115	79	57
Relación Costo-Beneficio	11.2	10.1	10.2	10.6	9.9	9.6

Resulta importante mencionar que los montos que se utilizaron para el VEV fueron de \$2.9 millones de dólares en el primer año y de \$4.4 millones de dólares en el vigésimo año, lo cual excede por mucho a los costos en cada uno de esos años. Por ejemplo, en el año 2037, los beneficios anuales asociados a la salud, con descuentos, oscilan entre los \$16 mil y los \$40 mil millones de dólares, los cuales difieren bastante de los costos, sin descuentos, los cuales se encuentran alrededor de los \$1,800 millones de dólares.

En resumen, los resultados indican que los beneficios asociados a la salud son de \$124 mil millones de dólares y los vinculados a los beneficios climáticos son de \$10 mil millones de dólares; en contraste, el total de los costos es de cerca de \$12 mil millones de dólares.

Por lo tanto, los beneficios netos acumulados (los cuales se obtienen de la resta de los beneficios menos los costos que derivarán de la aplicación de los estándares B contemplados en las Tablas 1, 2, 3 y 4 de la NOM-044-SEMARNAT-2017, durante un periodo de 20 años, contados a partir de la entrada en vigor de los límites máximos permisibles relacionados a tales estándares), es de \$123 mil millones de dólares (o de \$2.46 billones MXP, aproximadamente, considerando un tipo de cambio de \$20.00 por dólar)

En otras palabras, los beneficios estimados equivalen a 11 veces los costos, ya que la mayor parte de los beneficios provienen de las 55,000 muertes prematuras evitadas, en 20 años, por la reducción de emisiones de partículas provenientes de los vehículos pesados a diesel.

Con base a lo anterior, se demuestra que los beneficios que conlleva la aplicación de la NOM-044-SEMARNAT-2017, son superiores a los costos y, por ende, ésta representa la mejor opción regulatoria.