



INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PARQUE DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN EL SALVADOR¹

Luis Morera L.

Resumen

Las emisiones de los vehículos automotores constituyen la mayor fuente de contaminación del aire en El Salvador y, en general, en las ciudades centroamericanas. Los niveles de emisión de gases y partículas en suspensión provenientes de la flota de vehículos automotores de El Salvador son muy altos, si se los compara con las normas internacionales que definen los niveles aceptables. Las emisiones poseen niveles elevados porque el parque de vehículos automotores está compuesto predominantemente por unidades muy antiguas y con mantenimiento deficiente. Las consecuencias de esta situación son diversas y serias: frecuentes problemas respiratorios en la población, alto nivel de consumo de combustible, excesivos gastos en reparaciones, altos índices de accidentes y averías en carretera, y expulsión a la atmósfera de gases de efecto invernadero.

El nivel de ingreso que tiene la mayoría de los propietarios de vehículos automotores en países en desarrollo como El Salvador no les permiten adquirir otros más nuevos. Esta es una limitación seria para la reducción de los niveles actuales de emisión. Sin embargo, experiencias de otras naciones muestran que hay un margen considerable de reducción que está al alcance de estos países, si se aplican Programas de Inspección y Mantenimiento (PIM) a la flota de vehículos automotores. La evaluación del PIM de El Salvador, cuyos resultados se exponen en este artículo, muestra que para un costo por inspección de US\$25 o menor por vehículo automotor, los beneficios netos son considerables y aumentan año tras año. Los beneficios considerados en el cálculo provienen de los ahorros en diesel y gasolina y los que resultan de la venta de las reducciones de las emisiones de carbono atmosférico producidas por la implementación del PIM.

Aparte de los beneficios cuantificados, el PIM genera invaluable efectos positivos en la salud y en la calidad de vida de la población, y ahorros adicionales en costos de mantenimiento de vehículos automotores y de servicios de salud. Adicionalmente, este tipo de programas produce importantes reducciones en la emisión de gases que causan el efecto invernadero.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales agentes contaminadores que existen en los llamados países en vías de desarrollo son los vehículos automotores en mal estado de funcionamiento. La falta de mantenimiento, la antigüedad y la importación de vehículos automotores de segunda mano (quizás ya retirados del parque vehicular del país de procedencia), sumados a la mala calidad de los combustibles que se expenden comercialmente, representan un serio problema para el ambiente, la salud y las economías locales.

Evidencias claras de esa situación se encuentran en las elevadas emisiones de gases, los consecuentes problemas respiratorios de la población, el alto nivel en

1. Este artículo está basado en el documento titulado "Evaluación del Programa de Inspección y Mantenimiento del Parque Vehicular a realizarse en El Salvador", que fue escrito por el autor en agosto del 2000 para el Proyecto Regional de Medio Ambiente y Desarrollo, y editado en formato PDF en el 2001, por la fase de asistencia preparatoria del Programa de Energía y Cambio Climático para América Latina y el Caribe, ambos del PNUD. El autor agradece los valiosos comentarios a una versión preliminar de los señores Francisco Sancho y Jon Bickel.

el consumo de combustible, los continuos gastos en reparaciones y las altas probabilidades tanto de accidentes, como de averías en carretera.

Si bien es cierto que resulta menos costoso tener un auto en buen estado, también es verdad que los bajos ingresos económicos no permiten hacer una inversión inicial acorde con el tipo de vehículo automotor que no presentaría estos problemas. Sin embargo, no todos los problemas se deben a la antigüedad de los vehículos automotores. En gran parte de los casos, el mal estado de los vehículos automotores obedece más bien al desconocimiento de las reglas sobre el uso correcto de motores y combustibles.

De esta manera surge la necesidad de un tipo de control estatal que no sólo aminore o evite los problemas señalados, sino también que trate de informar y concienciar a los propietarios de vehículos automotores sobre el daño que representa para su economía particular, la del estado y la salud ciudadana, hacer circular un vehículo automotor en mal estado. De ahí, la importancia de la puesta en funcionamiento en El Salvador de los Programas de Inspección y Mantenimiento (PIM) de vehículos automotores².

2. Como en cualquier programa de regulación y control, el PIM se encuentra sujeto a situaciones perversas en las cuales que incluyen incentivos para distorsionar el sistema, e impedir su adecuado funcionamiento.

2. CONSIDERACIONES INICIALES

La combustión completa de un hidrocarburo puro produce solamente agua y dióxido de carbono (CO₂). Sin embargo, los combustibles casi nunca se queman por completo, y esto produce la mayoría de los contaminantes del aire. En Centroamérica, más del 50% de los vehículos automotores a gasolina y el 80% de los a diesel, no funcionan de acuerdo con las normas internacionalmente aceptadas (Toledo, 1996). Asimismo, es sabido que un vehículo automotor sin inspección de emisiones de gases en un país en desarrollo contamina diez veces más que uno que sí controla sus emisiones.

Hay una tendencia a pensar que los vehículos automotores que funcionan con diesel son más contaminantes que los que funcionan con gasolina. Sin embargo, teóricamente, es al contrario.

3. Dado que el proceso de combustión del diesel es muy eficiente, el combustible se convierte casi totalmente en dióxido de carbono (CO₂) y agua. Así los niveles de emisión de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) son inferiores que los producidos por los motores a gasolina. Sin embargo, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y micropartículas menores que 10 micrones (PM10) de los motores diesel representan un problema de contaminación ambiental, además de la contaminación sónica y los malos olores (Shell, 1992). En el anexo 1 se muestran las repercusiones de la contaminación ambiental en la salud.

Los motores diesel tienen más eficiencia energética³ que los de gasolina. Es decir, por potencia de máquina emiten menos contaminantes y no producen emisiones significativas por evaporación (Toledo, 1996). Dicho en otros términos, si comparamos motores ajustados de tecnologías similares, el humo negro de los motores diesel es menos contaminante que el humo invisible de los motores de gasolina. No obstante, esto no funciona así en los países en desarrollo, ya que la falta de mantenimiento hace que los motores diesel del transporte público y pesado rara vez funcionen adecuadamente. Por eso, en la práctica el diesel causa los problemas ambientales más serios.

En el estudio de Toledo (1996), se analizaron 20.000 vehículos automotores a diesel y gasolina en Centroamérica, y se demostró que un ajuste puede reducir las emisiones de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y hollín entre un 40% y un 60%. El mismo estudio analizó 4.000 autobuses urbanos con motores diesel desajustados, y se demostró que el 70% puede pasar las pruebas de emisiones, si se afina el motor o se repara la bomba de inyección, mientras que el resto requiere una reparación completa.

De acuerdo con el autor citado, un PIM debe contemplar los siguientes elementos:

1. Cambio a gasolina sin plomo.
2. Obligatoriedad en el control de emisiones con el uso de catalizadores.
3. Controles de funcionamiento de dos tipos: periódicos y selectivos. Los controles periódicos deben ser efectuados en talleres o centros de verificación autorizados por el gobierno. Los controles selectivos pueden ser hechos en las vías públicas por empresas privadas apoyadas por la policía.

En El Salvador, el primer punto ya ha sido implementado, el segundo corresponde al proyecto que se va a evaluar (aunque el uso de catalizadores no aparece como obligación), y el tercer punto forma parte de la estrategia de implementación del programa.

3. COSTOS Y BENEFICIOS ESPERADOS DE LOS PIM

Un Programa de Inspección y Mantenimiento de vehículos automotores ofrece dos beneficios principales:

- a) la potencial venta de las reducciones de carbono atmosférico debidas a un menor uso de combustibles⁴; y
- b) una menor incidencia de enfermedades respiratorias.

Asimismo, se prevén otros beneficios:

1. Menor número de accidentes de tránsito. Con esto deberían disminuir también:
 - a. Gastos médicos, lesiones, etc.
 - b. El tiempo de transporte
 - c. Los costos de reparación
2. Disminución de los gastos por congestamientos.
3. Mejoría de la calidad del aire y del aspecto urbano.
4. Disminución de los gastos por combustible y mantenimiento.

Por otra parte, la realización del proyecto tiene también sus costos. Entre estos, se citan:

1. El costo de hacer que el proceso del programa de control de emisiones funcione, es decir, de asegurar la credibilidad de la revisión de los vehículos automotores.
2. El costo de coordinar el sistema, el periodo de las revisiones, los talleres acreditados, el calendario de controles y los controles aleatorios ex post.
3. El costo de idear un sistema de incentivos para que la gente colabore con el proyecto.
4. La inversión de tiempo y dinero en la revisión del vehículo automotor por parte del propietario.

4. EL PARQUE VEHICULAR DE EL SALVADOR EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

El mayor porcentaje (un 44%) de los vehículos automotores que circulaban en El Salvador hasta 1999 fue producido en la década de los 80. Un 27% adicional fue producido en los 70. Y otro 5% fue producido antes de 1970. En contraste, sólo el 23% fue fabricado en la década de los 90. Estos datos evidencian la antigüedad del parque vehicular de este país (gráfico 1).

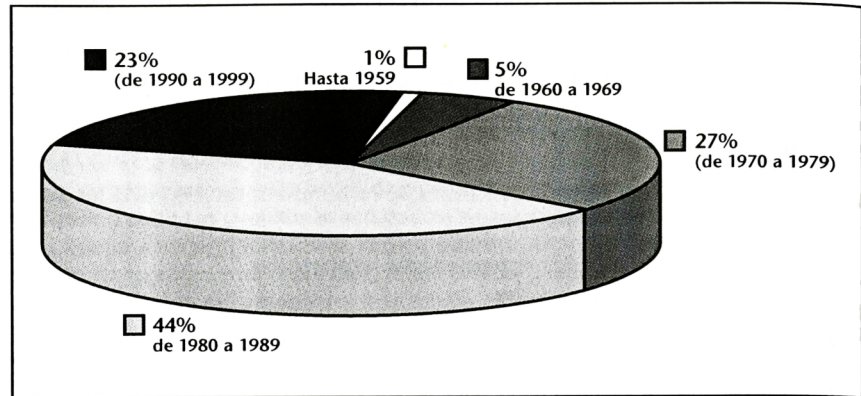
Con estos datos es posible crear un par de indicadores:

Indicador 1: Cantidad de vehículos automotores con más de diez años de fabricación en el parque vehicular de un año determinado.

Indicador 2: Cantidad de vehículos automotores fabricados en un año determinado en el parque vehicular de ese mismo periodo (en otras palabras, cantidad de vehículos automotores "nuevos").

4. Un programa de control de emisiones logra una mejor combustión del motor, lo que hace disminuir la contaminación que se generaba por la combustión incompleta. Sin embargo, se incrementa la emisión de CO₂. El efecto anterior se magnifica si se adiciona el uso del convertidor catalítico. El ahorro potencial de emisiones de CO₂ queda entonces definido sólo por la disminución del consumo de combustible gracias al afinamiento del motor.

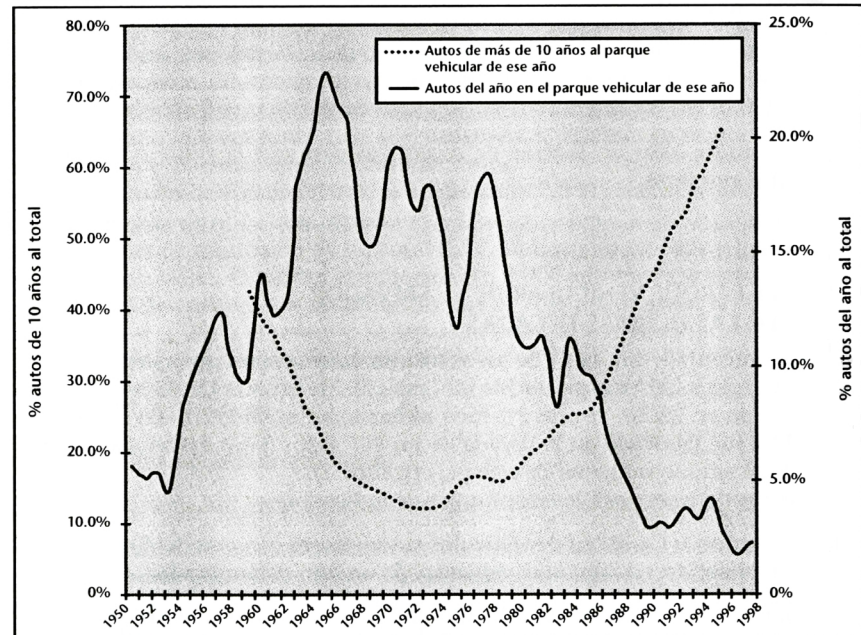
Gráfico 1. Composición del parque vehicular de El Salvador según décadas de fabricación de las unidades.



Fuente: Registro Público del Viceministerio de Transporte de El Salvador

En el gráfico 2 se muestran las curvas correspondientes a las series de datos de ambos indicadores en el período 1958-1999. Puede observarse que la curva del Indicador 1 “vehículos automotores con más de diez años” es cóncava hacia abajo y en forma de jota. En esa curva, se pueden distinguir tres tramos: uno descendente hasta 1972, año en el cual se alcanza el porcentaje más bajo de vehículos automotores con más de diez años de fabricación con respecto al parque vehicular de ese año: un 12,1%. En el segundo tramo, que va de 1973 a 1986, el porcentaje aumenta, en promedio, un punto porcentual por año. En el tercer tramo, el ritmo de crecimiento se estabiliza en 3,8 puntos porcentuales por año.

Gráfico 2. Dos indicadores de antigüedad del parque vehicular de El Salvador, para el período 1958-1999



Fuente: Registro Público del Viceministerio de Transporte de El Salvador

En la curva del Indicador 2 “vehículos automotores nuevos” se observan dos tramos: uno que es predominantemente ascendente y que alcanza su punto máximo en 1965 con un valor de 22,8%; y otro que es predominantemente descendente. Es claro que la proporción de vehículos automotores nuevos ha venido disminuyendo sensiblemente, lo cual es concordante con el aumento de los vehículos automotores viejos que se muestra en la otra curva.⁵

A partir de la información sobre año de fabricación de los vehículos automotores salvadoreños, se estimó el Indicador 3 “tamaño del parque vehicular”, que constituye una aproximación al mismo. Para estimarlo, se supuso que la cantidad de vehículos automotores que formaban el parque vehicular de un año determinado está dada por la cantidad de vehículos automotores fabricados en ese año más los vehículos automotores fabricados en años anteriores. Esa forma de calcular el tamaño del parque vehicular incorpora una suposición que no siempre es cierta: que los vehículos automotores ingresaron a El Salvador el mismo año en que fueron fabricados. Es claro que esa suposición no se cumple en el caso de los vehículos automotores de segunda mano, cuyo año de fabricación es siempre menor al de su importación. Pese a esa limitación de la forma de cálculo, el indicador mencionado puede dar una idea muy aproximada de las variaciones en el tamaño del parque vehicular.

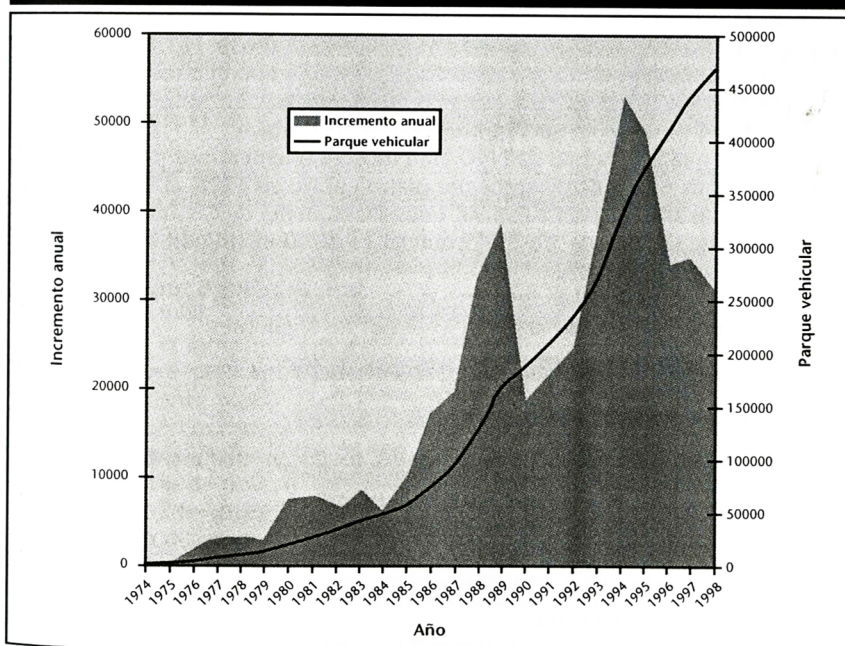
Por otra parte, se construyó un Indicador 4 “cantidad de vehículos automotores inscritos en el país”, a partir de los datos del registro de inscripción del país.

En el gráfico 3 se representan las curvas que forman los valores de los Indicadores 3 “tamaño del parque vehicular” y 4 “cantidad de vehículos automotores inscritos en el país”, para cada uno de los años comprendidos entre 1974 y 1998. La curva que está representada por el área sombreada corresponde al Indicador 4 “cantidad de vehículos automotores inscritos en el país”. La curva de trazo lleno corresponde al Indicador 3 “tamaño del parque vehicular”, que como se explicó anteriormente, se obtuvo a partir de los datos del año de fabricación.

Del análisis de la información de los indicadores 1, 2, 3 y 4 que se represen-

5. Los dos indicadores mencionados deben interpretarse tomando en cuenta que son extraídos de la composición del parque vehicular según el año de fabricación.

Gráfico 3. El Salvador: tendencias en el tamaño del parque vehicular y su aumento anual (1974-1998)



Fuente: Registro Público del Viceministerio de Transporte de El Salvador

tan en los gráficos 2 y 3, es posible concluir al respecto de los siguiente temas:

- **Antigüedad del parque vehicular:** 77% de los vehículos automotores tiene más de diez años.
- **Crecimiento del parque vehicular:** 28% por año, en promedio, para el periodo 1974-1999.
- **Porcentaje de vehículos automotores usados que ingresa cada año:** 71% entre 1995 y 1999.

5. INCREMENTO DE LA CONTAMINACIÓN ATRIBUIBLE AL PARQUE VEHICULAR

Según el Informe Ejecutivo de la Calidad del Aire en Centroamérica (PNUD, 1999), la mayor fuente de contaminación del aire en las ciudades de la región son los vehículos automotores. Todos los vehículos automotores de la región son importados y predominan los usados, que fueron más del 80% del total entre 1995 y 1998. El estado de la flota vehicular de la región es tal, que la antigüedad promedio de sus vehículos automotores es superior a los 14 años. El poder contaminador de una flota de vehículos automotores tan antigua se incrementa por el hecho de que la mayoría de los mismos carece de dispositivos de control de emisiones, como el convertidor catalítico. Hay que considerar además que los vehículos automotores diesel son cada vez más numerosos. Actualmente constituyen más del 30% de la flota total en circulación, de los cuales la mayoría son de transporte público y de carga: taxis, autobuses y camiones. Todos estos datos indican que la contaminación del aire causada por los vehículos automotores de El Salvador es representativa de lo que ocurre en el conjunto de la región.

En el estudio del PNUD (1999), se analizaron los datos de contaminación atmosférica de 45 estaciones de monitoreo, ocho de las cuales estaban ubicadas en San Salvador.⁶ De los contaminantes evaluados, el óxido nítrico (N_2O), las partículas en suspensión mayores a 10 micrones (PST) y las partículas menores que 10 micrones (PM10) sobrepasaron el estándar de calidad para los centros urbanos, en 1997 y 1998.

En San Salvador, en 1997, se presentaba el dato más alto de PST de toda Centroamérica: 639 microgramos por metro cúbico y 278 microgramos por metro cúbico en 1998. El estándar establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1990 es de 75 microgramos por metro cúbico.

Entre tanto que, los valores de N_2O eran de 80,4 microgramos por metro cúbico en 1997 y de 62,3 microgramos por metro cúbico en 1998, el segundo y el primer valor más alto, respectivamente, entre las capitales de Centroamérica. Según la norma de la OMS de 1997, el estándar es de 40 microgramos por metro cúbico.

Varias son las causas del incremento de la contaminación por emisiones de gases vehiculares. Entre ellos se pueden señalar los siguientes:

1. Deficiente mantenimiento de los vehículos automotores.
2. Subsidios a los combustibles.
3. Importaciones de vehículos automotores usados en mal estado.
4. Deterioro y bajo crecimiento de la red vial.
5. Problemas de congestiónamiento.
6. Aumento de la relación entre vehículos automotores per cápita y la densidad de la población.

6. La información proviene de las redes de monitoreo del Laboratorio de FUSADES (Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social), que cuenta con el patrocinio de Swisscontact.

Afortunadamente en El Salvador no se presentan situaciones considerables de inversión térmica que magnifican la contaminación atmosférica en las zonas donde ocurren.⁷

En ese contexto, la aplicación del PIM surge como una solución al mal estado del parque vehicular, mientras que el problema de los subsidios a los combustibles requiere una evaluación urgente por parte de las entidades gubernamentales respectivas. Las medidas para evitar la importación de vehículos automotores usados en mal estado están en pleno proceso de aprobación legislativa. El cuadro 1 ilustra el mal estado de las carreteras.

Con relación a los problemas de congestamiento, es necesario señalar que mientras el crecimiento promedio del parque vehicular es del 10% anual, la red

Cuadro 1. El Salvador: Estado de las carreteras y número de vehículos automotores en circulación 1993 - 1999

Año	Longitud total en kilómetros	Número de autos en circulación	Estado bueno %	Estado regular %	Estado malo %
1993	9.650	267.652	18	22	60
1999	11.200	501.932	38	nd	nd

Fuente: Hernández, 1998 e Ing. Carlos Velásquez, Viceministerio de Transporte. com. per.

vial crece aproximadamente entre 1% y 2%. Hay que reconocer, sin embargo, que muchas obras viales no se traducen en una mayor longitud de la red, pero sí en el mejoramiento de la circulación. Entre ellas, están los pasos a desnivel, las interconexiones entre calles o la

ampliación de calles.

El aumento de la relación entre número de vehículos automotores y número de habitantes se mide mediante el indicador de número de vehículos automotores por cada mil habitantes. En 1995 el valor de ese indicador era 65; en 1999 había aumentado a 78 y se proyecta que para el 2004 llegue a 100.

6. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DEL PIM

Según documentos de ProEco-Swisscontact (1997a y 1997b), someter el vehículo automotor a una sesión de inspección y mantenimiento reduce fácilmente la contaminación entre el 30 y el 40% y disminuye el consumo de diesel o gasolina entre el 5% y el 10%.⁸

Para evaluar el programa PIM, se aplicó un supuesto conservador consistente en que la contaminación disminuye en un 10% y el consumo de combustible disminuye en un 5%. El siguiente paso en la evaluación es contar con factores que relacionen el uso de unidades de combustible con unidades de contaminación. Esos factores fueron calculados por el Instituto de Tecnología de Energía de la Universidad Federal de Zurich

Cuadro 2. Emisiones por vehículo automotor, en tonelada de emisiones de contaminantes por tonelada de uso de combustible.

Emisiones	Perfecto estado	Falta de mantenimiento*
CO en diesel	0,01	0,011
CO en gasolina sin catalizador	0,45	0,495
CO en gasolina con catalizador	0,0175	0,01925
HC diesel	0,008	0,0088
HC en gasolina sin catalizador	0,055	0,0605
HC en gasolina con catalizador	0,002	0,0022
NO _x diesel	0,045	0,0495
NO _x en gasolina sin catalizador	0,025	0,0275
NO _x en gasolina con catalizador	0,00375	0,004125
Partículas diesel	0,004	0,0044
Partículas en gasolina sin catalizador	0	0
Partículas en gasolina con catalizador	0	0
CO ₂ diesel	3,13	3,129
CO ₂ en gasolina sin catalizador	2,3	2,255
CO ₂ en gasolina con catalizador	3,137	3,13525

Fuente: ITE-UFZ

*La falta de mantenimiento se considera agregando un 10% a la situación de perfecto estado.

7. La ubicación geográfica de San Salvador y la topografía de la zona son favorables a la dispersión del aire, por lo cual no se conocen fenómenos de inversión térmica (Castillo, 1995), aunque según los registros de Swisscontact entre abril y mayo de 1998 se comprobó la presencia de inversión térmica en San Salvador.

8. De acuerdo con Castro y Cordero (1998), los cálculos del programa indican que en Costa Rica la revisión, el control y el afinamiento de los motores generan un ahorro del 10% al 20% en combustibles y una reducción del 30% en las emisiones vehiculares.

9. El FTP75 (Federal Test Procedure a 75°F) es un procedimiento de prueba que simula en el laboratorio un ciclo de manejo de un auto en un recorrido típico de ciudad. Este procedimiento es el empleado para la certificación de las emisiones de los vehículos nuevos en planta. Fue desarrollado por la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos.

10. Los factores se obtienen de vehículos en perfecto estado y se alteran con el cambio de la tecnología. Sin embargo se considera que representan una base real para el parque vehicular de El Salvador.

11. Los datos de emisiones para el contaminante CO₂ en la columna "Falta de Mantenimiento" se obtienen restando al dato de CO₂ de la columna "Perfecto estado" la diferencia de CO entre ambas columnas. Se puede notar que conforme mejora la combustión se generan menos contaminantes pero más CO₂.

12. En el Anexo 2 se explican la metodología y los supuestos utilizados para cuantificar los costos y beneficios del PIM. También se realiza un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos y sobre el uso del catalizador en el tiempo.

(ITE-UFZ) y corresponden a vehículos automotores medidos en ciclo FTP75⁹ según los límites válidos del año 1993.¹⁰

En el cuadro 2 se presentan los factores utilizados para calcular la contaminación debida a CO, HC, óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas y CO₂ por el uso del combustible.

El cuadro 2 muestra que las emisiones de los vehículos automotores a diesel en perfecto estado son comparables a los a gasolina con el uso del catalizador. El otro hecho relevante es la significativa reducción de las emisiones por el uso de los catalizadores, presentándose una excepción con el contaminante CO₂ en la columna "Falta de Mantenimiento". En esta columna, el CO₂ aparece con valores menores que en la columna "Perfecto Estado", situación que es contraria a la de los demás contaminantes.¹¹

Un aspecto de mucha importancia y que afecta notablemente los resultados, es el supuesto del uso del catalizador en el tiempo, ya que el mismo reduce la contaminación, excepto para el caso del CO₂, que lo aumenta, por la optimización en la combustión. El uso de los catalizadores no se plantea en el caso de El Salvador como un requisito del PIM. Su uso dependerá de la incorporación en el tiempo de vehículos automotores nuevos o usados que lo tengan.

7. LA CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS Y COSTOS DEL PIM ¹²

7.1. Los beneficios del PIM

Uno de los beneficios que se obtienen si se realiza un buen mantenimiento de los vehículos automotores es el ahorro en combustible. El cuadro 3 presenta este beneficio.

Los cifras de ahorro son mayores en el caso de la gasolina por razones de precios, ya que el ahorro en toneladas de combustible es ligeramente superior en el caso del diesel. Los beneficios fueron calculados en un horizonte de 20 años. Se presentan los datos por quinquenio.

Combustible	2001	2005	2010	2015	2020
Ahorro consumo diesel	6.507	9.389	14.848	23.481	37.135
Ahorro consumo gasolina	10.932	15.948	25.567	40.990	65.715

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Cuadro A.2.1 y Cuadro A.2.2 del Anexo 2

Otro beneficio es la eventual comercialización de las reducciones de carbono.

Cuadro 4. Emisiones de CO₂ reducidas (en miles de toneladas métricas)

Año	2001	2005	2010	2015	2020
Emisiones reducidas de CO ₂ y CO	135	197	317	510	822
Conversión a emisiones de carbono reducidas	42	62	99	159	257

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Cuadro A.2.1 y Cuadro A.2.2 del Anexo 2.

En sumatoria lineal de miles de toneladas métricas de CO₂ y CO, con datos del Cuadro No. 6. El CO al entrar en contacto con el oxígeno de la atmósfera se convierte en CO₂, y por lo tanto es posible la suma lineal (Sancho & Vega, 1998:47) **1 tonelada de Carbono equivale a 3,667 toneladas de CO₂.

El cuadro 4 presenta esos resultados.

Al sumar los beneficios derivados de un menor consumo de combustible y de la eventual venta de las reducciones de carbono, se tienen los beneficios totales atribuidos al PIM. Esos beneficios se incrementan en el tiempo y se debe principalmente al ahorro de combustible (el cuadro 5).

El beneficio generado por la venta de reducción de emisiones de carbono atmosférico en el mercado internacional puede ocurrir si se llega a desarrollar este mercado en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que fue establecido en el Protocolo de Kyoto. Aunque este beneficio es pequeño en com-

paración con el de ahorro de combustible, los ingresos de la venta de carbono son crecientes en el tiempo. Además, este tipo de iniciativas de reducción de emisiones puede constituir una señal clara de que

el país está comprometido con los esfuerzos mundiales por frenar el cambio climático y sus graves efectos. Además, de esa forma se contribuye a mejorar la credibilidad de otras iniciativas del país en este campo.

Un beneficio que no se cuantifica directamente pero que puede ser el más relevante en un programa como el PIM se relaciona con las mejorías en la salud de la población que resultan de una menor contaminación.

Cuadro 6. Reducción de emisiones de contaminantes (en miles de toneladas)

Contaminantes	2001	2005	2010	2015	2020
CO	23.398	28.365	33.917	35.847	27.765
HC	3.329	4.142	5.209	6.057	6.033
NO _x	4.431	6.132	9.166	13.630	20.150
PM10	0,278	0,401	0,634	1,003	1,587
CO ₂	111.149	168.551	283.092	474.536	794.013

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Cuadro A.2.1 y Cuadro A.2.2 del Anexo 2.

puede ser el número de personas enfermas, el número de consultas realizadas, las probabilidades de enfermarse, o la probabilidad de muerte prematura, se podrían estimar los beneficios adicionales del PIM derivados del ahorro en costos sociales al haber menos población enferma, y al reducirse en consecuencia todos los daños adicionales que las enfermedades acarrear.

Se pueden utilizar dos procedimientos para estimar los beneficios sociales de una menor contaminación:

- Relacionar el consumo de combustible con un indicador de kilometraje recorrido y éste con la incidencia de enfermedades respiratorias.
- Tomar parámetros de estudios que relacionen indicadores de contaminación con enfermedades respiratorias.

Para aplicar el primero de los procedimientos citados es posible utilizar indicadores obtenidos en Small y Kazimi (1995), que indican gastos de salud por milla para los vehículos automotores de US\$0,03 y para los camiones de US\$0,527.

Para aplicar el segundo procedimiento se puede utilizar un trabajo elaborado por Sánchez y Morel (1995), en el que se determina una elasticidad de consultas respiratorias respecto a los niveles de PM10, que tiene un valor de 0,4. Con ese dato como referencia, la disminución de consultas por enfermedades respiratorias sería del orden de 5,5% cada año.

7.2. Los costos del PIM

Los costos de un programa como el PIM incluyen desde la instalación de la infraestructura y el equipo necesarios para realizar las inspecciones, hasta los recursos utilizados para fiscalizar el sistema y lograr su funcionamiento, además de los costos asociados con las reparaciones y con la revisión del vehículo automotor.

Cuadro 5. Beneficios totales (en miles de dólares)

Beneficios	Año				
	2001	2005	2010	2015	2020
Por ahorro combustible	17.439	25.337	40.415	64.471	102.849
Por comercialización de reducciones de carbono	420	615	991	1.595	2.568
Beneficio total	17.859	25.952	41.406	66.066	105.417

Fuente: Elaboración con los datos de los cuadros 3 y 4.

El cuadro 6 presenta la reducción de emisiones de contaminantes que ocurrirían si se pone en ejecución el PIM.

Con la aplicación de funciones “dosis-respuesta” que expresen el efecto de un cambio en la medida de contaminación sobre un resultado en salud, como

El cuadro 7 presenta únicamente el costo de llevar el vehículo automotor a la inspección.

Puesto que se parte del hecho de que el parque vehicular se incrementa en el tiempo, los costos del programa también aumentan.

Cuadro 7. Costos del PIM según diferentes escenarios de precios del costo de la revisión (en miles de dólares)

Precios por revisión	2001	2005	2010	2015	2020
US\$5	2.893	3.858	5.558	8.044	11.684
US\$15	8.680	11.575	16.674	24.132	35.052
US\$25	14.466	19.291	27.790	40.220	58.420
US\$40	23.146	30.866	44.464	64.352	93.472

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Cuadro A.2.1 y Cuadro A.2.2 del Anexo 2.

7.3. Beneficios netos del programa

De los cuadros 5 y 7 se obtiene la información para calcular los beneficios netos del PIM que se presentan en el cuadro 8. El PIM obtendría beneficios netos positivos en tres de los cuatro precios utilizados. Para el precio de US\$40 por revisión, los beneficios netos aparecen después de transcurridos los primeros 11 años

Cuadro 8. Beneficios netos del PIM según diferentes escenarios de precios del costo de la revisión (en miles de dólares)

Precios por revisión	2001	2005	2010	2015	2020
US\$5	14.966	22.094	35.848	58.022	93.733
US\$15	9.180	14.377	24.732	41.934	70.365
US\$25	3.393	6.661	13.616	25.846	46.997
US\$40	-5.287	-4.914	-3.058	1.714	11.945

Fuente: Elaboración propia con base a los datos de cuadros 5 y 7

del proyecto. Los beneficios netos calculados pueden ser conservadores e inexactos porque todavía falta considerar los beneficios en salud derivados de la menor contaminación y los beneficios eventuales de menores costos de mantenimiento.

8. CONCLUSIÓN FINAL Y RECOMENDACIONES

Dadas las características dominantes en el parque vehicular de El Salvador – sobre todo, la antigüedad y el poco mantenimiento – y dados los problemas de contaminación ambiental, se hace necesario un programa como el PIM. Este tipo de programa generaría diversos beneficios. En el trabajo se estiman únicamente los beneficios por un menor consumo de combustible y una menor generación de CO₂. Los costos se definen a partir de los escenarios del precio de la revisión. Dados esos beneficios y costos, el programa es conveniente, mientras el precio de revisión no alcance los US\$40 en los primeros diez años.

La evaluación del programa fue realizada desde una perspectiva social, aunque se reconoce que no todos los beneficios y costos relevantes fueron considerados. Por ello, convendría avanzar en la estimación de los beneficios y costos omitidos y en asumir diferentes perspectivas de evaluación del PIM. Podría ser interesante evaluar el PIM desde la perspectiva del poseedor de un vehículo automotor o de las empresas que ofrecerían los servicios de revisión.

Es conveniente que se haga la evaluación según la perspectiva del dueño de un vehículo automotor, porque transmitiría la información necesaria para mostrar que el pago de la revisión técnica no es un gasto sino que es una inversión con una serie de beneficios asociados. Esa información ayudaría a promover el proyecto. En esta perspectiva privada de evaluación de costos y beneficios, los beneficios a considerar son la reducción del consumo de combustible y de los gastos por reparaciones. La menor emisión de carbono no es un beneficio directo para el dueño del vehículo. Entre los costos, hay que distinguir los de llevar el vehículo automotor a la revisión – monetarios y de tiempo – y los adicionales que surgen si el vehículo automotor no supera la revisión y debe realizarse algún tipo de ajuste. Para estimar estos costos habría que obtener el dato de cuántos vehículos automotores no superan la prueba y los costos según las diferentes ne-

cesidades de reparación.

Para tener estimaciones más precisas y confiables de los costos y beneficios desde la perspectiva privada, sería conveniente realizar un estudio de panel de datos, donde se seleccione una muestra de vehículos automotores que se divida en dos submuestras. Una submuestra estaría compuesta por vehículos automotores que han pasado por la revisión técnica y cumplieron con las reparaciones sugeridas y la otra submuestra por vehículos automotores que no hayan realizado el proceso de inspección. Con esa información es posible realizar un análisis de regresión para comparar la relación de kilómetros por galón en cada submuestra, como un indicador de la mejora en el proceso de combustión, a la vez en dicho análisis se puede incorporar la información de otra serie de variables como la antigüedad del vehículo, la marca, modelo, tipo de combustible utilizado, etc. Así se podría evaluar el beneficio en términos de mayor rendimiento por combustible que se obtiene a partir de la revisión técnica y se podría comparar ese beneficio con los costos de haber realizado esa revisión.

BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, I. 1995. Energía y Medio Ambiente: el caso de El Salvador. Mimeografiado. Documento preparado para la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL).
- Castro, R. & Cordero S. 1998. Evaluación del Impacto Ambiental y Sostenibilidad del Desarrollo. San José: EUNED.
- Hernández de Larios, S. 1998. Transporte urbano y contaminación del aire en la región metropolitana de San Salvador. Documento de Trabajo del Proyecto: "Prevención y Mitigación de la Contaminación Industrial y Municipal en el Área del Gran San Salvador" financiado por USAID.
- Instituto de Tecnología de Energía de la Universidad Federal de Zurich (ITE-UFZ). Laboratorio de Motores de Combustión Interna y Tecnología de Combustión. <http://www.lvv.ethz.ch>.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1999-2000. Licitación pública nacional e internacional "Contratación de servicios de instalación, administración y operación de plantas de revisión técnica vehicular, la cual incluye la revisión de emisiones contaminantes de gases, partículas y ruidos". MARN-09/99 y MARN 03/99.
- Orellana, E. 1998. Perfil epidemiológico y medio ambiente en la Región Metropolitana de San Salvador. Documento de Trabajo del Proyecto: "Prevención y Mitigación de la Contaminación Industrial y Municipal en el Área del Gran San Salvador" financiado por USAID.
- PNUD. 1999. Informe Ejecutivo de la calidad del aire en Centroamérica.
- ProEco-Swisscontact. 1997a. Control de emisiones de gases en motores a diesel.
- ProEco-Swisscontact. 1997b. Control de emisiones de gases en motores a gasolina.
- Sánchez, J. & Morel, J. 1995. Una estimación de los beneficios en salud de reducir la contaminación en Santiago. En Economía del Medio Ambiente en América Latina. Juan Ignacio Varas Editor. Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Sancho, F. & Vega, E. 1998. Base metodológica para incorporar costos ambientales en tarifas de servicios públicos. Documento del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de Costa Rica
- Shell. 1992. El automovilismo y el medio ambiente. En: Shell Briefing Service, No. 2.
- Small, K. & Kazimi, C. 1995. On the cost of air pollution from motor vehicles. Journal Of Transport Economics and Policy. Vol.29, No.1.
- Toledo, J. 1996. Control de la contaminación del aire. Guatemala: Pro Eco.

ANEXO 1. Contaminantes relacionados con el parque vehicular y sus efectos en la salud		
Contaminante	Origen	Características y efectos en salud
CO (monóxido de carbono)	Combustión incompleta de combustibles fósiles	Muy peligroso en áreas mal ventiladas, puesto que es incoloro, inodoro y no es irritante. Disminuye la absorción del oxígeno por parte de las células rojas, afecta la percepción y la capacidad de pensar, disminuye los reflejos y puede causar inconsciencia. Afecta el crecimiento fetal en mujeres embarazadas. Junto con otros contaminantes, fomenta enfermedades de personas con problemas respiratorios y circulatorios.
HC (hidrocarburos)	Combustión incompleta o evaporación de combustibles fósiles.	Irritación de los ojos, cansancio y tendencia a toser. Puede tener efecto carcinógeno o mutativo. El HC de los motores puede causar enfermedades pulmonares. La presencia de HC confiere olor desagradable a los gases de escape. Al combinarse con NO _x producen ozono y formación de smog.
Smog fotoquímico (oxidantes)	Los HC y los NO _x concentrados en la atmósfera chocan con rayos del sol dando lugar a una reacción fotoquímica con producción de oxidantes. Uno de ellos es el ozono O ₃ .	Obstruye la visión, irrita los ojos y el sistema respiratorio, causa cáncer.
Pb (plomo)	Aditivo incorporado a la gasolina para aumentar el octanaje.	Afecta al sistema circulatorio, reproductivo y nervioso, como también a los riñones. Reduce la habilidad del aprendizaje de los niños y puede provocar hiperactividad. Puede causar daños neurológicos.
Partículas PM10: Material particulado con un diámetro menor de 10 micrones que flota en el aire. Partículas PST: Material particulado con un diámetro mayor de 10 micrones que flota en el aire.	El PM10 es producido por deficiencia de oxígeno en la combustión. El PST surge del polvo de áreas desprovistas de vegetación, calles sin pavimentar, fuentes industriales y de servicios que queman combustibles con un alto porcentaje de azufre y sustancias insolubles en n-pentano. También surge de los autos que utilizan gasolina con plomo.	Bronquitis, afectan la respiración y aumentan la susceptibilidad al asma y al resfriado común. Aumenta el daño cuando se combinan en la atmósfera con anhídrido sulfuroso. Puede iniciar enfermedades respiratorias (afectando más a niños y ancianos) y provocar cáncer en los pulmones. El plomo presente en las PST causa afectaciones neurológicas que entre otros daños puede conducir a una disminución del coeficiente intelectual. Se considera que las partículas PST Y PM10, son el problema de mayor gravedad en materia de calidad del aire en Centroamérica.
NO _x (Óxidos de nitrógeno NO, NO ₂ , NO ₃)	Productos secundarios de la combustión. Entre mayor es la temperatura de combustión mayor es la formación de NO _x	Irritan los ojos, nariz, garganta, producen tos, dolores de cabeza y dañan los pulmones.
SO ₂ (Dióxido de azufre)	Contenido de azufre en el diesel	Gas incoloro de olor picante al disolverse en agua produce H ₂ SO ₃ . Provoca corrosión y lluvia ácida. Inflamación en la garganta e irritación de las membranas del sistema respiratorio.

Fuente: ProEco-Swisscontact (1997a) y (1997b)

ANEXO 2

El método de análisis utilizado para cuantificar los costos y beneficios del Programa de Inspección y Mantenimiento (PIM) del parque vehicular.

En este anexo se describe el análisis empleado, se explicitan los supuestos utilizados, y se presenta un análisis de sensibilidad de los beneficios netos del PIM. Por último se efectúan algunas consideraciones sobre el uso del convertidor catalítico.

Para evaluar los beneficios del PIM es necesario contar con proyecciones de las emisiones de contaminantes sin que se realice el programa de control de emisiones y sus efectos en la generación de carbono, el uso de combustibles y su incidencia en las enfermedades respiratorias. Esto se conoce como la situación o escenario sin proyecto.

El escenario sin proyecto se compara con el escenario con proyecto que reflejaría una menor generación de carbono, un menor uso de combustibles y una menor incidencia de enfermedades respiratorias. La diferencia entre ambos escenarios se presenta en unidades físicas, toneladas de carbono y de combustible ahorradas, o número de enfermedades respiratorias evitadas. Para que sean contabilizadas como beneficios, es necesario monetizar esas unidades. Así se utilizarían precios de la tonelada de carbono, de la tonelada de combustible y precios de las consultas por enfermedades respiratorias. En este trabajo únicamente se consideraron los beneficios del ahorro en menor emisión de carbono a la atmósfera y por el menor uso de combustible. Los beneficios en la menor incidencia de enfermedades no se monetizan pero sí se presenta la disminución física de los agentes contaminantes.

Los supuestos¹³ utilizados para realizar la evaluación del proyecto, se presentan en el cuadro A.2.1.

13. Los supuestos utilizados presentan las siguientes características: a) son muy conservadores; b) no cambian con el tiempo y c) no consideran el efecto de la tecnología que puede tener efectos en el ahorro de combustible. Se reconoce que no es adecuado utilizar supuestos que no cambian en el tiempo cuando por ejemplo según las proyecciones del crecimiento del parque vehicular, los problemas de congestión "ceteris paribus" modificarían la tasa de crecimiento del consumo de combustible. Además la tecnología puede modificar la tasa de crecimiento del consumo de combustible, así como los cambios en la eficiencia del combustible que hagan aumentar la relación kilómetros por galón y la eventual sustitución de combustibles.

Cuadro A.2.1. Supuestos aplicados y Factores de conversión utilizados en la evaluación del PIM

Supuesto aplicados		
1	Mejora en el consumo de diesel y gasolina del año 2001 al 2020	5%
2	Disminución de la contaminación	10%
3	Tasa de crecimiento del parque vehicular diesel	2%
4	Tasa de crecimiento del parque vehicular gasolina	8%
5	Proporción de uso del convertidor catalítico en 2000	20%
6	Incremento de uso del convertidor catalítico cada año	3,5%
7	Tasa de crecimiento consumo de diesel	9,6%
8	Tasa de crecimiento consumo de gasolina	9,9%
9	Precio en dólares de la tonelada de diesel	281
10	Precio en dólares de la tonelada de gasolina	503
11	Precio en dólares de la tonelada de carbono	10
Factores de conversión utilizados		
1	Conversión de galones a toneladas diesel	0,0033
2	Conversión de galones a toneladas gasolina	0,00284
3	Conversión del dióxido de carbono a carbono	3,67

Los supuestos 1 y 2 se constituyen el punto de partida para la evaluación del programa. Los supuestos 3 y 4 se toman del crecimiento histórico del parque vehicular.

Los supuestos 5 y 6 relacionados con el uso del convertidor catalítico parten de que en el 2000 la proporción de vehículos automotores que utilizan gasolina con convertidor catalítico es del 20% del total de vehículos automotores que utilizan gasolina y que esa participación aumenta aproximadamente en 3,5% cada año. Al aumentar esta participación y al crecer el parque vehicular que utiliza gasolina se tiene la certeza de que el número de vehículos automotores con convertidor catalítico se incrementa en el tiempo. En cambio el número de vehícu-

los automotores sin convertidor describe una trayectoria tipo parábola: se incrementa en el tiempo hasta alcanzar un máximo y luego comienza a disminuir; eventualmente será igual a cero cuando todos los vehículos automotores tengan convertidor catalítico. Según los supuestos definidos eso sería en el año 2023.

Los supuestos 7 y 8, relacionados con el crecimiento del consumo de combustible, se obtienen de la información anual de 1985 a 1999 (Ver cuadro A.2.2.).

Los supuestos 9 y 10, son relacionados con el precio de los combustibles son US\$0,9143 por galón de diesel y US\$1,429 para el galón de gasolina. En el supuesto 11 se considera un precio eventual de US\$10 la tonelada de carbono. Los últimos tres elementos del cuadro son factores de conversión establecidos.

Cuadro A.2.2. Tasas de crecimiento del consumo de combustible en el periodo 1985-1999

Combustible	Tasa de crecimiento promedio anual en porcentaje	Incremento promedio anual en toneladas
Diesel	9,6	21.850
Gasolina Super	8,2*	7.300*
Gasolina Regular	13,1	11.970
Gasolina	9,9	19.270

Fuente: Ministerio de Economía de El Salvador.

(* si sólo se considera el periodo 1991 a 1999 el incremento promedio es 17,061 toneladas anuales y el crecimiento promedio anual es del 21,7%

El análisis de sensibilidad:

Los supuestos críticos en esta evaluación son:

1. La disminución de la contaminación es resultado de un mejor mantenimiento de los vehículos automotores.
2. El uso de combustible en el tiempo y el ahorro por un mejor mantenimiento de los vehículos automotores.
3. El uso en el tiempo del convertidor catalítico.

Los supuestos 1 y 2 son endógenos al desarrollo del PIM; cuanto más exitoso sea el programa se tendrá menor contaminación y mayor ahorro de combustible. El supuesto 3 es exógeno y dependerá de la incorporación de vehículos automotores que tengan el convertidor con el paso del tiempo. Esos supuestos pueden estar interactuando. Por ejemplo, a mayor uso del convertidor catalítico se esperaría menor contaminación y por otro lado a mayor incorporación de vehículos automotores nuevos al parque vehicular que cumplan con los estándares ambientales se tendría simultáneamente el uso del convertidor, ahorro de combustible y menor contaminación.¹⁴

Los escenarios surgen de modificaciones de los 2 primeros supuestos y para resumir se utilizarán variaciones de los supuestos, en dos direcciones: una, en que las variaciones favorecen la realización del proyecto; y la otra, en que las variaciones desfavorecen la realización del proyecto.

Los cambios en los supuestos a favor del cumplimiento del objetivo del proyecto definen el "escenario favorable" y los cambios en contra del cumplimiento del objetivo del proyecto, definen el "escenario desfavorable". Esos cambios se comparan con los resultados ya obtenidos, que se denomina el escenario base.

El escenario favorable surge de los siguientes cambios:

- a. La disminución de la contaminación es del 20%.
- b. El ahorro de combustible es del 10% y se mantiene la tasa de crecimiento del uso de combustible.

El escenario desfavorable surge de los siguientes cambios:

14. Obviamente este proceso es muy lento en el tiempo, dado que la incorporación de autos nuevos "limpios" no llega a sustituir a los autos viejos "contaminantes".

- a. La contaminación disminuye en un 5%.
- b. El ahorro de combustible es del 2% y se mantiene la tasa de incremento del uso de combustible.

Hay que resaltar que los escenarios se refieren a lo que se espera del desarrollo del proyecto. Pueden suceder otras acciones que mejoren el uso de combustible y disminuyan la contaminación pero que no sean atribuibles al proyecto PIM. Por ejemplo, mejoras tecnológicas en el diseño de vehículos automotores, cambios en los precios relativos de vehículos automotores nuevos por viejos, cambios en el tipo de combustible, impuestos al uso de combustibles, obligaciones del uso de los catalizadores, programas de manejo prudentes, etc. Lo que debe quedar claro es que aún cuando pueden estar sucediendo otro tipo de acciones que afecten el ahorro de combustible y la contaminación, lo que se espera es que los resultados que se obtengan de los escenarios sean únicamente atribuibles al PIM y no a la interferencia de otro tipo de programa.

En la siguiente parte se presentan los resultados de cada uno de los escenarios.

Resultados de los escenarios:

Dada la forma en que se definen los escenarios, no ocurren variaciones de los costos, sino únicamente en los beneficios del programa. Así en el escenario favorable hay un aumento de los beneficios dado que el ahorro de combustible es mayor junto con el ahorro en CO₂. También se incrementa el ahorro de contaminantes, lo contrario ocurre en el escenario desfavorable.

Los cuadros A.2.3. y el A.2.4. resumen los beneficios netos del programa según los escenarios definidos. La información únicamente se presenta para los

Cuadro A.2.3. Beneficios netos del PIM si el precio de revisión es de 5 dólares (en miles de dólares)

Años	Escenarios		
	Desfavorable	Base	Favorable
2001	4.229	14.912	32.718
2005	6.491	22.015	47.888
2010	10.954	35.721	77.000
2015	18.301	57.818	123.679
2020	30.351	93.404	198.493

Fuente: Cuadro A.2.1 y A.2.2 con los nuevos supuestos definidos en el escenario

Cuadro A.2.4. Beneficios netos del PIM si el precio de revisión es de 15 dólares (en miles de dólares)

Años	Escenarios		
	Desfavorable	Base	Favorable
2001	-1.558	9.126	26.932
2005	-1.225	14.299	40.172
2010	-162	24.605	65.884
2015	2.213	41.730	107.591
2020	6.983	70.036	175.125

Fuente: Cuadro A.2.1 y A.2.2 con los nuevos supuestos definidos en el escenario

precios de revisión de 5 y 15 dólares.

En relación con el escenario base se mantiene la tendencia al aumento de los beneficios netos conforme transcurre el tiempo, esto sucede porque la tasa a la que crece el consumo de combustible supera a la tasa de crecimiento del parque vehicular¹⁵. Y se mantiene que a

mayor costo de revisión hay menores beneficios netos. Si el precio es de 15 dólares por la revisión, los beneficios netos son negativos en los primeros diez años del proyecto, según las condiciones del escenario desfavorable.

El otro beneficio del proyecto es la menor emisión de contaminantes. Los cuadros para cada escenario se presentan en los Cuadros A.2.5 y A.2.6.

15. La explicación se debe al mayor número de viajes realizados por auto; mayores recorridos en promedio y principalmente por el aumento de la congestión en el tránsito vehicular.

Los resultados claramente validan la menor contaminación esperada del escenario favorable.

Puesto que el PM10 es uno de los contaminantes que se asocia en mayor grado con las enfermedades respiratorias, se presenta el gráfico de la evolución del ahorro en emisiones de PM10 según los diferentes escenarios (Ver el gráfico A.2.1).

Cuadro A.2.5. Escenario favorable: Reducción en la emisión de cada contaminante (en miles de toneladas métricas)

Contaminante	Año				
	2001	2005	2010	2015	2020
CO	46,8	56,7	67,8	71,7	55,5
HC	6,7	8,3	10,4	12,1	12,1
NO _x	8,9	12,3	18,3	27,3	40,3
PM10	0,6	0,8	1,3	2,0	3,2
CO ₂	222,3	337,1	566,2	949,1	1.588,0

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A.2.6. Escenario desfavorable: Reducción en la emisión de cada contaminante (en miles de toneladas métricas)

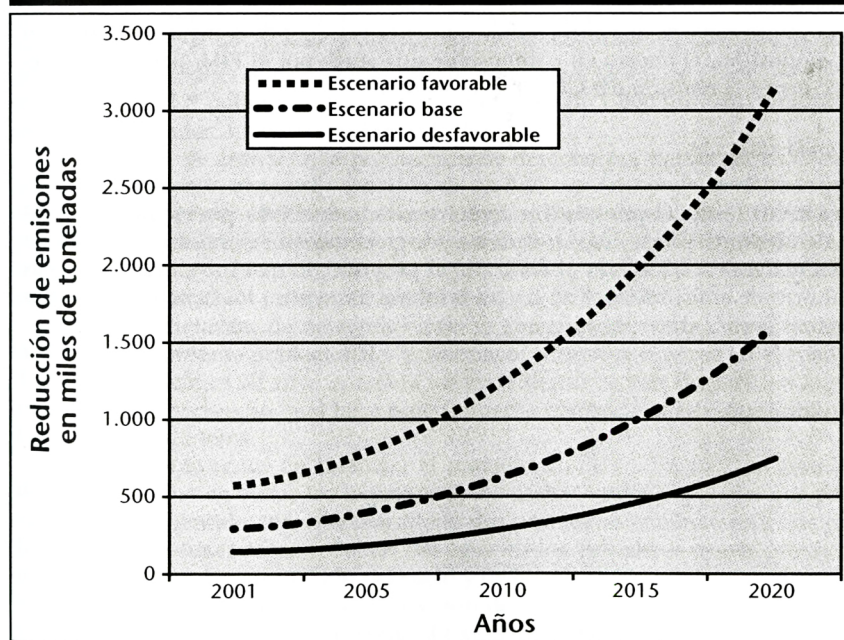
Contaminante	Año				
	2001	2005	2010	2015	2020
CO	10,9	13,2	15,8	16,7	13,0
HC	1,6	1,9	2,4	2,8	2,8
NO _x	2,1	2,9	4,3	6,4	9,4
PM10	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
CO ₂	42,9	65,5	111,0	187,4	315,8

Fuente: Elaboración propia

Utilizando de nuevo la elasticidad obtenida en Sánchez-Morel, en el escenario favorable, se concluye que las consultas por enfermedades respiratorias disminuirían cada año en un 10% y en el escenario desfavorable en un 2,7%.

Los cálculos mostrados en este anexo permitieron calcular los beneficios en dólares que se derivarían de la puesta en práctica del PIM, debido a los ahorros en combustible y a las reducciones en emisiones de carbono. Los cálculos se hicieron para los años 2001, 2005, 2010, 2015 y 2020.

Gráfico A.2.1. Reducción de emisiones de PM10 en diferentes escenarios (en miles de toneladas)



Observaciones sobre el uso del convertidor catalítico en el tiempo

Al incrementarse el uso del convertidor catalítico, aumenta la emisión de CO₂ y disminuye la de los otros contaminantes. Así que los cambios en el crecimiento del uso del convertidor catalítico alterarían los resultados obtenidos.

En esta parte se resume la dirección en que se afectan los resultados, haciendo referencia a dos situaciones: en la primera hay un aumento de la tasa de crecimiento del uso del convertidor catalítico manteniendo todos los demás supuestos constantes y en la otra, ocurre un aumento uno a uno en la tasa de crecimiento del convertidor catalítico y en la tasa de mejora del uso del combustible.

Primera situación:

Si aumenta el uso del convertidor catalítico manteniendo constantes los demás supuestos del escenario base, el monto producido de CO₂ aumenta, pero la diferencia entre el monto emitido sin la realización del proyecto y con el proyecto se incrementa lo que aumentar los beneficios, si ese ahorro en carbono es potencialmente comerciable. Al aumentar la participación de la gasolina en vehículos automotores con convertidor catalítico, aún cuando se incrementan las emisiones de CO₂, la diferencia entre el CO₂ emitido en la situación sin proyecto y la situación con proyecto se va incrementando en el tiempo, aumentando así el ahorro de carbono –obviamente el monto posible de ahorro finaliza cuando todos los vehículos automotores tengan convertidor catalítico.¹⁶ La situación contraria sucede con las emisiones de CO que disminuyen, al igual que el ahorro de CO debido a la realización del proyecto. Esta es una situación general para los demás contaminantes.

La situación anterior se puede generalizar de la siguiente forma: si todos los supuestos del escenario base permanecen inalterados, pero aumentamos el uso del convertidor catalítico – que como tal no es parte del proyecto PIM - la emisión de todos los contaminantes, excepto el CO₂, disminuye, por lo que la diferencia entre el monto emitido sin proyecto y con proyecto disminuirá también. Así también aumentarán los beneficios del proyecto por el lado de la salud, al haber menor contaminación y se incrementaría el beneficio potencial de venta de carbono.

El punto clave es que aún cuando aumenta el CO₂ por la mejor eficiencia en la combustión, el ahorro en combustible que surge por el PIM, permite una reducción en la emisión del CO₂ a la atmósfera.

Segunda situación:

Si aumentamos el uso del convertidor catalítico y a la vez incrementamos la eficiencia en el uso del combustible como resultado del PIM – por ejemplo aumentos de un punto porcentual en cada tasa de crecimiento - el monto de emisiones de CO₂ tiende a disminuir al realizarse el proyecto, lo que incrementa aún más el ahorro de emisiones de CO₂, y así también aumentan los beneficios del proyecto.

16. La gasolina utilizada en autos sin convertidor catalítico disminuye su participación relativa en el total consumido de gasolina, por lo que es menor la emisión de CO₂ en relación con el total de CO₂ generado y así la diferencia de CO₂ emitido por realizar o no el proyecto se va haciendo cada vez más pequeña, hasta eventualmente desaparecer.