



01178
2
29

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

EL SECTOR TRANSPORTE EN MÉXICO:
ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO
Y EMISIONES DE GASES INVERNADERO

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN INGENIERÍA
(ENERGÉTICA)

PRESENTA:

ELIZABETH MAR JUÁREZ

DIRECTORA: DR. CLAUDIA SHEINBAUM PARDO

México D.F., 1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría.

Agradezco a la Dra. Claudia Sheinbaum P. y al Dr. Luis Rodríguez V. por la asesoría y apoyo para la elaboración de este estudio.

Agradezco al Ing. Armando Maldonado S. y a Clemente Juárez S. por su colaboración en la recopilación y elaboración de este proyecto

*Dedico especialmente
este trabajo a mis padres,
Felipe Mar O. y Enriqueta Juárez L.
por todo el cariño que me han dado
y por seguirme apoyando
en todos mis proyectos.*

*A Néstor Luna G.,
por que ser alguien especial en mi vida.*

*A toda mi familia y a mis amigos,
por que se que siempre contaré con ustedes.*

INDICE GENERAL

Introducción.....	1
Capítulo 1. El Sector Transporte en México.....	3
A. Desarrollo y Medio Ambiente.....	3
B. El Sector Transporte y el Medio Ambiente.....	4
C. La participación del Sector Transporte en la Economía Nacional.....	5
D. Marco Jurídico.....	10
E. Conclusiones.....	16
Capítulo 2. Transporte y Gases Invernadero.....	18
A. Gases invernadero y cambio climático global.....	18
B. Emisión de gases invernadero en México.....	23
Capítulo 3. Estimación de la Actividad del Transporte	24
A. Introducción.....	24
B. Metodología.....	25
C. Análisis de los distintos indicadores de la actividad del sector.....	25
D. Conclusiones.....	40
Capítulo 4. Consumo de Energía del Sector Transporte en México.....	42
A. Introducción.....	42
B. Metodología.....	42
C. Perfil del consumo de energía en México.....	48
D. Intensidades Energéticas.....	53
E. Conclusiones.....	56
Capítulo 5. Emisiones de Gases Invernadero debidas al uso de la energía del sector transporte en México.....	68
A. Desarrollo de los combustibles en México.....	68
B. Metodología.....	73
C. Cálculo de emisiones de gases invernadero.....	74
D. Presentación de resultados.....	75
E. Conclusiones.....	85
Conclusiones Generales.....	88
Referencias Bibliográficas.....	92
Apéndice.....	98

INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo analizar el consumo de energía del transporte en México y su relación con la emisión de gases invernadero, utilizando la metodología de análisis energético conocida como "de abajo hacia arriba" ("bottom-up" approach).

Las razones para el estudio de este tema son básicamente dos. Por un lado, el transporte es el principal contribuyente al consumo final de energía en México y poco se ha estudiado poco desde el punto de vista de la demanda en este sector. Por otro, este sector es también el principal responsable de las emisiones de gases invernadero (GI), producidas por nuestro país. Cabe señalar que dentro del estudio de los gases de invernadero, se obtiene un beneficio adicional, ya que se estiman las emisiones de bióxido de carbono (CO_2), óxido nítrico (N_2O) y metano (CH_4) considerados como gases invernadero que contribuyen directamente al cambio climático global (CCG), así como las de óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO), que al ser promotores de la formación de ozono troposférico, contribuyen indirectamente al CCG.

A pesar de que el transporte es responsable de cerca del 40% del consumo de energía final en México y de que ha sido uno de los sectores de mayor crecimiento energético en la última década, es uno de los menos estudiados. La mayor parte de los análisis del sector, se han concentrado en el impacto en el medio ambiente ocasionado por el transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Sin embargo, la orientación de dichos estudios ha sido encaminada a analizar la oferta de energía (tipo de gasolinas, por ejemplo) en mayor grado que al conocimiento de los cambios y perspectivas de la demanda.

Un estudio basado en la metodología "de abajo hacia arriba" tiene como objetivo conocer el consumo de energía desde las necesidades originales de la misma. En última instancia, la pregunta que debería poder ser contestada es, qué tan eficientemente se está cumpliendo con el movimiento de pasajeros o carga en el país y cómo podría ser mejorado.

A diferencia de los análisis desde el punto de vista de la oferta ("de arriba hacia abajo"), los estudios desde el punto de vista de la demanda ("de abajo hacia arriba") requieren de una cantidad intensiva de información. En el caso del transporte esto significa tener una serie de tiempo, para todos los tipos, modos y clases, de la composición de la flota vehicular, su rendimiento energético promedio, el movimiento de pasajeros o carga, los kilómetros recorridos, la fuente energética que utilizan, etc. Esta información permitiría evaluar el cambio en las intensidades energéticas, en la

estructura y en la actividad del sector, con el fin de visualizar la evolución del consumo de energía del mismo y de esta forma establecer cuáles han sido las tendencias y cuáles son las perspectivas de eficientar el consumo de energía, buscando cubrir el mayor número de necesidades posibles.

Desafortunadamente en México existen pocos datos para poder realizar un estudio detallado del consumo de energía del sector desde el punto de vista de la demanda, los registros con que se cuenta en el país, de manera oficial, sólo cubren una parte de este. Para la desagregación por modos y fuente energética en el sector transporte, de 1986 a 1994 se obtuvo directamente de los balances energéticos elaborados por la Secretaría de Energía (SEMIP 1986 a 1993, SE 1994).

Estos balances no proporcionan información de forma específica, para la desagregación por clases y actividades¹; para ello es necesario información como consumo de energía empleada para el transporte de mercancías y para el de personas, rendimiento, capacidad real y aprovechada, parque vehicular, factor de ocupación, rendimientos, kilómetro promedio, entre otros datos específicos dependiendo del modo de transporte que se este estudiando.

Los datos empleados, se obtuvieron de diferentes publicaciones oficiales como: VI Informe de Gobierno, Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), etc. Entre otras fuentes se consultaron diversas publicaciones científicas y de difusión.

La integración del trabajo permite visualizarlo desde dos puntos. La primera parte se integra por los capítulos 1, 2 y 3. El primero se refiere a la importancia del Sector Transporte en el ámbito nacional y específicamente en la economía del país. En el capítulo 2 se explica lo que es el cambio climático global y los gases que conforman este efecto llamado de invernadero. Posteriormente, en el capítulo 3 se analiza la actividad del sector en el transporte de personas y mercancías desagregado por modo y clase, para conocer el impacto de cada uno dentro del sector mismo.

La segunda parte se encuentra conformada por los capítulo 4 y 5, el primero de ellos es el análisis exhaustivo de la conformación de la oferta y demanda del Sector Transporte, por modo y fuente. A partir de los datos obtenidos en este capítulo, se desarrolla el capítulo 5 haciendo en primera instancia una reseña de la evolución de la calidad de los combustibles en México, para finalmente calcular las emisiones por tipo de gas, por modo y por clase del sector.

¹ En el capítulo 4 se explican estos términos.

CAPITULO 1

EL SECTOR TRANSPORTE EN MÉXICO

A. Desarrollo y Medio Ambiente

El equilibrio entre la protección al ambiente y el desarrollo del sector transporte, elementos indispensables para el crecimiento económico y el aumento del nivel de vida, es requisito esencial para alcanzar el desarrollo sustentable.

El desarrollo económico es base esencial para el fortalecimiento de una nación, por lo tanto, es un objetivo legítimo y deseable de cualquier gobierno. Sin embargo, un desarrollo económico que no tome en cuenta al ambiente no se podrá sostener indefinidamente. Es por esto que el crecimiento económico se debe regular a través de mecanismos que promuevan una relación armónica con el ambiente.

En forma esquemática puede decirse que existen dos corrientes de pensamiento que identifican una relación entre ambiente y desarrollo económico. En la primera, se sostiene que las limitaciones impuestas por el ambiente frenarán el desarrollo económico; en la segunda, se argumenta que el desarrollo económico es compatible con la atención al ambiente.

La visión oficial de las autoridades ambientales en México corresponde a la segunda, ya que considera que el reto consiste en hacer compatibles las políticas públicas encaminadas a la promoción de un desarrollo económico y aquellas dirigidas tanto al control de la contaminación como al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales².

El presente capítulo describe brevemente, la relación entre transporte y medio ambiente, después demuestra la importancia del sector transporte en la economía nacional y finalmente, trata el aspecto legal-ambiental bajo el cual el sector rige su desarrollo, con el fin de mantener un equilibrio ecológico. En el último caso, el marco de referencia es la normatividad ambiental con respecto a la emisión de gases contaminantes.

²Alanís, Gustavo. 1995.

B. El sector transporte y el medio ambiente

El transporte se define como el proceso de traslado de personas y objetos de un lugar a otro a través del espacio (físico)³. Es un factor de vinculación espacial, que enlaza procesos económicos y sociales fundamentales, favorece la integración regional, el desarrollo industrial, la cohesión social, entre otros muchos propósitos de la actividad humana. Por tales razones, el transporte constituye una de las más importantes bases de la economía en las sociedades actuales.

Por su naturaleza, el transporte se relaciona con todos los sectores de la economía. Por medio de éste, se movilizan los insumos y materias primas necesarios para la producción de bienes, así como su traslado a los centros de consumo. A su vez, el sector transporte actúa como un importante demandante de los productos y servicios de diversas ramas económicas.

El desarrollo del transporte favorece la transformación de las relaciones sociales, en la medida en que incorpora productos y experiencias distintas en aquellas localidades que se enlazan por primera vez a una red de comunicación. Asimismo, influye en la ubicación de poblaciones, en sus actividades y medios de vida, en la conformación de espacios urbanos y modificación de los usos del suelo, y en las formas de comunicación e identificación social.

El transporte se constituye de esta manera, en un factor relevante en el encadenamiento de las actividades involucradas en el desarrollo económico, político y social de un país. Sin embargo, en la medida en que se incorpora a esta dinámica, tiene importantes repercusiones en la relación entre el hombre y su medio ambiente.

Los efectos negativos de las actividades del transporte incluyen la contaminación del aire, el ruido, el deterioro del paisaje natural, la pérdida de terreno y otros recursos naturales, así como en el cambio climático global. Aunado a ello, tiene importantes efectos indirectos y de largo plazo en la medida en que modifica la relación entre el hombre y su medio, los cuales repercuten paulatinamente sobre el sistema biótico.

El transporte modifica las condiciones del ambiente como consecuencia de:

1. La construcción de vías de comunicación.
2. El funcionamiento de los medios de transporte.
3. El consumo de energía.

³ Islas, Víctor. 1992.

La primera tiene un impacto directo e inmediato sobre el relieve geográfico, los suelos, el aire, el agua y los elementos bióticos. La segunda tiene un efecto indirecto y de largo plazo al modificar prácticas sociales y económicas tradicionales.

El tercer inciso es especialmente importante ya que este sector representa el principal consumidor de combustibles del país, por lo tanto, es una de las principales fuentes de contaminación y de emisión de gases invernadero⁴ debidas a la combustión. Por ello, es necesario evaluar sus efectos directos e indirectos en el medio ambiente, sin perder de vista, la contribución del sector a la economía nacional.

C. Participación del Sector Transporte en la Economía Nacional

C.1. Aspectos Macroeconómicos

En México, el Producto Interno Bruto (PIB) en 1994 registró un valor de 5,609.8 millones de nuevos pesos⁵, de los cuales, 345.8 millones de nuevos pesos provinieron del sector transporte. Teniendo como referencia un marco de diez años, el sector transporte ha participado de manera constante, con poco más del 5% en el PIB nacional, mostrando que el sector es muy sensible a cambios en la actividad económica. A diferencia de México, en los países desarrollados (Estados Unidos, Japón, Alemania, etc.), el sector transporte tiene una participación de entre el 10 y el 15%⁶ del PIB.

La causa de que la contribución del transporte al PIB sea tan baja en México en comparación con otros países más industrializados, es sobretodo, por la falta de infraestructura y por tanto de recursos presupuestales para este rubro.

En el sexenio 1988-1994, el gobierno mexicano reconoció que el sector transporte era un cuello de botella para la globalización e incorporación de México a los mercados externos debido a su falta de infraestructura para el comercio exterior. Esta fue la justificación para abrir a la inversión privada obras de infraestructura de transporte. Durante los últimos cuatro años del periodo, la inversión privada realizó obras carreteras, remodelación y construcción de terminales aeroportuarias, remodelación y administración de terminales portuarias marítimas. Sin embargo, estos elementos que deberían haber apoyado el crecimiento del transporte estuvieron matizados por problemas en la economía⁷.

⁴ Masera, O. 1992.

⁵ Informe de Gobierno. 1994.

⁶ Banco Mundial. 1986.

⁷ Informe de Gobierno. 1994.

C.1.1 Desarrollo histórico del PIB de la rama transporte, por grupo de actividad.

El sector transporte se encuentra conformado por diferentes modos, los cuales se agrupan en marítimo, aéreo, ferroviario, automotor (integrado a su vez por clases, como son automóviles, autobuses y camiones de carga) y el de servicios conexos. Por actividad se entiende a la actividad de transportar mercancías o personas.

Analizando por modos de transporte, se puede observar como el grupo automotor de carga ha mantenido una participación de más del 44% del total del PIB del sector transporte, mientras que el grupo automotor de pasajeros ha tenido cerca del 32%. Aunque el transporte marítimo ha duplicado su participación en los últimos años debido a la apertura comercial, su participación en el conjunto ha sido casi siempre al 4%. El porcentaje de los sectores ferroviario y aéreo también es bajo, pero a diferencia del marítimo su participación ha bajado considerablemente, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1
Evolución del PIB en el Sector Transporte, por grupo de actividad
(en miles de millones de pesos de 1980)

Modo	1981	1984	1987	1990	1994*
1. Grupo automotor de carga	138	119	115	127	134
2. Grupo automotor de pasajeros (1)	90	90	96	104	105
3. Grupo serv. conexos(2)	21	19	21	27	39
4. Grupo marítimo	5	7	10	11	11
5. Grupo ferroviario (3)	11	13	9	8	7
6. Grupo aéreo	13	10	10	8	8
Total	280	260	260	285	305

Notas:

*. Cifras preliminares

(1) Comprende autobuses y taxis

(2) Comprende almacenes de depósito, alquiler de automóviles, agencias de turismo y viajes, almacenaje y refrigeración, estacionamiento y pensiones para automóviles, servicios de grúas y básculas, además de otros servicios como la Administración de Caminos y Puentes Federales, de Aeropuertos y Servicios Auxiliares, etc.

(3) Comprende ferrocarriles, tranvías, trolebús y metro

Fuente: Manual Estadístico del Sector Transporte, 1992

Sistema de Cuentas Nacionales, INEGI

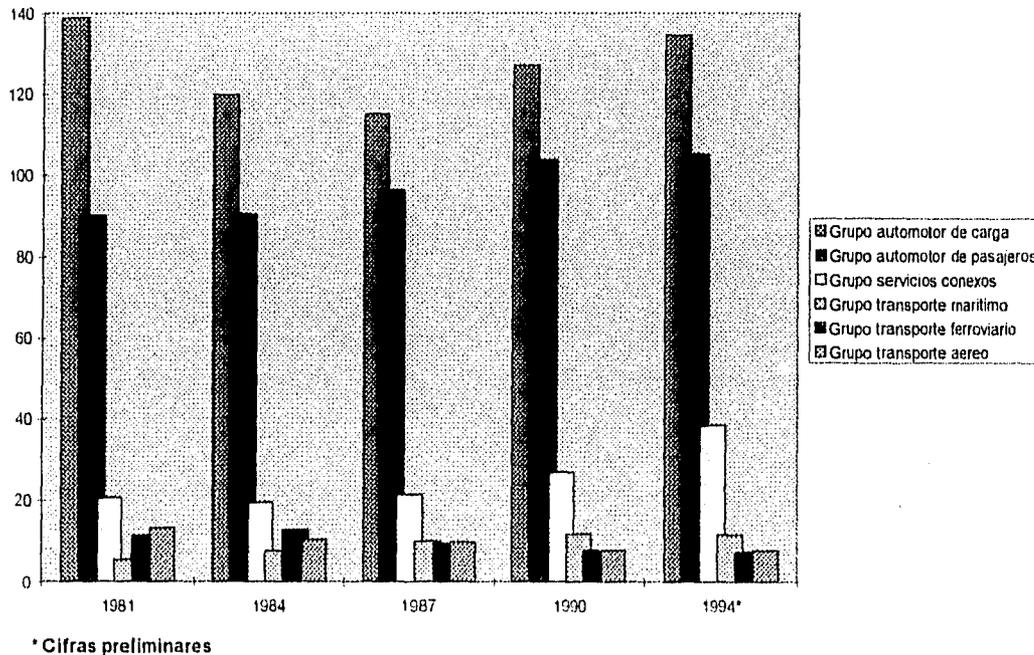
Como se observa en la tabla 1, el grupo automotor de carga y el automotor de pasajeros han tenido la mayor participación en la generación del PIB del sector. Entre 1981 y 1994 han contribuido con un 79%. La posición de los tres primeros

grupos ha sido constante a lo largo del periodo de 1981-1994, mientras el grupo de transporte aéreo ha tenido un comportamiento errático y un continuo intercambio de posición, con respecto a los otros dos grupos.

Los grupos de servicios conexos y automotor de carga habían bajado sus respectivos PIB hasta 1987, a partir de este años se han recuperado. Por su parte, el grupo automotor de pasajeros había manifestado una tendencia creciente hasta 1991, donde su ritmo de crecimiento se ha moderado.

El grupo ferroviario ha tenido que enfrentar dificultades, por ejemplo, había acumulado pérdidas de 1981-1988 y, aunque registró un incremento en 1992 cercano al 18%, su aportación al PIB del Transporte todavía no es suficiente para igualar el nivel que tenía en la década pasada. De la misma manera, el transporte aéreo no ha registrado incrementos importantes desde 1987 y, a pesar de que en 1991 logró frenar su tendencia a la baja, durante el lapso analizado ha disminuido 20%. Finalmente, el grupo de transporte marítimo ha tenido un crecimiento hasta 1990, a partir de este año se estancó, por lo que sólo ha contribuido con un promedio del 4% al PIB del sector.

Fig. 1
PIB del Sector Transporte, desagregación por grupos
(millones de nuevos pesos a precios de 1980)



Fuente: Elaboración propia con datos del IMT e INEGI

C.1.2. Personal ocupado por actividad económica

Otro de los indicadores importantes del desempeño de la economía es la cantidad de empleos generados por las diversas actividades productivas. Durante 1993, se crearon alrededor de 23.25 millones de ocupaciones remuneradas en promedio anual⁸, que equivalen a un incremento del 7.4%, respecto a 1986.

La rama transporte participó con más de un millón del total de puestos de trabajo y ocupó el séptimo lugar dentro de las 73 ramas económicas del país. Las actividades que generaron mayor cantidad de empleos que la rama transporte fueron: agricultura, comercio, construcción, otros servicios sociales y personales, servicios de educación, administración pública y defensa.

La rama transporte, tradicionalmente se ha mantenido en el séptimo lugar nacional y su participación ha sido cercana al 4% en cada año. En 1992, alcanzó el valor más alto del periodo 81-93, generando 1.1 millones de ocupaciones remuneradas como promedio anual.

En el periodo 81-93 la tasa de crecimiento del personal ocupado en el conjunto de actividades económicas del país fue del 0.7% promedio anual, mientras que la tasa de crecimiento de la rama transporte fue del 1.3%. De las ramas mostradas en la tabla siguiente, las que presentaron mayor crecimiento fueron servicios médicos, servicios de educación y restaurantes y hoteles. Por el contrario, las actividades menos dinámicas fueron textiles, vestidos y cuero, otros servicios sociales y personales y, productos metálicos, maquinaria y equipo.

Una estimación de la productividad, según el Banco de México, en las distintas actividades económicas se obtiene relacionando la producción con respecto a la cantidad de empleos generados. En este sentido, el índice de productividad de la rama transporte en 1993 fue de aproximadamente 270 mil pesos de PIB del sector transporte por puesto remunerado, ocupando la cuarta posición entre las actividades mostradas en la tabla. El promedio nacional de productividad este año fue cercano a los 242 mil pesos de PIB por puesto remunerado.

Durante 1993, las actividades con mayores índices de productividad, además del transporte, fueron productos metálicos, maquinaria y equipo; alimentos; bebidas y tabaco; y comercio. Las dos primeras tuvieron incrementos de productividad en el periodo 81-93, al contrario de la rama transporte, que en el mismo periodo disminuyó en un 6%, pasando de 316 mil pesos de PIB a 270 por puesto remunerado.

⁸ Instituto Nacional de Estadística Geográfica y Economía (INEGI), 1995.

Tabla 2
Personal ocupado por actividad Económica
(en miles de ocupaciones remuneradas, promedio anual)

Principales Actividades Económicas (1)	1981	1985	1990	1993
1. Agricultura	5829	6096	5732	5920
2. Comercio	3129	3147	2817	3469
3. Construcción	2252	1955	2411	2709
4. Otros serv. sociales y personales(2)	2812	2550	2167	2733
5. Servicios de educación	1675	2024	2167	2733
6. Transporte	888	1072	1030	1128
7. Alimentos, bebidas y tabaco	882	925	960	1020
8. Servicios médicos	624	658	673	699
9. Restaurantes y hoteles	498	551	633	727
10. Prod. metálicos, maq. y equipo	495	481	573	636
11. Textiles, vestidos y cuero	582	534	519	511
Total Principales Actividades Económicas (38 ramas económicas)	18817	19045	19449	19684
Restantes 35 ramas económicas	2732	2911	3087	3567
Total 73 ramas económicas	21549	21483	22536	23251

Notas : (1) Se refiere a ramas económicas, salvo en los rubros 8, 11 y 12, que corresponden a las principales Divisiones de la Industria Manufacturera e incluyen 13, 11 y 5 ramas económicas, respectivamente.

(2) Comprende servicios de alquiler, de reparación, de aseo y limpieza, de seguridad y vigilancia, así como servicios domésticos.

Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México, INEGI (varios años)
Manual Estadístico del Sector Transporte 1992, IMT.

C.1.2.1 Personal ocupado en la rama transporte, por grupo de actividad

De los datos anteriores se observa que la rama transporte ha sido una de las diez principales actividades generadoras de empleo del país y que en los últimos

años se ha caracterizado por tener un índice de productividad superior al promedio nacional.

La rama transporte se divide por grupos, de los cuales, los que contribuyeron con la mayor cantidad de empleos han sido el automotor de pasajeros y el automotor de carga, que en conjunto participaron con prácticamente el 80% del total. En menor proporción participaron los grupos de servicios conexos, transporte marítimo, ferroviario y aéreo. En 1986, el cambio más importante en la posición de estos grupos, fue la disminución del empleo en el grupo ferroviario, lo que provocó que descendiera al quinto lugar con respecto a los otros.

En 1993, la cantidad de ocupaciones remuneradas en la rama transporte, disminuyó 8% como resultado de una baja generalizada en la mayoría de los grupos que la integran. Los grupos con mayor descenso fueron transporte aéreo, ferroviario y automotor de pasajeros.

Los resultados durante el periodo de 86-93 indican que el empleo remunerado de la rama transporte aumentó a razón del 1.6% promedio anual, con situaciones distintas en los diferentes grupos que la integran. Los grupos que encabezaron el incremento fueron transporte marítimo, automotor de pasajeros y servicios conexos, mientras que los grupos que han ido a la baja son transporte aéreo, ferroviario y automotor de carga.

El indicador de productividad, antes mencionado, señala que los grupos automotor de carga, transporte aéreo y servicios conexos tuvieron como límite superior al de la misma rama transporte. Las dos primeras disminuyeron su planta de personal en 1993. En cambio, los grupos ferroviario y automotor de pasajeros, que también disminuyeron su cantidad de empleados, sufrieron bajas de productividad. Por último, el grupo de transporte marítimo, mantuvo prácticamente su planta de personal y registró un aumento considerable en su índice de productividad.

D. Marco Jurídico

Los antecedentes en legislación acerca de la conservación ambiental en México existen desde la Constitución de 1917 que estableció que el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación debe hacerse cuidando su conservación; esta visión se refería principalmente a la propiedad y aprovechamiento de la flora y fauna silvestres. Sin embargo no fue sino hasta 1971 que se reconoció la importancia que reviste el medio ambiente. A partir de este momento se ha hecho una concientización profunda acerca de los problemas del medio ambiente.

Esta concientización ha llevado a que en la actualidad, en la Constitución, se incluyan estos argumentos dentro de varios artículos destacando el 25, que introduce la protección del ambiente en el principio de desarrollo económico nacional como una condición de la actividad industrial, y el artículo 27, donde se incluye el principio de restauración del equilibrio ecológico. Además de incluir preceptos con carácter ambiental dentro de la Constitución, se han publicado tres legislaciones para habilitar al gobierno a tomar una parte activa dentro de la problemática ambiental.

D.1 Ley General para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental de 1971.

La Ley General para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental es promulgada en 1971 y contiene 34 artículos en donde se establecen las bases para: regular la determinación de fuentes contaminantes, la fijación de las normas técnicas por observarse para evitar o controlar la contaminación y las sanciones para los infractores. Cabe mencionar que los propósitos fundamentales contenidos en esta Ley eran descentralizar la industria, regular el transporte y la composición de combustibles, desarrollar programas informativos y educativos y fomentar la acción popular de denuncia. La principal dependencia gubernamental encargada de aplicar esta Ley fue la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), donde a partir de 1972 dio origen a la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente⁹.

Durante el sexenio de Echeverría, se publicaron diversos ordenamientos, de los cuáles destaca para este estudio, el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por la emisión de humos y polvos, después reformado para facultar a la SSA la posibilidad de comprobar el estado de los motores en toda clase de vehículos de gasolina o diesel sancionando a los infractores de las normas técnicas expedidas, las cuales habían sido publicadas por la Secretaría de Industria y Comercio. Sin embargo, para fines prácticos, aún cuando la acción gubernamental fue extensa nunca trascendió del Diario Oficial o de las juntas burocráticas.

D.2 Ley Federal de Protección al Ambiente de 1982

Los esfuerzos por regular adecuadamente la protección al ambiente continuaron cuando, en 1982, fue promulgada la Ley Federal de Protección al Ambiente. En esta nueva Ley se incluyó el concepto de "protección", entendido como el mejoramiento, conservación y restauración del ambiente, pero sólo se enfocó a la prevención y control de la contaminación.

⁹ Alanís, Gustavo. 1995.

El sistema para llevarlo a cabo fue igual que en la Ley anterior: determinación de fuentes contaminantes, fijación de las normas y procedimientos técnicos por observarse para evitar o controlar la contaminación y la sanción a los infractores. Los propósitos tampoco se modificaron: descentralizar la industria, regular el transporte y la composición de los combustibles, desarrollar programas informativos y educativos, y fomentar la acción popular de denuncia ¹⁰.

Inicialmente, la principal dependencia gubernamental responsable de la aplicación de ésta volvió a ser la SSA, pero a partir del 10 de enero de 1983 se creó la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, para responsabilizarse de la eficacia de esta Ley. También para esta Ley se publicaron varios ordenamientos como lo fue el que estableció un rendimiento mínimo para automóviles¹¹, llamado oficialmente Promedio de Rendimiento Mínimo de Combustibles por Empresa, de especial importancia para conocer los rendimientos del sector de automóviles¹².

D.2.1 Decreto para mejorar la eficiencia de combustibles.

En este punto, se explicará con mayor detalle el decreto que estableció rendimientos mínimos de combustible para automóviles denominado "promedio de rendimiento mínimo de combustible por empresa" o PREMCE¹³. Este fue publicado el 21 de diciembre de 1981 en el Diario Oficial de la Federación y le daba seguimiento a las acciones que debían implementarse después de la publicación del Programa de Energía de ese sexenio, el cual proponía el uso racional de los combustibles (nótese que no se estableció con fines ambientales).

El decreto era novedoso para México, pero en EUA los esfuerzos para regular la eficiencia mínima de automotores habían empezado desde principios de los 70's¹⁴ como medida para minimizar los efectos de la primera crisis energética mundial. Aún cuando, el decreto estipulaba que las pruebas a los automóviles debían de realizarse a 2000 (+/-200) metros de altitud, el decreto no puntualizó la necesidad de que, eventualmente, los motores fueran diseñados para operar bajo tales condiciones, cuestión imprescindible para varias ciudades de México.

Además de establecer los PREMCE a alcanzar de forma bianual¹⁵ y hasta finales de 1990, también estableció un "rendimiento combinado de combustible"

¹⁰ Vargas, R. y Bauer M. 1995.

¹¹ Alvarez Garibay, J. 1995.

¹² Diario Oficial de la Federación, 21 de diciembre de 1981.

¹³ $PREMCE = \frac{\sum[VPM(RC)]}{VTE}$, donde VPM es el volumen proyectado de venta de cada modelo, RC es el

rendimiento combinado de combustible, VTE es el volumen total proyectado de venta de automóviles por la empresa y la sumatoria se realiza para todos los modelos.

¹⁴ Socolow, R.H. 1977.

¹⁵ Para mayor información, consultar Anexo

(RC). Este era un promedio ponderado entre la operación entre ciudad (55%) y carretera (45%). La meta del RC era de 11.0 kilómetros por litro y en aras de alcanzarlo se permitió la importación de cierta cantidad de motores y partes, con los cuales se aumentaría la eficiencia.

El decreto prohibió, a partir de noviembre de 1984, la fabricación de automóviles de ocho cilindros para el mercado nacional. Con respecto a los camiones, tractocamiones y autobuses sólo se limitó a señalar que los fabricantes deberían incorporar innovaciones que elevaran el rendimiento de combustibles. También se especificó que las empresas debían presentar un valor de PREMCE ante la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (ahora Secofi), éste tenía que ser aprobado antes de permitir en forma definitiva la fabricación de automóviles al público .

Este decreto fue válido sólo hasta los modelos de 1990, datos reportados para estos modelos demuestran que todas las empresas cumplieron con la meta oficial¹⁶. Las empresas todavía reportan datos de PREMCE a Secofi y aunque a partir de 1993 volvieron a venderse automóviles que tenían motores de 8 cilindros, los rendimientos ponderados por empresa oscilan entre 12 y 17¹⁷ km./l.

D.3 Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de 1988.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEE) expedida el 22 de diciembre de 1987 sigue los lineamientos de las dos Leyes anteriores: determinación de fuentes de contaminación, de normas técnicas para evitarla o controlarla y sanciones para los infractores. El cambio principal radica en la incorporación de un nuevo objetivo a alcanzar: el equilibrio ecológico, aún sobre el combate a la contaminación. De forma que se atiendan las causas, además de los efectos, las actividades esenciales son preservar, mejorar, conservar y restaurar el medio ambiente.

La SEDUE era el organismo principal encargado de la aplicación de esta Ley, sin embargo, el 25 de mayo de 1992, la SEDUE desapareció, para dar lugar a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) encargada ahora de la aplicación, a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). El 4 de junio de 1992, esta Secretaría crea un organismo desconcentrado, el Instituto Nacional de Ecología (INE), que tiene como objetivos establecer políticas nacionales ecológicas, la formulación de normas en materia ambiental, dictámenes sobre impacto y riesgo ambiental, entre las más importantes.

¹⁶ Secofi, 1990.

¹⁷ Secofi, 1995.

La LGEE es la que sigue vigente hasta el momento, ésta es completa y en algunos aspectos, inclusive de las más estrictas del mundo¹⁸. La situación es que las medidas que se han aplicado son del tipo represivo y disuasivo. Los organismos encargados de su aplicación no han podido crear suficiente conciencia, de tal modo que se pudieran desarrollar medidas de tipo preventivo o debidas a acuerdos y concertación de voluntades.

El problema tiene dos dimensiones: la Ley supone que nadie debe contaminar ni deteriorar el ambiente más allá de los parámetros admisibles fijados y que a quien se le descubra en infracción debe concedérsele un plazo para corregirse, imponiéndose las sanciones correspondientes de no hacerlo. En el primer caso, el problema se presenta cuando la norma es inexistente o fuera de la realidad, lo que motiva el incumplimiento y la consecuente sanción. En el segundo caso, es evidente que el tiempo para cumplir el plazo tendrá que ser suficiente para elegir, comprar e instalar los dispositivos pertinentes, tal situación resta alicientes a cumplir espontáneamente. Esto, sin tomar en cuenta la ineffectividad e ineficacia del aparato burocrático para realizar las labores de inspección y vigilancia necesarios, sin mencionar los problemas de corrupción¹⁹.

D.4 Situación Actual de la Reglamentación con respecto al Transporte.

La regulación jurídica del transporte reviste una gran importancia para la protección y restauración del equilibrio ecológico. A continuación se presenta una lista de las acciones gubernamentales de mayor relevancia en el marco jurídico con respecto al ambiente y el sector transporte.

En 1989, se realiza un inventario de emisiones en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México donde se determina que el 95% del CO, 22% del SO₂, 35% de la PST y más del 65% de los precursores del ozono provienen del uso de vehículos automotores. En noviembre del mismo año, se vuelve obligatorio el "Programa Hoy No Circula" por la necesidad de proteger la salud de los habitantes durante la época invernal. En marzo de 1990, las autoridades deciden mantener el programa durante todo el año y lo señalan como la primera de las acciones del "Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica". Durante 1990 se ahorran 402 mil litros diarios de gasolina.

Para 1990 se establece el Programa Nacional de Verificación Obligatoria de Emisiones Contaminantes de los Vehículos de Autotransporte y Carga que circulan por caminos de jurisdicción federal. Estableciéndose una verificación

¹⁸ Esto lo reconoció en 1991 el administrador de la EPA.

¹⁹ El financiero, 25 de abril de 1995.

bianual. De igual forma, se crea el Programa de Detención de Vehículos Ostensiblemente Contaminantes, en el cual se establece puntos de detención en casetas centrales, terminales, etc.

- Se establece el Programa de Renovación del Parque Vehicular de Autotransporte de Pasajeros, Turismo y Carga, el cual fue diseñado en su primera fase para adquirir 4200 tractocamiones y posteriormente se amplió con otras 8720 unidades. Por lo que respecta al autotransporte de pasajeros, durante el periodo 1989-1993 se adquirieron 13 mil autobuses y 600 vehículos de importación.
- Instrumentación permanente de un programa de elaboración de normas oficiales mexicanas (NOM) de partes y componentes que demanda el autotransporte las cuales aseguren que los servicios se prestan con la calidad y el confort requerido por el público usuario y que incorporen tecnología de punta en materia de contaminación ambiental.
- El Gobierno mexicano adopta el Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por Buques (MARPOL 73-78), el 23 de abril de 1992 y entra en vigor el 24 de julio de 1992, expidiéndose más de 150 certificados internacionales de prevención de la contaminación por hidrocarburos a las embarcaciones mexicanas.
- Ferrocarriles Nacionales crea en 1993 el Comité de Protección al Ambiente con el fin de atender las nuevas disposiciones normativas, en coordinación con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, 19 auditorías ambientales en talleres y zonas de abasto más una especial de subsuelo en Guadalajara. Paralelamente, se inicia la estructuración de "paquetes ecológicos" (conjunto de medidas y acciones a realizar) para solucionar problemas específicos de contaminación. Además se elabora un nuevo Código de Conducta Ecológica que permita el adecuado control de las fuentes de contaminación y contribuya a incrementar la consciencia sobre la importancia de evitarla. Se introduce el uso de combustible diesel desulfurado en la operación ferroviaria.
- En enero de 1994 se publica la NOM emergente sobre características y especificaciones técnicas y de seguridad para vehículos automotores de más de nueve personas con recorridos de ascenso y descenso frecuente de pasajeros en zonas urbanas y suburbanas. Con esta norma se pretende coadyuvar al uso de unidades de mayor capacidad a fin de reducir el consumo de combustibles y en consecuencia la emisión de contaminantes. En el mismo año, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) autoriza el funcionamiento de 372 Centros de Verificación de Emisiones Contaminantes en el país.
- Con el fin de darles mantenimiento preventivo y evitar la emisión de contaminantes por el desgaste prematuro y mal uso de los motores, se crean los

Centros de Inspección y Control Técnico para la inspección de unidades de autotransporte.

En febrero de 1994 se expide el nuevo reglamento sobre el peso y dimensiones que deben cumplir los vehículos de autotransporte. Con esto se pretende tener una flota vehicular más moderna que permita que los autotransportistas sean más eficientes y productivos y, sobre todo, reducir los índices de contaminación, al sustituir los vehículos viejos por nuevos.

En el bienio 93-94, con la firma de tratados comerciales, el sector transporte adquirió una importancia estratégica para el desarrollo económico de México y obliga a intensificar la política de expansión y modernización del sistema de transporte. El análisis del impacto de las actividades del sector transporte sobre el ambiente considera como variable importante el grado de utilización de recursos energéticos.

Durante 1996 se analizarán y pondrán en práctica aproximadamente 35 nuevas normas para la protección del ambiente, entre las que se incluyen la revisión de las normas para emisiones de contaminantes por vehículo automotor²⁰.

La presentación de las normas anteriores, por ahora en proceso de estudio y aprobación, se hizo durante la decimosexta reunión del Comité Nacional de Normalización para la Protección Ambiental. El director de Gestión en Información Ambiental del Instituto Nacional de Ecología, indicó que se pretende incluir como norma la revisión vehicular desde su construcción en la planta automotriz, y está pendiente la normatividad que a mitad del año sustituirá al Doble Hoy No Circula.

E. Conclusiones

Los datos analizados permiten concluir que el sector transporte es sumamente importante para la economía nacional. El carácter estratégico de este sector ha cobrado mayor relevancia debido a la globalización, un desarrollo correcto del mismo es imprescindible para elevar el nivel de vida de los mexicanos²¹. Sin embargo, es necesario regular su crecimiento integrando adecuadamente las consideraciones legales-ambientales para alcanzar un desarrollo sustentable.

Desafortunadamente, la legislación por sí sola no es suficiente para modificar las externalidades negativas sobre el ambiente. Se requieren otros factores como

²⁰ Periódico Reforma. 10 de marzo de 1996.

²¹ Reyes Luján, S. 1994.

serían: voluntad política del gobierno, voluntad de la sociedad civil, educación, conciencia e interés por el bienestar comunitario, entre los más importantes.

Los esfuerzos por controlar la contaminación del aire en las principales ciudades del mundo han sido enfocados hacia medidas que reducen las emisiones a la atmósfera por unidad de energía consumida. La regulación que exige la instalación de convertidores catalíticos y el cambio de combustibles son algunos de los instrumentos empleados en México. No obstante, el crecimiento del consumo de los combustibles ha sobrepasado los esfuerzos por reducir las emisiones y el resultado neto ha sido un aumento en las concentraciones de contaminantes hacia la atmósfera²².

Un instrumento de control, llámese reglamento o ley, debe permitir que la sociedad decida respecto de la combinación óptima de contaminación-desarrollo y determine la estrategia de control como serían: remplazo de combustibles, convertidores catalíticos, reducción de la demanda mediante mecanismos alternativos de transporte.

Incorporar las consideraciones ambientales dentro de la política energética y viceversa es fundamental. De esta forma, se podrá diseñar una estrategia energética y ambiental orientada hacia un desarrollo sustentable. En la actualidad, el proceso de planeación de políticas de combustibles incorpora ya estas consideraciones, ésto permitirá delinear de manera más precisa instrumentos que promuevan los lazos positivos del binomio energía-ambiente en el futuro.

²² DDF, 1994.

.CAPITULO 2. TRANSPORTE Y GASES INVERNADERO

A. Gases invernadero y cambio climático global

Los procesos de urbanización e industrialización iniciados por las sociedades modernas a partir del siglo XVII, han traído consigo cambios sustanciales que en lo general se asocian a la idea del progreso, del dominio de la naturaleza, y de la generación de bienestar. Si bien estos procesos han traído mejoras relativas en los niveles de bienestar de la sociedad, también es un hecho que han surgido nuevos "problemas" en la historia de la humanidad.

Como parte de estos nuevos "problemas", en el siglo XX se han percibido con mayor nitidez las repercusiones nocivas de la actividad humana sobre el medio ambiente. Particularmente el calentamiento global ha surgido como prioridad en la agenda mundial sobre medio ambiente. En 1990 a través del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de Naciones Unidas se planteó el hecho de que los gases de invernadero emitidos a la atmósfera han aumentado de manera sostenida. En la actualidad existe el consenso de que ello aumentará el calor retenido en la atmósfera y, por consiguiente, modificará el clima global.

De acuerdo con Schneider (1990), en 1957, Roger Revelle y Hans E. Suess de la Institución de Oceanografía de Scripps hicieron la observación de que los seres humanos han incrementado el contenido de bióxido de carbono en la atmósfera en cerca de 25%, las concentraciones de metano se han más que duplicado y los óxidos de nitrógeno se han incrementado en cerca de 8% (IPCC 1992). debido a la combustión de carbón e hidrocarburos y a la deforestación.

El bióxido de carbono sólo representa una treintava parte del 1% de los gases que conforman la atmósfera terrestre, pero en conjunto con el vapor de agua y otros gases que se encuentran presentes en menor proporción, como el metano y los clorofluorocarbonos, determinan en gran medida el clima del planeta.

La Tierra absorbe principalmente en la superficie la radiación del Sol y a su vez refleja parte de la energía al espacio. Una porción de esta energía es absorbida por los gases de la atmósfera terrestre. Esta energía "atrapada", calienta la

atmósfera y la superficie de la Tierra, creando lo que es conocido como el efecto invernadero. Si no existieran estas propiedades en la atmósfera terrestre, la temperatura de la Tierra sería menor a la actual en 33°C (aproximadamente -20° C) y por tanto, la vida terrestre -tal y como se conoce sería imposible.

Los gases invernadero que se presentan naturalmente en la atmósfera incluyen bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nítrico (N₂O) y ozono (O₃)²³. Los clorofluorocarbonos, gases producidos por la actividad humana, los hidrofluorocarbonos (substitutos de los anteriores) y otros compuestos tales como los fluoruros de carbono son también gases invernadero. Asimismo, existen como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos volátiles orgánicos diferentes del metano (NMVOC) que aunque no son directamente gases de invernadero, contribuyen de forma indirecta a este efecto. Estos compuestos son conocidos como precursores del ozono troposférico porque influyen a la tasa a la cual el ozono y otros gases son creados.

Aún y cuando el CO₂, el CH₄ y el N₂O ocurren naturalmente en la atmósfera, su reciente incremento parece relacionado directamente a emisiones de tipo antropogénico. Este incremento ha modificado la composición de la atmósfera terrestre y existen posibilidades, de que esto llegue a afectar el clima del planeta.

En 1988 fue creado por la Naciones Unidas, el llamado Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), organización formada por más de 200 científicos de todo el mundo, cuyos objetivos básicos son realizar un balance crítico sobre el estado actual del conocimiento científico en torno al cambio climático, los daños ambientales y económicos del fenómeno, las posibles medidas de acción y el trabajo en torno a la llamada Convención Climática Mundial. Diversas actividades se han desarrollado desde entonces. Una de las más importantes fue la Conferencia de Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo celebrada en Brasil en 1992. De aquí surgió el "Framework Convention of Climate Change" en donde los países firmaron una serie de compromisos a ser cumplidos para la mitigar las emisiones de gases invernadero.

Es central para cualquier estudio de cambio climático global, el conocimiento de las fuentes y cantidades de emisión de un país, así como su evolución en el tiempo. Los países que firmaron el FCCC, están obligados a presentar su inventario de gases invernadero para el año base de 1990. Una metodología básica para realizar el inventario fue definida por el IPCC para permitir la comparación entre las emisiones de diversos países. El inventario de gases invernadero en México ha sido coordinado por el Instituto Nacional de Ecología y desarrollado por diversos científicos mexicanos (UNEP 1995).

Adicional al inventario, es importante analizar las tendencias en las emisiones de gases invernadero para los diversos sectores. Una de las metodologías que

²³ El ozono se encuentra naturalmente en la estratosfera y en la troposfera (de 20 a 50 km de altura sobre la superficie terrestre), y provee de una capa protectora de rayos ultravioleta

permite desarrollar este tipo de análisis es la denominada "de abajo hacia arriba" (bottom-up approach). Este método de estudio permite conocer las tendencias del uso de la energía y las emisiones asociadas al mismo, para cada uso en cada sector y por lo tanto definir políticas de conservación y mitigación dirigidas a reducir la demanda de energía y las emisiones en usos finales específicos. En este trabajo se desarrolla un análisis del consumo de energía en el sector transporte y las emisiones de gases invernadero asociadas al mismo.

A.1 Ciclo del Carbón

El carbón es uno de los elementos más comunes en el medio ambiente. Está presente en todas las sustancias orgánicas y es el constituyente de una gran variedad de compuestos. Tres de los principales gases invernadero -CO₂, CH₄ y CFC contienen carbón. El carbón se mueve dentro del medio ambiente y se combina con otros elementos por medios biológicos, químicos y físicos. Esta movilidad es controlada de forma natural, a través de un ciclo bio-geoquímico cuyo objetivo es mantener un balance entre los componentes de carbón liberados desde sus fuentes y la absorción de ellos. El ciclo natural del carbón se regulaba así mismo, pero con el tiempo este ciclo ha sido alterado por el hombre.

En la Naturaleza, el carbón mantiene un ciclo entre la atmósfera, los océanos, las reservas bióticas de la tierra y de los océanos. Los mayores flujos ocurren entre la atmósfera y los recursos bióticos de los continentes y entre la atmósfera y los recursos bióticos de la superficie del océano. Mientras que existe una adición mínima de carbón a la atmósfera en las regiones ecuatoriales, los recursos bióticos de los continentes y del océano en los hemisferios Norte y en menor medida el Sur, actúan como reservorios de carbón.

El carbón se ubica como uno de los principales elementos dentro de las reservas naturales del mundo. La atmósfera, por ejemplo, contiene más de 700 mil millones de toneladas de carbón y puede aumentar con el tiempo, mientras que 1800 mil millones están almacenadas en la tierra y cerca de 40000 mil millones de toneladas están contenidas en los océanos. Se calculan entre 450 y 600 mil millones de toneladas de carbón contenidas en material orgánico.

A. 2 Gases de invernadero y promotores de los mismos

Bióxido de carbono (CO₂). La concentración de CO₂ en la troposfera ha aumentado a una media anual de 350 ppmv (parte por millón de volumen). En el

hemisferio norte, el ciclo anual es de hasta 15 ppmv²⁴. Estas variaciones se deben fundamentalmente a las variaciones regulares de la fotosíntesis en el planeta y, en menor grado, a las variaciones anuales de la temperatura de la superficie del mar, que repercuten en la solubilidad del gas en el mar.

La evolución de la concentración de este gas en la atmósfera se ha podido determinar de obtener muestras y analizar el aire atrapado en el hielo. La tendencia general demuestra que antes de la Revolución Industrial y el desarrollo de la actividad agrícola, la concentración era de 275 +/- 10 ppmv; en 1990 la concentración de bióxido de carbono es de 1.5 +/- 0.2 ppmv, o sea, 0.4% de incremento anual²⁵.

La cantidad de bióxido de carbono emitida por el sector transporte está directamente relacionada con la cantidad de carbono en el combustible y con la cantidad de carbono quemado.

Clorofluorocarbonos (CFC). Los clorofluorocarbonos son la causa principal de la destrucción del ozono estratosférico. una de las principales fuentes de CFC es el aire acondicionado en los vehículos motorizados, los cuales demandan alrededor del 28% del total mundial de CFC-12²⁶.

Oxido Nitroso (N₂O). La concentración de óxido nitroso viene observándose desde fines del siglo XIX a partir de mediciones del aire atrapado en los núcleos de hielo de la Antártida. En 1985 la concentración fue de 0.31 ppmv y la tendencia denota un aumento de 0.2 a 0.3% anual. El período de vida del óxido nitroso en la atmósfera es aproximadamente del orden de 150 años. Este gas es generado como resultado de la quema de combustibles fósiles y del cultivo de suelos.

Metano. (CH₄). En 1985 la concentración de metano era de 1,7 ppmv en el hemisferio norte y de 1,6 ppmv en el hemisferio sur. La tendencia actual en la atmósfera es de un crecimiento anual de 1.1+/-0.1% según estimaciones realizadas entre 1951 y 1983, esta tendencia a largo plazo se obtuvo a partir de burbujas de aire atrapadas en la capa de hielo en Groenlandia y la Antártida. El metano es liberado principalmente por la actividad microbiana que ocurre durante la mineralización del carbono orgánico bajo condiciones anaerobias. También es liberado como consecuencia de la actividad del hombre, por ejemplo, por la extracción de gas natural, la explotación de minas de carbón, etc. Aunque los vehículos motorizados emiten sólo niveles bajos de metano hacia la atmósfera (por ejemplo, alrededor del 1% de la emisiones de Inglaterra), se facilita la acumulación del metano en la atmósfera al emitir monóxido de carbono.

²⁴ Jansiti E., Niehaus F., 1989.

²⁵ Schneider, S. 1989.

²⁶ Greenpeace. 1992.

Un hecho importante es que, como gas de efecto invernadero, el metano es 32 veces más dañino por molécula que el dióxido de carbono²⁷

Ozono (O₃). El ozono es producido y destruido en la atmósfera a través de procesos naturales. Aproximadamente el 90% del ozono atmosférico reside en la estratosfera donde controla la absorción de radiación ultravioleta proveniente del Sol. El ozono no es emitido de manera directa por la actividad humana, sin embargo la producción de otros gases como los óxidos de nitrógeno, promueven la formación fotoquímica del ozono. En la estratosfera, la producción de CFC por el hombre, provoca la destrucción de la capa de ozono.

Monóxido de carbono(CO). El CO es producido por la combustión incompleta de recursos fósiles. El CO eleva las concentraciones de metano y ozono troposférico. Eventualmente, el CO se oxida en CO₂.

Óxidos de nitrógeno (NO_x). Los NO_x son producidos por la combustión de recursos fósiles y la quema de biomasa. Su papel en el efecto invernadero tiene que ver con su contribución para la formación de ozono.

Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano (NMVOC). Incluye compuestos como el propano, el etano y el butano. Participan junto con los óxidos de nitrógeno en la formación de ozono troposférico y otros compuestos fotoquímicos. Se emite principalmente por el transporte, procesos industriales, quema de biomasa y consumo de solventes orgánicos no industriales

A.3 El concepto del potencial de calentamiento global (GWP)

El potencial de calentamiento global es la tasa de calentamiento directa o indirecta de un kilogramo de gas invernadero sobre un kilogramo de CO₂ en un periodo de tiempo. Tomando 100 años como periodo (IPCC 1990), la siguiente tabla muestra la habilidad de un gas invernadero para atrapar calor respecto a la habilidad del CO₂.

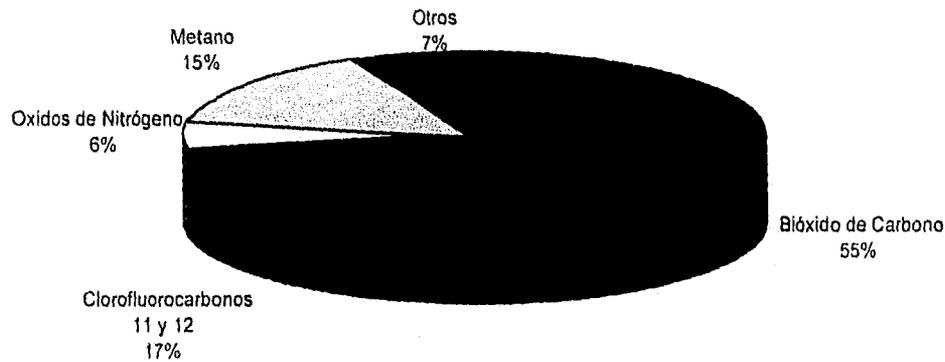
²⁷ Kemp, D. 1991.

Tabla 3

Gas	GWP (100 años)
CO ₂	1
CH ₄	11 a 22*
N ₂ O	270
HFC-134a	1 200
HFC -23	10 000
HFC 152a	150
PFC	5 400

* 11 se refiere al efecto por radiación directa y 22 al efecto directo + el indirecto.

Fig. 2
Emisiones de gases invernadero en la década de los '80



Emisiones de gases invernadero producidas

por el transporte terrestre

- 15-20% de Bióxido de Carbono
- 28% de Clorofluorocarbono 12
- 1 % Metano

Nota: El sector transporte emite otros gases además de los citados anteriormente.

Fuente: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), 1990

B. Emisión de gases invernadero en México

México aporta cerca del 1% de los gases de efectos invernadero producidos en el planeta y ocupa el noveno lugar entre los principales emisores de los compuestos que están provocando el cambio climático³⁸. El inventario desglosa las emisiones por sector productivo y por gas en la Cd. de México, de este inventario se observa que el sector transporte es la principal fuente de gases contaminantes al contribuir con un 99.5% del total de CO, con un 71.3% de NOx y un 54.1% de HC, en menor cantidad de partículas suspendidas totales y SOx.

La producción y uso comercial de la energía en México generó en 1993, cerca de 80 millones de toneladas de carbón. Escenarios indican que si continúa el ritmo de consumo de energía actual, la contribución de México a la generación de CO₂ se incrementará en cerca del 40% para el año 2005 (Sheinbaum et al. 1996).

En las emisiones totales de bióxido de carbono en México, el sector transporte es el principal emisor. Por esta razón, es de suma importancia analizar las tendencias del consumo de energía y gases invernadero, para en el futuro, poder definir cuales son las políticas, medidas y normas que permitirán mitigar las emisiones de gases invernadero debidas al consumo de energía en este sector.

³⁸ Häfele, W. 1989.

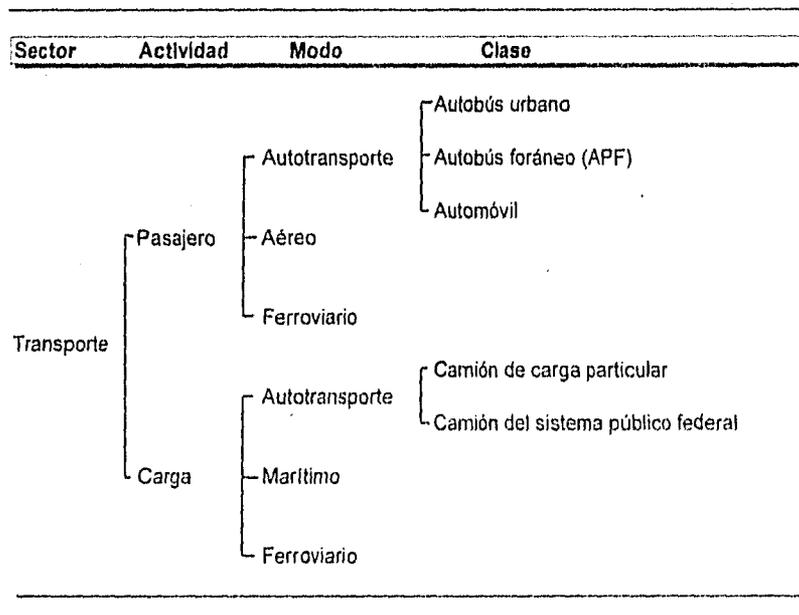
CAPITULO 3

Estimación de la Actividad del Transporte de Carga y pasajeros en México

A. Introducción

La importancia de un vehículo de transporte está relacionada con su capacidad para desarrollar la actividad de traslado de mercancías o personas. Para medir y evaluar esta capacidad, es conveniente dividir la actividad en tipo, modo y clase. Definiremos *actividad* del transporte por el servicio que se brinda, es decir transporte de carga o pasajeros. A su vez, el *modo* se definirá por la diferencia en el medio que se utiliza para transportar ya sea personas o mercancías. (aéreo, marítimo, ferroviario y autotransporte). Finalmente, la *clase* es una subdivisión del modo y se utiliza para reconocer la diferencia de los distintos vehículos utilizados en el autotransporte. Para el caso del autotransporte de pasajeros, las clases son motocicletas, automóviles y autobuses. Sin embargo, por su poca importancia en México, las motocicletas no son analizadas en este trabajo. Para el caso del autotransporte de mercancías, la clase se refiere a los distintos tipos de camiones de carga.

Fig. 3 Desagregación del Sector Transporte por actividad, modo y clase



B. Metodología

La metodología que usaremos para analizar al sector transporte es la que se propone por Schipper y Meyers con Howarth y Steiner (1992)²⁹. Existen indicadores que permiten evaluar y comparar la actividad de los distintos modos de transporte. Los más comunes son: parque vehicular, movimiento (número de pasajeros o toneladas trasladadas en determinado tiempo), pasajero-km y tonelada-km. La tonelada-kilómetro (ton-km) es la suma de kilómetros recorridos por cada tonelada transportada. Por su parte, el transporte de personas se mide a través del parámetro llamado pasajero-kilómetro (pas-km). Este mide la distancia viajada y el número de pasajeros que utilizaron determinado modo o clase.

En general, puede definirse el pas-km como:

$$\text{pas-km} = \text{parque} * \text{f.o.} * \text{km/año}$$

donde

pas-km : pasajero kilómetro

parque : numero de unidades que integran un modo

f.o. : factor de ocupación o número de personas promedio por vehículo

km/año : distancia promedio en kilómetros recorrida en un año

y la tonelada-kilómetro como

$$\text{ton-km} = \text{parque} * \text{f.c.} * \text{km/año}$$

donde

ton-km : tonelada-kilómetro

parque : numero de unidades que integran un modo

f.c. : factor de capacidad o toneladas promedio por vehículo

km/año : distancia promedio en kilómetros recorrida en un año

B.1 Información disponible para México

En México, se dispone de datos oficiales de parque vehicular para todos los tipos, modos y clases de transporte (INEGI 1989, 1994, 1995³⁰). Sin embargo, para el caso de km/año, y f.c. o en su caso ton-km o pas-km, la información sólo está disponible para los modos aéreo, ferroviario, marítimo y en el caso del autotransporte sólo se reportan los datos concernientes al Autotransporte Público Federal (APF) que se refiere fundamentalmente al transporte interurbano de pasajeros y mercancías.

²⁹ Schipper, L. and Meyers, S. et al. 1992.

³⁰ INEGI, 1990, 1994.

B.2. Estimación del pas-km y ton-km para las clases del autotransporte de pasajeros y carga.

Se estiman los datos de km/año y f.o. para los automóviles (que incluyen taxis) y para los autobuses urbanos (los microbuses quedan fuera del estudio por falta de datos). No existen datos disponibles para el camión urbano de carga, por lo cual esta clase del autotransporte de mercancías también queda fuera del estudio.

En el caso del factor de ocupación de los automóviles y de los autobuses urbanos de pasajeros, se extrapola el dato obtenido para el Area Metropolitana de la Ciudad de México al resto del país (1.6 personas por automóvil y 50 personas por autobús urbano, CONAE, PICCA, Sheinbaum 1994). El dato de los km/año recorridos se obtiene de un promedio de datos de CONAE e IMP (18,000 km en el caso del automóvil y 70 000 km en el caso del autobús de pasajeros).

Estos valores son mantenidos constantes a lo largo del periodo 1986-1994. Evidentemente, la constancia de este valor sesga el cambio en el pas-km tanto del automóvil como del autobús urbano y lo limita al cambio en la flota vehicular. Sin embargo a falta de una encuesta nacional periódica que contabilice el cambio en el número de kilómetros recorridos y el factor de ocupación, estos datos son los únicos disponibles para hacer una evaluación histórica.

Teniendo estos problemas en mente, a continuación se analizan las tendencias en la actividad de los distintos modos de transporte, destacando tres de los parámetros más importantes: parque vehicular, pas-km y ton-km. En el caso del autotransporte se presenta un inciso especial para la venta de vehículos nuevos por su importancia en la composición y renovación de la flota.

C. Análisis de los distintos indicadores de actividad del sector transporte en México

C.1 Parque Vehicular

A lo largo de la última década, la economía mexicana ha transitado por un proceso de ajuste y cambio estructural. El sector transporte no ha sido la excepción. El importante rezago acumulado de la inversión en este sector es evidente al analizar la estructura del transporte en México.

C.1.1 Aéreo

En 1994 el parque aéreo matriculado estuvo integrado por más de 6 mil aviones, de los cuales el 79% correspondió a la aviación general (4 575 aeronaves privadas y 586 oficiales) y las restantes 1353 aeronaves pertenecieron a la aviación comercial. En el periodo de 1986-1994 se incorporaron 1507 unidades al parque aéreo, por lo que la flota se incrementó en un 30%. La mayor parte de este aumento se origina en la rama de aviación privada, que pasaron de 3 802 unidades a 4 575 en dicho periodo.

Durante 1994 el número de aeronaves comerciales se incrementó a un ritmo mayor que el año anterior debido a la incorporación de 185 unidades, pero sin rebasar el nivel alcanzado en 1990 cuando registró un aumento de 252 unidades a su parque. Finalmente la cantidad de aviones oficiales, que venía disminuyendo en los últimos años, tuvo un repunte en 1992, rebasando las 600 unidades, para posteriormente disminuir en un 6% anual.

C.1.2 Ferroviario

Durante 1994 el equipo de Ferrocarriles Nacionales de México, estuvo conformado por más de 35 mil carros para carga, 304 para correo y servicio express y 641 para el traslado de pasajeros.

En el periodo comprendido de 1986 a 1994 se registró una disminución en el número de carros para pasajeros pasando de 768 unidades a 641, registrando un máximo de unidades en 1989 cuando registró 1001 carros para posteriormente disminuir con un ritmo de 8.5% anual promedio sus unidades.

En lo referente a equipo (contenedores) para trasladar carga registró también una disminución en el periodo antes mencionado pasando de más 50 mil unidades a 35 mil, registrando una pérdida del 30% en su parque para carga; de igual forma para los vagones asignados para correo y servicio express han pasado de 472 carros en 1986 a 304 en 1994.

C.1.3 Marítimo

La flota registrada para el servicio de traslado por vía marítima en 1994 fue de 1974 unidades. De 1986 a 1994 se han incorporado 145 embarcaciones, provocando un aumento del 7.9% a la flota vehicular.

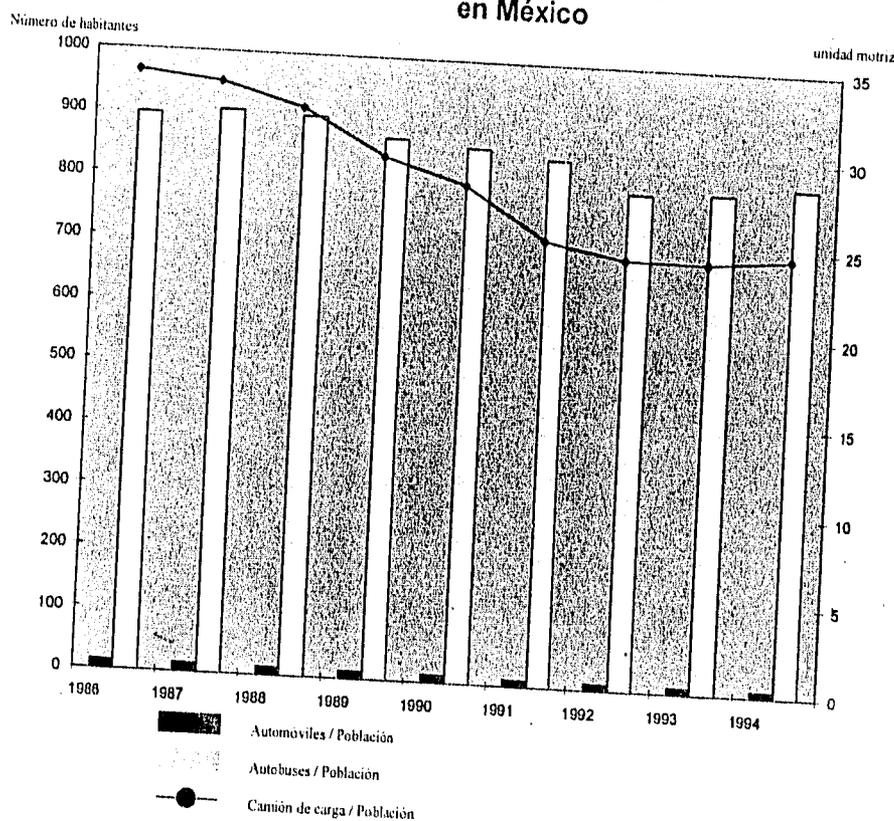
En 1990 se registró el mayor número de naves, con un total de 2001 para posteriormente disminuir, pasando en 1991 a 1883 unidades y en 1992 a 1973, manteniéndose constante en este número de embarcaciones la flota marítima.

C.1.4 Autotransporte

En 1994 estaban registrados alrededor de 11.6 millones de vehículos automotores en el país, de los cuales el 67% correspondió a automóviles, menos del 1% a autobuses y el 32% a camiones de carga.

Lo anterior significa que en 1994 había aproximadamente un automóvil por cada 11 habitantes, un autobús por cada 828 habitantes y un camión de carga por cada 24 habitantes. Esto quiere decir que el índice de motorización para este mismo año era de 1 vehículo automotor por cada 8 habitantes.

Fig. 4
Parque vehicular per capita
en México



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI e IMT

En el periodo comprendido de 1986 a 1994, la integración del parque automotor no ha variado significativamente. La participación porcentual en 1986 fue de 69% para automóviles, 1% para autobuses y aproximadamente 30% para

camiones, es decir, 1 vehículo automotor por cada 10 habitantes, ó 1 automóvil por cada 14 habitantes, 1 autobús por cada 897 habitantes y 1 camión por cada 34 habitantes.

C.1.4.1. Autotransporte de carga.

El transporte carretero emplea casi el 90% del total de empleos del sector transporte y 3.6% del empleo total nacional³¹. Este subsector aportó más del 70% del PIB del transporte en 1994³². Para este año, el número total de camiones de carga ascendía a 3.68 millones, 66% mayor que en 1986. El número de empresas del servicio público federal de autotransporte de carga sumaba 4123, con un total de 332 100 unidades.

El autotransporte público federal, que generalmente se asocia al transporte interurbano de mercancías tuvo un crecimiento del 120% durante todo el periodo, llegando a representar el 9% del parque total de camiones de carga. El resto del parque, registrado principalmente como camiones de carga urbanos tuvo un incremento del 64% (Tabla 4).

Tabla 4
Parque vehicular de transporte de carga

	1986	1988	1990	1992	1994
Parque Total	2 213 025	2 435 952	2 900 456	3 501 043	3 685 045
Servicio Público Federal	150 500	153 403	222 983	303 146	332 100
Camiones Urbanos	2 062 525	2 282 549	2 677 473	3 197 897	3 382 945

Fuente: Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, INEGI 1994

C.1.4.2 Autotransporte de pasajeros.

En 1994 existían más de 1000 empresas de transporte de pasajeros³³, de las cuales, 433 se crearon en los últimos nueve años. El total de empresas sumaban una flota vehicular de 108, 695 autobuses, 29% mayor que la de 1986.

C.1.4.2.1 Autobuses

El parque de autobuses para el autotransporte público federal (APF) registró una tasa de crecimiento media anual del 4.8%, con incrementos significativos en

³¹ Sistema de Cuentas Nacionales. INEGI. 1994

³² Ver cifras capítulo anterior.

³³ Mendiola. G. 1995.

1990-1991 y 1991-1992, cuando se registraron tasas anuales del 7.6% y 5.7% respectivamente. Por su parte, el parque de autobuses urbanos creció 24% durante todo el periodo, cerca de una tercera parte del crecimiento sufrido por el APF.

C.1.4.2.2 Automóviles.

A diferencia de los autobuses, la flota de automóviles (particulares, oficiales y públicos) se incrementó, entre 1986 y 1994, en más de 2.5 millones de unidades, equivalente a un crecimiento anual del 4.5%.

El crecimiento en la flota vehicular de automóviles ha presentado variaciones, teniendo sus máximo entre 1988 y 1991. Entre 1992 y 1993 se registró un ligero descenso en la tasa media anual, y nuevamente se incrementó en 2.3% entre 1993 y 1994.

C.1.4.3. Ventas en el autotransporte.

El registro de la ventas de vehículos nuevos es importante porque permite conocer la renovación de la flota vehicular, así como de la composición de la misma. En general, la evolución de las ventas domésticas de vehículos muestra un comportamiento similar al de la Economía. Se combinaron años de crecimiento con los años de más aguda recesión. Entre 1986 y 1987, cuando el PIB creció tan sólo en 2%, las ventas de vehículos disminuyeron en 4.4%. De manera similar, entre 1992 y 1993, mientras el PIB creció tan sólo en 0.7%, las ventas cayeron significativamente en un 15%. Por otro lado, entre 1988-1991, cuando el PIB creció a una tasa promedio anual del 4% se registró un crecimiento de 39.1% y entre 1993 y 1994, cuando el PIB creció 3.5%, las ventas lo hicieron en un 2%.³⁴

De la cifra total de ventas domésticas de vehículos automotores al mayoreo en 1994, el 70% correspondió a automóviles, menos del 1% para autobuses y el 29% correspondió a camiones. La estructura porcentual de ventas a nivel nacional ha variado del periodo de 1986 a 1994, mientras la venta de automóviles en 1986 representaba un 63% del total, los autobuses menos del 0.5% y los camiones aproximadamente el 37%, para 1994 los automóviles aumentaron su participación en el mercado 7 puntos porcentuales mientras la venta de camiones perdió 8 puntos en este mismo periodo. La venta de autobuses durante este lapso ha representado menos del 1% del total de ventas.

C.1.4.3.1 Automóviles.

Entre 1986 y 1994, el número total de automóviles vendidos ascendió a cerca de 3.325 millones, representando el 43.4% de la flota de 1994. Suponiendo que todos los vehículos nuevos permanecen en la flota y los "viejos" se retiran, se puede

³⁴ INEGI, 1990.

estimar que para 1994, el 56.6% del parque de automóviles correspondía a vehículos anteriores a 1985.

El mayor incremento en las ventas de automóviles se registró en los años de 1988 a 1990, lo cual puede explicarse por el repunte en la Economía, pero también por la entrada en vigor del programa "Hoy No Circula" (enero de 1989), ya que el 31% del total de automóviles vendidos durante este período correspondió al Distrito Federal y al Estado de México.

El criterio para clasificar los automóviles es el empleado por INEGI, es decir, se realiza tomando en cuenta parámetros generales como precio y tamaño de los vehículos. Dentro de esta clasificación, los automóviles populares, representaron el 54% de las ventas totales internas de autos en 1994; los compactos el 24%, los de lujo el 3.5%, los deportivos menos del 1% y los importados el 13%.

La demanda de automóviles tuvo un comportamiento similar a la marcha general de la Economía. A lo largo del periodo 1986 a 1994 se tienen puntos que demuestran este comportamiento: en 1986-1987 y 1992-1993 registraron tasa de crecimiento anuales negativas (de 6.4 y 15.3% respectivamente) con repuntes en los periodos 1988-1991 y 1993-1994 (en el primer periodo la tasa de crecimiento fue del 39.1%, vendiendo un total de 93 625 unidades), sobre todo en este último lapso, en que la recuperación fue significativa. La tasa de crecimiento promedio anual entre 1986-1994 fue del 12.2%³⁵.

En el caso de las ventas de automóviles, la evolución fue semejante a las ventas totales de vehículos. En el periodo 1986-1994, las ventas totales de vehículos registraron una tasa de crecimiento promedio del 11% anual, cifra muy similar a la venta de automóviles (12%).

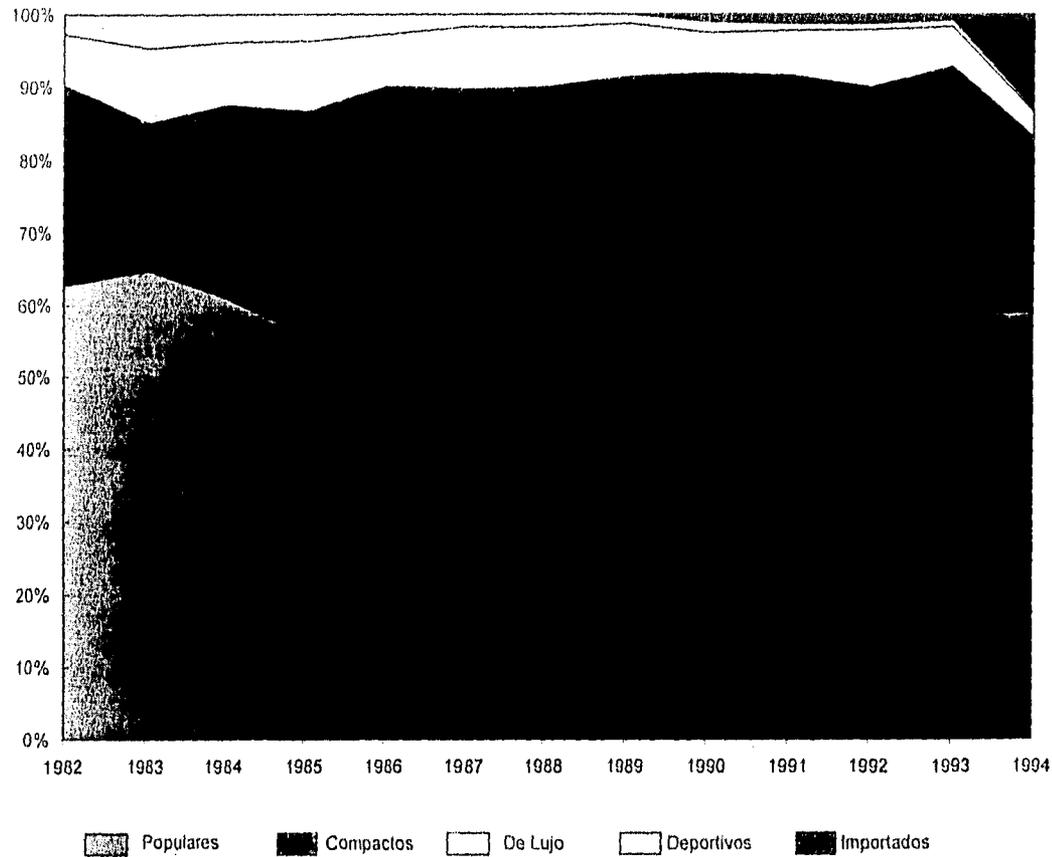
El efecto del estancamiento económico no sólo se advierte en los altibajos de las ventas de vehículos, sino también en la inclinación de los usuarios por adquirir automóviles de menor precio y menor costo de operación. La comercialización de automóviles de lujo y deportivos registró su punto más alto en 1987 cuando representaron cerca del 10.4% de las ventas totales de automóviles. Por su parte, los automóviles compactos registraron su máximo en 1989, con 38%. El año de mayor venta de automóviles populares fue en 1990, cuando representaron el 60% de las ventas. Los automóviles importados comienzan a comercializarse en México a partir de 1990, manteniendo una participación de entre 1% y 1.3% durante 1990-1994.

La opción de compra de una clase de vehículo no puede ser explicada año con año por los altibajos de la economía. Otras variables a considerar para entender el comportamiento en la compra de vehículos nuevos son el precio de los vehículos, variables culturales y por supuesto políticas de transporte. Para poder dar una explicación a este fenómeno, sería necesario realizar un análisis más detallado de

³⁵ INEGI, 1994.

las diversas variables que influyen en un consumidor para adquirir uno u otro vehículo. Este no es el objetivo central de este trabajo, por lo que solamente se presenta la problemática.

Fig. 5
Ventas de Automóviles en el Mercado Nacional



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

C.1.4.3.2 Autobuses

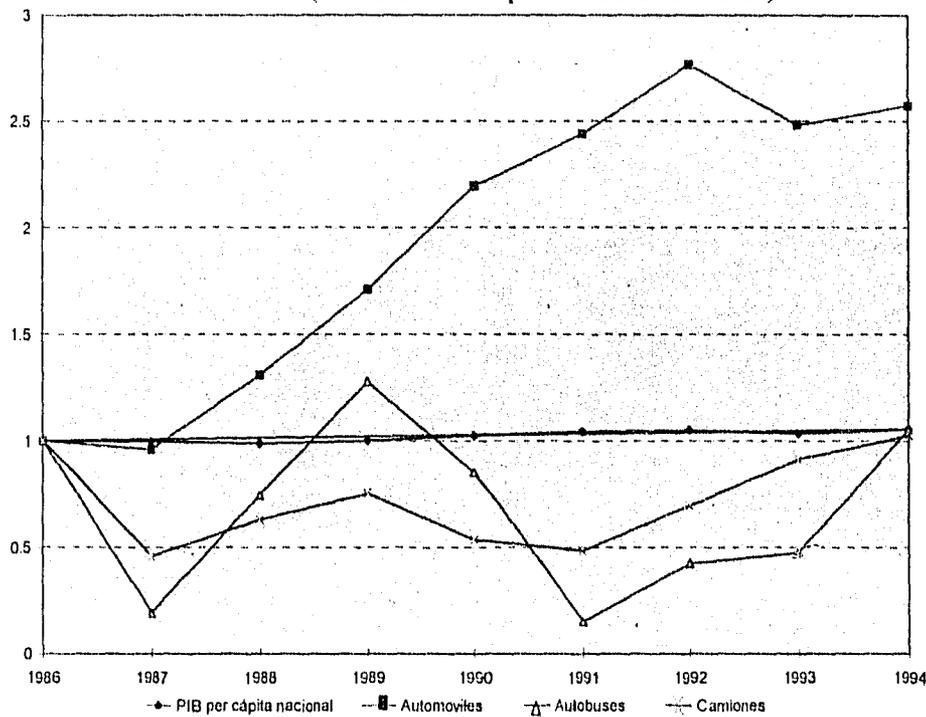
En la estructura porcentual de ventas del mercado nacional, la venta de autobuses no registró más del 1% de participación en el periodo comprendido de 1986 a 1994. En 1986 las ventas totales registradas de autobuses fue de 1220 unidades, a finales de 1987 registró el mayor descenso del periodo, al caer sus

ventas más del 80%. A partir de este año se inició un crecimiento sostenido al obtener una tasa de crecimiento anual del 35%, para finales de 1994 registraron ventas totales de más de 4000 unidades en el mercado nacional.

C.1.4.3.3 Camiones

Las ventas de camiones durante el periodo 1986-1994, crecieron con una tasa anual del 8.7%, sin embargo su comportamiento ha sido errático, registrando alzas en diferentes periodos de tiempo, especialmente en el periodo de 1987 a 1988 cuando se registró la variación anual más alta con más del 43%. Entre 1991 y 1992 la tasa anual desciende a 6.5%, en 1992 a 1993 se registró una variación anual negativa del 25%, y entre 1993-1994 se registró una recuperación del 1.7%. Dentro del total de la estructura porcentual de ventas, la venta de camiones en promedio ha sido del 34% del periodo antes mencionado.

Fig. 6
Ventas de vehículos automotores en México
(variaciones con respecto a un año base - 1986)



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

C.2 Pasajero Transportado

Durante 1994, el movimiento de pasajeros en los diferentes modos fue superior a los 2,300 millones de personas. La mayor parte de este movimiento se

realizó a través del autotransporte. La distribución de pasajeros para ese año fue la siguiente: 94.9% para el autotransporte, 1.1% para ferrocarril, 3.9% para el transporte aéreo y 0.1% para el marítimo.

En el periodo comprendido de 1980 a 1994, el tráfico total de pasajeros registró un incremento sostenido superior al 5% anual. Dicha tasa es muy similar a la del autotransporte, dada la participación mayoritaria de este modo.

C.2.1 Aéreo

El transporte de pasajeros por vía aérea ha tenido un comportamiento errático, debido principalmente a los cambios estructurales, a la inestabilidad económica, al cambio de políticas para este medio de transporte, a la privatización de empresas aéreas y a la apertura a nuevas empresas.

A principios de la década de los ochenta, el transporte de pasajeros por vía aérea creció a una razón del 3.3% anual y alcanzó una cifra de 14.4 millones de pasajeros en vuelos nacionales en 1985, a partir de ahí tuvo un declive con una tasa anual del 15.3%, obteniendo el nivel más bajo de todo este periodo con 8.3 millones de pasajeros en 1988. A partir de 1990 inicia una tendencia a la alza, movilizandando en ese año a 16.5 millones de pasajeros.

C.2.2 Ferroviario

El transporte ferroviario, ha tenido una tendencia negativa en su tasa de crecimiento anual del 3.5%, ya que en 1980 registró 23.7 millones de pasajeros transportados y en 1994 la cifra fue menor a los 14 millones de pasajeros.

C.2.3. Marítimo

El transporte marítimo registró una tasa de crecimiento anual del 7.2% , pero su participación ha sido poco significativa respecto al total teniendo un monto inferior a los cinco millones de pasajeros (una participación aproximada del 0.2% del total).

C.3 Carga transportada

En 1994, el movimiento de carga en el sistema de transporte nacional fue del orden de 497 millones de toneladas, lo que significó un incremento de más del 40%, respecto a nuestro periodo de referencia (1980-1994).

El movimiento en carretera ha sido clave en la distribución de mercancías para los diversos estados que conforman el país, debido a que el desarrollo de vías de comunicación se ha concentrado en este sector. El monto manejado por este transporte fue superior a las 390 millones de toneladas, que equivalen al 79% del movimiento nacional de carga.

Entre el modo ferroviario y marítimo se repartió el resto de la carga nacional. El primero manejó más de 50 millones de toneladas, equivalente al 10.3 % del total, mientras que el segundo transportó 55.4 millones de toneladas, con una participación del 11.1% del total. Por vía aérea, la cantidad es poco significativa con 84 mil toneladas equivalente al 0.02 % del movimiento de carga nacional.

La evolución para cada modo de transporte ha registrado variaciones en el periodo de 1980 a 1994; el tráfico de carga por carretera ha tenido una tasa de crecimiento del 2.5% promedio anual, manteniendo su participación por arriba del 70% del total. Por el contrario, el modo ferroviario en este mismo lapso ha registrado una tasa negativa del 3.6%, ocasionando un descenso de poco más de ocho puntos porcentuales en su participación. El movimiento marítimo, de 1980 a 1987 registró una caída en su movimiento, pasando de una participación del 8.3% a una del 6.7% para posteriormente alcanzar una tasa de crecimiento del 0.6% anual. El movimiento de carga por vía aérea no rebasa 90 mil toneladas.

C.4 Pasajero-kilómetro

El transporte de pasajeros medido a través del indicador pas-km creció cerca de 44%, entre 1986 y 1994, cerca de tres veces el crecimiento del PIB. El pas-km per cápita se incrementó a su vez en 23%, llegando al nivel de 8815 pas-km/cap en 1994, 60% menor que en Estados Unidos, similar al de Japón y 20% menor que en Inglaterra.

En el periodo de 1986-1994, a excepción del transporte ferroviario, todos los modos registraron tasas de crecimiento positivas. Para este mismo año, el autotransporte³⁶, participó con más del 97% del total de pasajeros-kilómetro transportado. La distribución del tráfico de pasajeros sigue favoreciendo ampliamente al autotransporte, a pesar de que este modo tiene la menor distancia promedio recorrida.

Las posiciones de los modos aéreo y ferroviario se intercambian respecto a pasajeros transportados debido a que la distancia promedio que recorre el primero es mayor; el primero participó con el 2.2% y el ferroviario con el 0.6%. El transporte marítimo es el que ha registrado la menor participación con un 0.08%.

El modo marítimo, en 1986 registró una participación del 0.04% comparado con el 0.08% en 1994; el transporte aéreo en el mismo periodo a pasado de 1.6% a 2.2%; ambos con un ritmo cercano de crecimiento del 4% anual. A su vez, el

³⁶ incluyen al autotransporte público federal, automóvil y autobús urbano de pasajeros.

transporte ferroviario ha tenido un descenso gradual a razón del 0.8% anual, es decir en 1986 registró 1% del total de pas-km transportados y en 1994 fue del 0.6%.

El autotransporte es el principal medio de transporte para pasajeros, en la división por clases en 1986 el automóvil registró un participación del 31.4% del total de autotransporte de pasajeros, el autobús urbano un 27.3% y el autotransporte público federal un 41.3%. En 1994, la cifra total de pasajeros-kilómetro fue de 781941 millones, 32% mayor que en 1986; de forma desagregado el automóvil obtuvo un participación del 33%, el transporte urbano del 23% y el autotransporte público federal 42%. De las cifras se observa que el automóvil aumentó su participación un 50% con respecto a la cifra registrada en 1986, mientras que el autobús urbano sólo un 27.2% lo que representa una disminución en el uso del transporte público en las ciudades y se ha incrementado el transporte por automóvil.

Tabla 5
Pasajero-kilómetro transportado por modos y clases
(millones)

	198	198	198	198	199	199	199	199	199
Automóviles	16857	17289	18814	20149	21101	23392	24290	24858	25426
A.P.F.	22129	23063	24108	25360	27151	28664	30722	32981	33479
Autobús urbano	14636	14606	14846	15751	16205	16444	18094	18179	18613
Aéreo	929	806	728	892	968	1064	1166	1283	1382
Marítimo	24	30	32	30	31	41	46	47	48
Ferrovionario	587	582	561	538	533	468	479	321	383

Fuente: Manual Estadístico del Sector Transporte, 1992
VI Informe de Gobierno,

Fig. 7
Pasajero-kilómetro transportado por modo y clase,
variación referida a un año base (1986)



Fuente: Elaboración propia con datos del VI Informe de Gobierno, 1994.

C.5 Tonelada-kilómetro

El tráfico de carga, medido en función del tonelaje de mercancías transportadas y del recorrido promedio en cada modo de transporte; muestra que en 1994 se generaron alrededor de 208 mil millones de toneladas-kilómetro. La distribución por modo de transporte se presenta en el siguiente tabla.

Tabla 6
Toneladas-kilómetro por modo
(millones)

MODO	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
A.P.F.	9827	10148	10292	10724	10888	12492	13429	14022	15164
Aéreo	7	6	4	4	5	6	6	6	7
Marítimo	1461	1612	1682	1770	1928	1915	1984	2014	2100
Ferroviario	4060	4047	4117	3857	3641	3269	3419	3567	3510

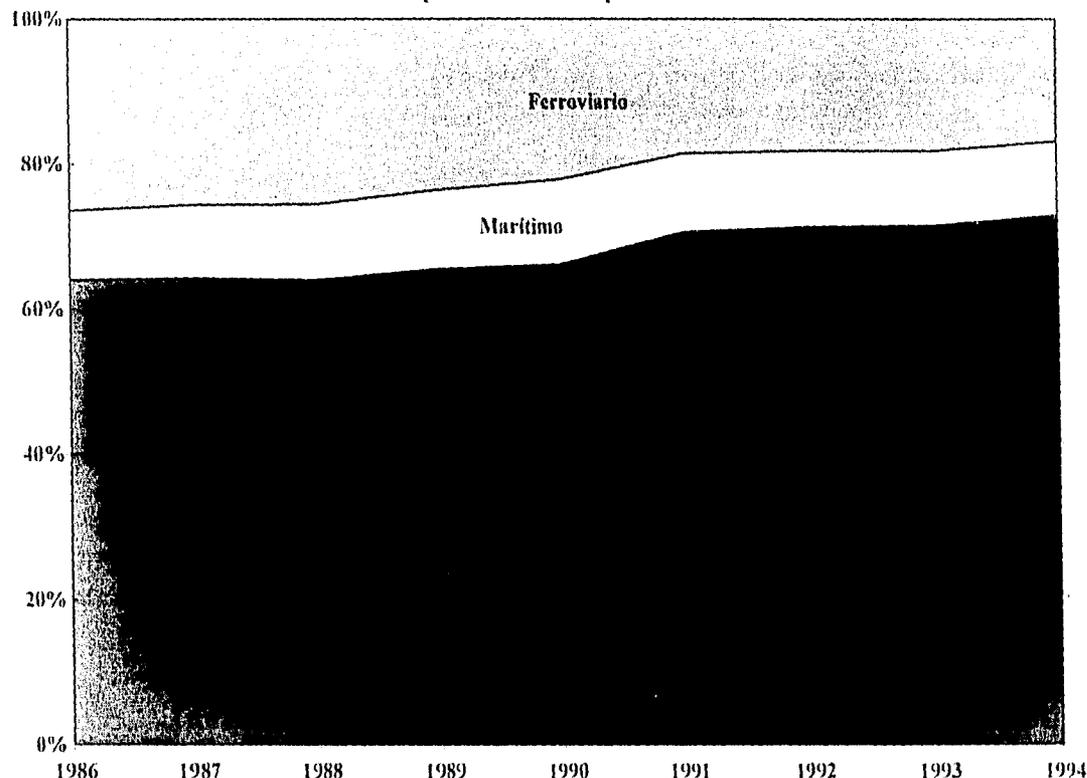
Fuente: VI Informe de Gobierno, México 1994

El transporte por carretera se mantuvo como el modo predominante con una participación promedio del 70% del total. El resto del tráfico lo generaron los modos ferroviario con el 17% y el marítimo con un 10%. El tráfico aéreo, pese a que registra la mayor distancia promedio de recorrido, resulta poco significativo para el tráfico de carga ya que registro un 0.04% del total.

Los cambios de participación relativa de cada modo de transporte, respecto a la tabla anterior, obedecen a las diferencias en las distancias promedio de recorrido. Se estima que el tráfico por carretera recorre en promedio 381 kilómetros por viaje; el modo ferroviario, aproximadamente 705 km y el marítimo, 630 km³⁷.

En el periodo de 1986-1994 se registró un incremento del 6% con respecto al año anterior, influido principalmente por el alza registrada en el sector de autotransporte, cuyo aumento fue del 48%. Por otra parte, el modo marítimo registro un importante incremento ya que registró más del 17% de variación con respecto al año anterior. El ferroviario, desde 1986 ha mantenido un descenso de 1.49% promedio anual.

Fig. 8
Participación porcentual en el tráfico de carga
por modo de transporte



Nota: La participación del modo aéreo es menor al 1%, por lo que no se observa en la gráfica.

Fuente: Elaboración propia con datos del VI Informe de Gobierno, 1994

³⁷ Instituto Mexicano del Transporte (IMT). 1992.

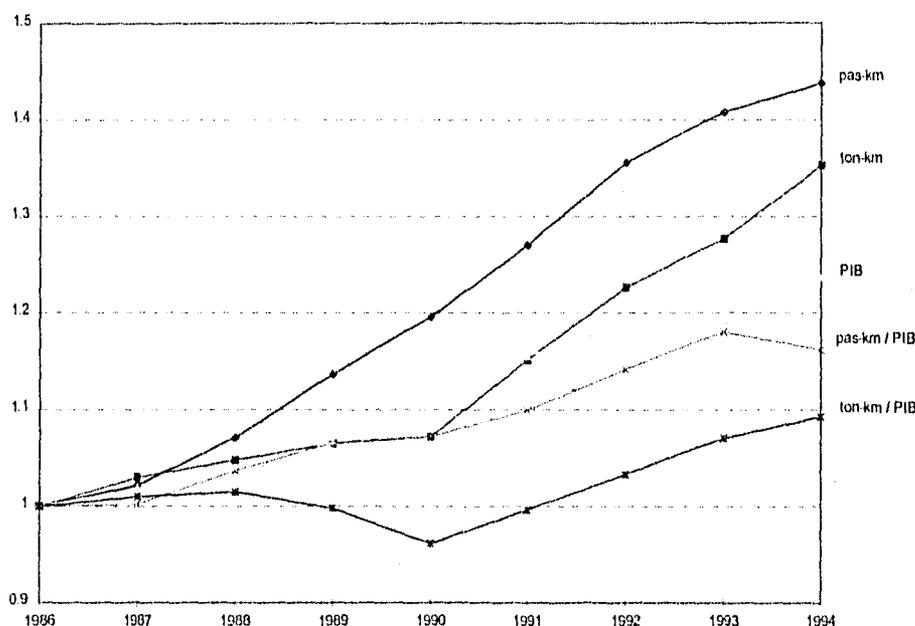
C.6 Pasajero-kilómetro/PIB y Tonelada-kilómetro/PIB

Estos son parámetros de referencia que relacionan la capacidad de transporte, las distancias recorridas y la actividad económica del país. Se utilizan para poder realizar comparaciones a nivel internacional como indicadores estandarizados que señalan: por cada unidad monetaria que produce el país cuánto ha aumentado la actividad de transporte.

El Pas-km en el periodo de 1986 a 1994 creció 32%, sin embargo el PIB sólo lo hizo en 23.7%. En 1986, se generaron 74 pas-km por peso (\$) producido, creciendo a una tasa anual de 1.3% para alcanzar el valor de 84.3 en 1993 y bajar ligeramente para 1994 y obtener un valor de 82.7.

La Ton-km, entre 1986 y 1994, creció de forma constante. Nuevamente la ton-km creció más rápidamente que el PIB. En 1986 se generaron 32.4 ton-km por peso (\$) producido y en 1994, 35.5, habiendo crecido a una tasa anual de 1.03% (Fig. 8).

Fig. 9
Variaciones sobre un año base (1986) de diferentes indicadores del Sector Transporte



Fuente: Elaboración propia con datos del VI Informe de Gobierno, 1994

Estas variaciones hacia el alza se produjeron, independientemente de que la participación del sector transporte en la economía bajó en el lapso hasta un 5%, aunque en valores absolutos, la participación pasó de 4.9% a 4.7%. Los dos indicadores, tanto pas-km/PIB como ton-km/PIB, aumentaron sus valores, lo que implica que la eficiencia del sector transporte se incrementó. Con respecto a pas-km/PIB, de las ventas de automóviles se desprende el hecho de que el parque

vehicular se ha renovado y un mayor porcentaje de personas tienen la capacidad de transportarse. El modo que contribuye en mayor medida a la conformación de la estructura del pas-km es el automotriz en sus clases de transporte urbano de pasajeros y automotor, de estos dos, el de mayor dinamismo es el automotor.

Con respecto al comportamiento del indicador Ton-km/PIB, éste ha mostrado un dinamismo similar al de Pas-km/PIB pero en términos absolutos sólo ha pasado de 32.4 a 35.5, el parque vehicular ha ido en incremento, pero esto no ha mejorado sustancialmente la actividad del mismo

D. Conclusiones

En el transporte de pasajeros, las ventajas de los servicios públicos del autotransporte en términos de tiempo de recorrido, flexibilidad de rutas, cobertura y calidad de servicios se ha manifestado en el nivel y crecimiento de la captación de pasajeros en el transporte público, permitiendo al autotransporte alcanzar una participación del 53.2% del total en 1994 para llegar a un nivel de 334,792 millones de pasajeros-kilómetro. Por su parte, el servicio de pasajeros por ferrocarril decreció a una tasa del 0.05% en el mismo periodo, con lo que alcanzó una participación del 0.6% en el total de pasajeros-kilómetro en 1994.

En el transporte marítimo, el incremento de las rutas de transbordadores y el desarrollo de instalaciones turísticas portuarias permitió un acelerado crecimiento del movimiento de pasajeros, al pasar de 243 millones de pasajeros-kilómetro en 1986 a 489 millones en 1994, que representa un crecimiento del 8.7% anual.

En el transporte aéreo, el desarrollo económico general y particularmente el dinamismo de los servicios determinaron un aumento extraordinario del tráfico aéreo, que pasó de 9 290 millones de pasajeros-kilómetro en 1986 a 13 827 millones en 1994, registrando así un crecimiento anual del 5.1%.

Si se examinan los cambios estructurales ocurridos en el transporte de carga entre 1986 y 1994, se advierten las siguientes modificaciones principales:

a) La participación del ferrocarril en el transporte terrestre disminuyó en este periodo de 17.5% a 10.3% en términos de toneladas, mientras que su participación pasó del 26.4% al 16.9% del total de toneladas-kilómetro generadas por el sector transporte en general, al decrecer a una tasa anual del 1.5%.

b) El ritmo de crecimiento de los servicios de autotransporte³⁸, alcanzó un 5% anual, incrementando su participación del 76.4% al 78.5% del tonelaje transportado en ese periodo. En términos de toneladas-kilómetro su crecimiento ascendió al 5% anual en

³⁸ Se refiere a autotransporte público federal.

promedio, aumentando del 64% al 72.9% del tráfico total, ya que la distancia promedio por viaje es menor que la del ferrocarril.

En esta evolución influyó que, durante cierto tiempo, el énfasis de la política de transportes favoreciera principalmente el desarrollo del transporte carretero, hecho que debilitó de manera importante la posición de los ferrocarriles en el sistema de transporte³⁹. Además, en contraste con una mínima expansión de la red ferroviaria, que prácticamente se mantuvo estática en los últimos 40 años, el acelerado desarrollo de la infraestructura carretera y la rápida expansión de la flota vehicular han contribuido a un mayor aprovechamiento de las ventajas del autotransporte en el crecimiento de la actividad económica y provocar un rezago en la modernización de los ferrocarriles.

En el transporte marítimo se registraron también modificaciones significativas en la participación dentro del movimiento doméstico de carga ya que en 1986 fue del 6.1% del total y en 1994 se incrementó al 11.1%.

En el transporte aéreo de mercancías es importante advertir, que el tráfico aumentó en el periodo 1986-1994 a un ritmo anual del 2.1% para alcanzar un total de 77.6 millones de ton-km al final del periodo. Mientras en el movimiento de pasajeros tuvo un crecimiento acelerado, el transporte de mercancías por vía aérea es, paradójicamente, el medio menos empleado. La participación del sector aéreo en el transporte de carga ha sido menos del 1% en los últimos seis años.

³⁹ Ing. Antonio Gutiérrez en Programa Universitario de Energía, 1987.

CAPITULO 4

CONSUMO DE ENERGÍA DEL TRANSPORTE EN MÉXICO

A. Introducción

En este capítulo se analizan las tendencias en el uso de la energía para el sector transporte. Para el transporte de pasajeros, se estiman las intensidades energéticas por modo y clase de 1986 a 1994, excluyendo el autobús urbano de gasolina. Para el transporte de carga se presenta una estimación del consumo de combustibles por modo y clase, y se calculan las intensidades energéticas para el autotransporte, los modos ferroviario y marítimo. Para ello se presenta la metodología utilizada y se explicita cuáles son los datos disponibles para México y cuáles los estimados en el trabajo. Posteriormente se analiza el consumo de energía en México y la importancia del sector transporte. A continuación se muestra un perfil agregado del consumo de energía de este sector de acuerdo a los balances nacionales de energía (SE 1994). En la siguiente sección se realiza una estimación del consumo de energía por modo y clase, haciendo énfasis en la evolución de las intensidades energéticas del transporte de pasajeros y finalmente se condensan en las conclusiones de este capítulo, una estimación por índices de cambio de las tendencias del uso de la energía en el sector.

B. Metodología

La interpretación de las tendencias históricas del uso de la energía se basa principalmente en el estudio de las actividades para las cuales fue utilizada dicha energía y en la interacción de los hombres y mujeres con la tecnología que provee los servicios necesarios o deseados. El indicador más agregado que da cuenta de esta relación es la tasa Energía/Producto Interno Bruto (E/PIB) denominada intensidad energética. Este índice tiene la ventaja de dar una visión global, pero la desventaja de no mostrar los cambios ni en las actividades económicas relativas al PIB, ni en la cantidad de energía usada para cubrir dichas actividades.

Un enfoque metodológico distinto es el conocido como por "usos finales" o "de abajo hacia arriba" --"*Bottom-up*" approach--^{40 41}. El principio en el que se basa esta metodología, es en concebir la demanda de energía a partir de las necesidades

⁴⁰ Goldemberg et al. 1987.

⁴¹ Schipper et al. 1985.

de su uso y no de la oferta agregada de la misma. Después de todo, la energía no se utiliza en abstracto para producir unidades teóricas de PIB sino para desarrollar numerosas actividades específicas como la movilidad de las personas y la carga, el funcionamiento de una máquina o una caldera, la cocción de los alimentos, etc⁴².

Por otro lado, para cada sector energético es posible definir un indicador sectorial, que represente en forma genérica las actividades o servicios que definen la demanda de energía. En transporte, por ejemplo, el movimiento de pasajeros o carga, es el servicio último que debe cumplirse. El aumento o disminución de la movilidad, promueve un cambio en el uso de la energía del sector transporte. En este caso, la forma de medir el movimiento es a través de indicadores como pasajero-km o vehículo-km. La intensidad del uso de la energía del sector transporte se define entonces, como el cociente del uso de la energía entre la cantidad de pasajeros-km (tonelada-km) o vehículo-km transportada para determinado año. Por otro lado, debe tomarse en cuenta que existen diversos modos de transporte para pasajeros o carga (autobuses, autos particulares, trenes, barcos, aviones, etc.). Un análisis detallado requiere entonces, conocer la actividad y la intensidad energética para cada uno de los modos de transporte.

Para todos los sectores, puede explicarse la evolución en el uso de la energía a través de tres factores: actividad, estructura (cambios en la proporción de actividades específicas respecto a la actividad agregada) e intensidad energética (en general, la intensidad energética representa el inverso de la eficiencia⁴³ y está definida como un consumo unitario de energía.)

Sea A_{it} el nivel agregado de actividad del sector "i" en el año "t", S_{ijt} ($j=1,2,3,4,\dots,n$) el nivel de actividad específica "j" por unidad de actividad agregada, e I_{ijt} la intensidad energética de la actividad específica "j". Entonces el uso de la energía del sector "i" está dada por:

$$E_t = A_{it} \sum_{j=1}^n S_{ijt} I_{ijt}$$

Esta ecuación es una forma sencilla de dar una identidad contable al uso de la energía. Esto permite evaluar los indicadores que determinan la demanda. En el caso del sector transporte, la actividad estaría determinada por la evolución del número de pas-km o ton-km. La estructura estaría determinada por la participación de los diversos modos de transporte en el consumo de energía y la intensidad, como se define anteriormente es el cociente entre el consumo de energía y la cantidad total de pas-km o ton-km.

⁴² Sheinbaum 1994.

⁴³ Por ejemplo, l/km se puede también interpretar como MJ/km que sería la cantidad de energía necesaria para realizar la actividad de recorrer un km.

Por otro lado, y de acuerdo con el índice de Laspeyres⁴⁴, el objetivo de la metodología de desagregación de la evolución energética a través de los índices de cambio, es aislar los factores de actividad, estructuras e intensidad energética. Se puede, por ejemplo, mantener constante el consumo de energía para un modo de transporte para cierto periodo " t_0 " y permitir la variación de los elementos estructurales.

Es evidente que la combinación de los factores que definen el consumo de energía en determinado tiempo no pueden ser desagregados en una forma lineal única. Sin embargo, es posible hacer una aproximación lineal que responda a la siguiente pregunta: ¿Cómo hubiera evolucionado el consumo de energía si sólo hubiera habido cambios estructurales, o de intensidad, o de actividad?

En este sentido, el porcentaje en el que hubiese variado el uso de la energía si solamente hubiese habido cambios en la actividad y se mantuvieran constantes a su valor en el año " t_0 " los factores estructurales y los de intensidad sería una sencilla aproximación lineal expresada por (*efecto de la actividad*):

$$\% E_{Ai} = A_{it} \sum_{j=1}^n (S_{ij0} I_{ij0} - E_{i0}) / E_{i0}$$

De manera similar, el cambio hipotético en el uso de la energía debido a los cambios estructurales, manteniendo constante las variaciones en la intensidad y la actividad es (*efecto estructural*):

$$\% E_{Si} = A_{i0} \sum_{j=1}^n (S_{ijt} I_{ij0} - E_{i0}) / E_{i0}$$

Y el cambio de la energía debido a la intensidad energética, manteniendo constante la actividad y los cambios estructurales está dado por:

$$\% E_{Ii} = A_{i0} \sum_{j=1}^n (S_{ij0} I_{ijt} - E_{i0}) / E_{i0}$$

⁴⁴ Howarth et al. 1992.

En este capítulo se estiman los cambios en la intensidad, estructura y actividad para el transporte, haciendo énfasis en el transporte de pasajeros. Asimismo se comparan estos cambios con el cambio en la actividad económica nacional expresada por el PIB.

B.1 Información disponible para México

El consumo de energía desde 1986 hasta 1994 para el sector transporte, por fuente energética y para los principales modos (ferroviario, aéreo, marítimo y autotransporte) se puede obtener de los balances energéticos de la Secretaría de Energía (SEMIP 1986 a 1993, SE 1994).

El consumo de energía para el autotransporte público federal de pasajeros y para los vehículos, es estimado a partir del conocimiento de la flota vehicular, el promedio de km recorridos al año, el rendimiento promedio de los vehículos y el poder calorífico superior de los combustibles, mediante la fórmula siguiente:

$$CE \text{ clase} = (PV) \cdot (Km/año) \cdot (1/RVP) \cdot PC$$

En donde:

CE = Consumo de energía en un año

PV = Parque vehicular

KM/año = kilómetros promedio recorridos en un año

RVP = Rendimiento vehicular promedio en un año expresado en km/l

PC = Poder calorífico superior del combustible

- El parque vehicular es conocido para todas las clases del autotransporte.
- El km/año es estimado para las diversas clases del autotransporte de pasajeros, como se señala en el capítulo 3.
- Para el caso del autotransporte público federal de pasajeros y carga, se asume que todos los vehículos utilizan diesel, ya que son en más del 95% ómnibuses (pasajeros) y camiones de más de dos ejes (carga) (INEGI 1995).
- Para el caso de los camiones de carga a diesel, se calcula como el sobrante de diesel reportado por los balances de energía para el autotransporte, una vez sustraído el consumo de diesel para el APF y urbano de pasajeros.

Finalmente, se puede obtener una desagregación del consumo de gasolina por "nova" y "magna sin", a partir de información proporcionada por PEMEX (1994).

B.2. Estimación de indicadores para México

A continuación se presenta una tabla de las fuentes y estimaciones realizadas

Fuentes de información y suposiciones: rendimiento de las clases del autotransporte

Pasajeros:		
Automóvil	Automóvil nuevo (Informe del PREMCE para automóviles nuevos). CONAE*	Se "castiga" el rendimiento de los automóviles nuevos a partir de 1985 y hasta 1994. Antes de 1985 (CONAE 1992)
Autobús A.P.F.:(Diesel)	AMIA (1996), CONAE*	
Autobús urbano (Diesel)	CONAE (1990), PICCA (1992).	Se mantiene constante a lo largo del periodo.

* Estudios realizados por CONAE (1995)

Notas: AMIA:

Programa Integral Contra la Contaminación Ambiental, (PICCA)

Los rendimientos del autotransporte público federal para pasajeros que utilizan diesel, se obtuvieron de estudios de CONAE (1990) y de la Cámara Nacional del Transporte Urbano. Los rendimientos de autobús urbano se mantienen constantes a lo largo del periodo a partir de un estudio del DDF (1992), de CONAE (1990) y reconociendo que no ha habido una renovación importante de este parque desde 1988.

En el caso de los automóviles, el rendimiento promedio del parque se basó en datos obtenidos por CONAE, un estudio realizado por la Cámara Nacional de Autopartes⁴⁵, las ventas registradas en territorio nacional y el rendimiento reportado por las empresas automotrices (INEGI 1992, 1994, CONAE 1990). El cálculo se realiza con el siguiente método:

⁴⁵ Ver en el Anexo la información de la Cámara Nacional de Autopartes.

1. Para 1985 se toma el dato del rendimiento vehicular promedio estimado por el estudio de CONAE (1990).
2. Se calcula la composición del parque vehicular por automóviles nuevos y antiguos suponiendo que todas las ventas de vehículos nuevos se integran al parque vehicular y los antiguos van desapareciendo del mismo.
3. Se "castiga" el rendimiento vehicular del auto antiguo y del auto nuevo, suponiendo que cada año el rendimiento decae en un 2%. (ver apéndice 1 para mayor explicación datos).
4. Se supone que el rendimiento reportado por las compañías automotrices es en realidad 5% menor, debido a que el uso del automóvil es mayor en las ciudades y por tanto la velocidad promedio para el cálculo del rendimiento en las especificaciones es considerablemente menor.
5. Para el cálculo del rendimiento promedio del auto nuevo se hace un promedio pesado⁴⁶ por las ventas de cada marca.
6. El rendimiento promedio del parque es un promedio pesado entre el rendimiento del auto en cada año (con su "castigo" asociado y su participación en el parque vehicular).

Los rendimientos obtenidos para cada clase del autotransporte de pasajeros se muestran a continuación:

Km/l	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
APF	2.35	2.41	2.47	2.37	2.48	2.32	2.43	2.37	2.37	2.48
Autobús urbano	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Automóvil	7.5	7.53	7.57	7.63	7.76	7.95	8.07	8.27	8.43	8.85

El importante incremento en la eficiencia del automóvil proviene de la incorporación de tecnología como "fuel injection" que aumenta la eficiencia del motor de combustión interna, y del incremento de la participación en las ventas totales del automóvil Nissan popular (Tsuru) que tiene el mayor rendimiento en el mercado (17 km/l). La rapidez en el incremento de la eficiencia no es mayor debido a la importancia relativa en las ventas (ver cap. 3) de los autos compactos, de lujo, deportivos e importados.

⁴⁶ Ver Anexo para la metodología.

C. Perfil del consumo de energía en México

En 1994, de acuerdo con el Balance Nacional de Energía, la producción anual de energía primaria y secundaria en México se estima fue de 8807.1 PJ. Si se suma la energía importada (478.5 PJ) y se restan las exportaciones (3247.36 PJ), la energía no aprovechada (65.36 PJ) y la variación de inventarios (-23.86 PJ), se obtiene que la Oferta Interna de Energía, fue de 5949 PJ, de la cual el 90.7 % fueron hidrocarburos, 3.7% biomasa, 3.6% electricidad y 2% por ciento carbón.

La demanda final de energía se divide en consumo no energético y en consumo energético. El primero, se refiere a la energía empleada como insumo en la industria petroquímica y en diversas ramas industriales y de transporte. Por ejemplo, gas natural, etano, butano, propano, naftas, asfaltos, lubricantes, grasas, parafinas y solventes. Por otra parte, el consumo energético se refiere al gasto de combustibles y otras fuentes de energía empleadas en los diversos sectores que conforman la economía de un país; en este rubro se ubica el consumo de combustibles del sector transporte.

El consumo energético, determinado en el Balance Nacional, no incorpora el consumo propio del sector energético⁴⁷. Para tener una visión más completa del uso final de la energía, en este trabajo y de acuerdo a Viqueira y Martínez et al, se incorpora el autoconsumo del sector energético como un componente de la demanda final.

En 1994, la demanda de energía final se distribuyó de la siguiente manera: 30% sector energético, 25% el del transporte; 22% el industrial; 14% el residencial, comercial y público y con un 1% el agropecuario. El consumo no energético de energía primaria es más del 6% por ciento.

En una retrospectiva del consumo de energía por sectores se aprecia el dinamismo del sector transporte, es decir, durante el periodo de 1980 a 1994 éste registró una tasa de crecimiento medio anual (TCMA)⁴⁸ del 2.8%, mientras que el industrial 2%, el residencial, comercial y público 2.3% y el sector agropecuario disminuyó su crecimiento en un 0.6% TCMA.

La demanda de energía en el sector transporte ha presentado diversas tendencias. En la década de los 80, el consumo de energía en el transporte mostró

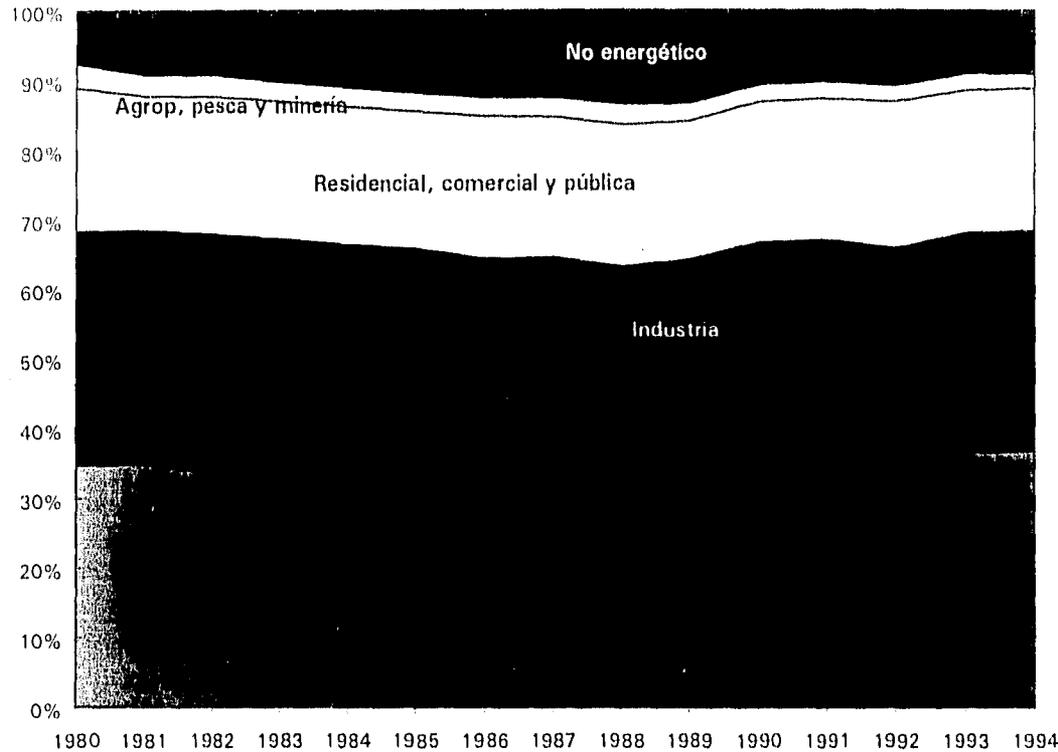
⁴⁷ En el Balance se denomina auto consumo y se encuentra en el área de transformación de energía primaria a secundaria.

$$^{48} \text{TCMA} = \sqrt[n]{\frac{V_f}{V_i}} - 1 * 100$$

donde: Vf: Valor final
Vi: Valor inicial
n : número de años.

altibajos registrando su punto más bajo en 1983 con una participación del 30.7% en el total del consumo final y su punto más alto en 1981 con una participación del 35%. En esta década como reflejo de la crisis económica por la que atravesó el país, su tasa de crecimiento fue del 2.1% anual.

Fig. 10
Consumo Final Sectorial



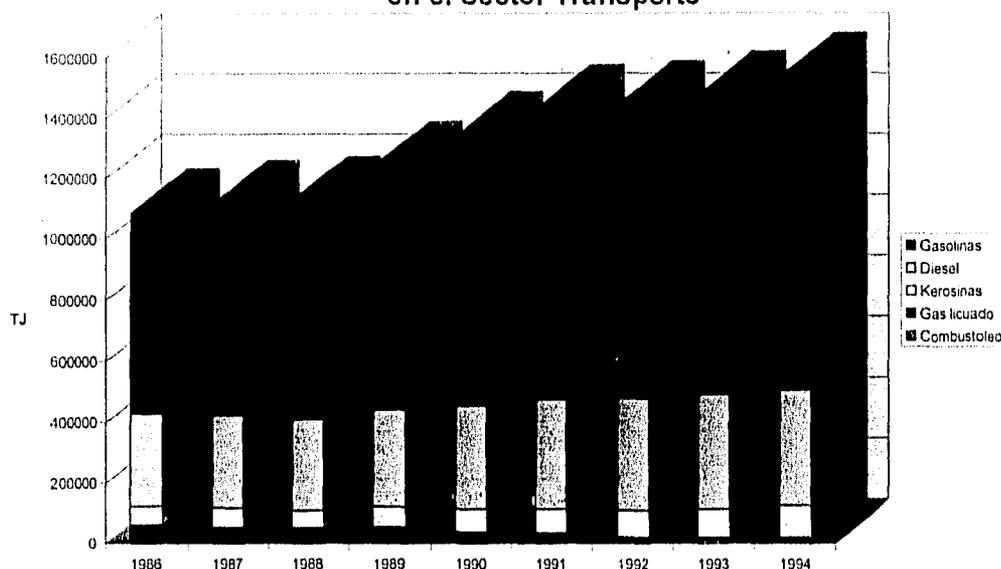
Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía

C.1 Perfil agregado del consumo de energía en el sector transporte en México

En 1994 el sector transporte consumió más de 1 537 266 TJ para su operación, registrando una tasa de crecimiento media anual de 3% con respecto a 1986. La demanda de energía en el sector transporte es sinónimo de demanda de petróleo, ya que cerca del 99% de las necesidades de energía se satisfacen con derivados de petróleo y el resto con electricidad. En 1994, la gasolina aportó cerca de 1 027 131 TJ equivalente al 67% del consumo de energía del sector, el diesel 381 813 TJ (25%) y la kerosina 104 346 TJ equivalente al 7%, en menor cantidad se utilizaron gas licuado y combustóleo.

En el periodo 1986-1994 se observa un incremento en el consumo de la mayoría de los combustibles. Destaca el consumo de gasolina, que ha registrado una tasa del 5.2% anual y provocó que su participación relativa aumentara del 59.9% en 1986, al 67% en 1994. Por el contrario el consumo de diesel, pese haber crecido con una tasa del 2.3% anual, redujo su participación relativa del 28% en 1986 al 25%. El gas licuado y el combustóleo han disminuido su demanda, con un ritmo del 6.3% y 11.8% respectivamente. Las kerosinas han aumentado su participación en el mercado de 5.6% a 7% en 1994, con una tasa de crecimiento media anual del 6.4%.

Fig. 11
Consumo por tipo de combustible
en el Sector Transporte



Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía

Aproximadamente el 90% de la energía fue consumida por el autotransporte, el resto se repartió entre los modos aéreo con el 6.9%, ferroviario con el 1.6% y 1.7% para el modo marítimo. El autotransporte se mantiene como el modo que marca la pauta en el consumo de energía del transporte nacional, ya que su demanda ha ido en aumento pasando de 997 382 TJ en 1986 a 1 376 516 TJ en 1994. En este modo, el consumo se integra de la siguiente manera: para 1994, 74.5% gasolina, 24.1% diesel y 1.4% para el combustóleo.

El segundo consumidor de energía en el sector transporte es el modo aéreo, que en 1994 requirió un poco más de 105 935 TJ para su operación. Su tasa de crecimiento anual de consumo ha sido positiva exceptuando en el periodo 1987-1988 que registró un descenso del 9.6%, sin embargo en 1989 debido a las políticas de expansión para impulsar el tráfico aéreo en el país, su consumo aumentó en un

17.7% con respecto al año anterior. Los energéticos utilizados por este modo son la kerosina (jetfuel) con un 98.5% del total y el resto para gasolina.

A diferencia de los modos mencionados, los consumos en el transporte ferroviario y marítimo han mostrado estancamientos o descensos. El primero consumió poco más de 25 095 TJ en 1994 (diesel), cifra muy similar a la de 1986.

En el transporte marítimo se han registrado variaciones importantes. Antes de 1992 éste tenía un consumo promedio de 22 412 TJ, posteriormente su consumo fue de 3 035 TJ, pero en 1994 se registra nuevamente un aumento a 26 351 TJ. El combustóleo aportó en 1994 el 7% y el diesel el 93% restante casi la totalidad del combustible empleado por este medio de transporte es diesel. Es factible asumir que la caída en el consumo de energía para este modo en el año de 1993, es más un problema de contabilidad en el balance, que de modificación en el patrón de consumo, ya que otros indicadores como la flota, el movimiento de carga y pasajeros y el PIB no muestran rezagos como en el consumo de energía.

Tabla 7
Consumo de Energéticos en el Sector Transporte
(TJ)

Modo	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Autotransporte	997382	990918	1021657	1121119	1207154	1304102	1324375	1352429	1376515
Aéreo	64387	65234	58834	69374	77386	80266	89195	94126	105935
Ferrocarril	24279	34802	23621	29126	28046	23475	23667	23931	25095
Marítimo	20772	21469	21444	23173	26740	20925	4022	3034	26350
TOTAL	1106818	1112425	1125556	1242794	1339327	1428769	1441260	1473522	1533896

Fuente: Balance nacional de Energía, SEMIP; 1986-1994

C. Perfil desagregado del consumo de combustibles en México.

De acuerdo con las estimaciones presentadas en la sección B.2, se obtiene la siguiente desagregación del consumo de energía para el sector autotransporte:

Tabla 8
Desagregación del consumo de combustibles en el modo autotransporte
(TJ)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
GASOLINA									
Automóviles									
Nova	450861	445987	475211	477167	482902	530576	472091	400683	325050
Magna	5671	20241	27954	52726	58731	61220	127196	201203	276881
Otros (1)									
Nova	195746	208022	197432	241390	303335	321370	284642	251091	229613
Magna	2462	9441	11614	26673	36892	37081	76691	126086	195587
DIESEL									
Autobús APF	72260	73436	74898	82110	84010	94810	97016	106787	117139
Autobús Urbano	65849	70197	70051	71203	75545	77719	78865	86782	87186
Otros (2)	168545	127929	129623	133448	149702	164411	169434	161196	191037
GAS LP	35987	35665	34874	36401	16037	16916	18439	18607	18774
TOTAL	997381	990918	1021656	1121120	1207154	1304102	1324375	1352430	1427719

Notas: 1 Incluye vehículos de carga y transporte colectivo.

2 Incluye Servicio Público Federal y otros camiones de carga..

Fuente: Elaboración propia con datos de Balance Nacional de Energía, 1994; VI Informe de Gobierno, 1994; INEGI, 1994; IMT, 1994; CANAPAT, 1995; PEMEX, 1995.

Desafortunadamente, no existen datos adicionales que pudieran hacer una estimación similar para el transporte de carga y el transporte urbano de gasolina para pasajeros. Estas clases del autotransporte quedan entonces dentro de la categoría denominada "otros".

Como se puede observar en la Tabla 8, el consumo de gasolina para automóviles, de acuerdo a las estimaciones realizadas, aumentó en cerca de 26% entre 1986 y 1993, mientras el consumo en el autotransporte de diesel tuvo un incremento de 35%, siendo de 43% para el APF y de 28% para el autobús urbano. A pesar de que el parque vehicular de los automóviles creció en 51%, el consumo de gasolina para esta clase del autotransporte solamente creció en 32% (estimando constante el km recorrido). Esto es así debido al aumento en el rendimiento de los mismos.

D. Intensidades Energéticas del Sector Transporte.

Las intensidades energéticas que se usan para evaluar el sector transporte de forma desagregada, es decir, por modo de transporte, son: a) la relación entre el consumo de energía y la actividad de transporte de personas para cada modo y b) la relación entre el consumo de energía y la actividad de transporte de carga por cada modo. Cada uno representa la cantidad de energía requerida para mover una unidad (pasajero o tonelada de carga) a una distancia de un kilómetro. Por lo tanto, son el equivalente a la relación energía consumida/valor agregado⁴⁹, sin afectar los resultados por la desagregación llevada a cabo.

D.1 Intensidad Energética de la actividad de transporte de personas

La intensidad energética de los automóviles tuvo un comportamiento errático durante el periodo, ya que después de 1986, el indicador disminuyó primero un 12 %, continuando su descenso en 1988 donde alcanzó un 18% abajo que el año base, para después subir otra vez a niveles de 1986. A partir de este punto osciló en los siguientes años, sin rebasar nunca un descenso mayor de 4%. El promedio del periodo fue de 2.48 MJ/pas-km, cabe recordar que el decreto que prohibió los automóviles de ocho cilindros y un rendimiento mínimo de combustible entró en vigor a partir de noviembre de 1984, lo cual explica el descenso en la intensidad durante 1987-1988.

Sin embargo, durante todo el periodo, el número de automóviles se incrementó en más de un 50%, es decir más de tres millones de unidades se incorporaron al parque; tomando en cuenta las cifras reportadas para la Cd. de México, aunque la mayoría de los vehículos en circulación son automóviles sólo el 19% de los viajes (incluyendo taxis) se realizan en los mismos⁵⁰. Esta situación se puede generalizar a todo el país, lo que explicaría la razón de que la intensidad calculada se mantuviera en los años subsecuentes.

Los dos tipos de transporte de pasajeros por autobús, urbano e interurbano, también mantuvieron valores que oscilaron de manera cercana durante todo el periodo del estudio. El promedio fue de 0.32 MJ/pas-km para el autotransporte público federal y de 0.50 MJ/pas-km para el autobús urbano. Con respecto al transporte aéreo, el elevado valor promedio de 7.67 MJ/pas-km era esperado, desafortunadamente no se pudo realizar la desagregación entre vuelos domésticos y vuelos internacionales por lo que el valor presentado debe contener una mezcla entre ambos tipos de vuelos. El incremento en el valor del año base, entre un 8 y un

⁴⁹ Esta relación es útil para realizar comparaciones entre sectores económicos y también entre países.

⁵⁰ Comisión Metropolitana..., 1994.

16%, se debió principalmente a la recuperación económica que se dio a partir de 1987.

Tabla 9
Intensidad Energética
(MJ/pas-km)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Automóviles	2.71	2.70	2.67	2.63	2.57	2.53	2.47	2.42	2.31
Autobús Urbano	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
APF	0.33	0.32	0.31	0.32	0.31	0.33	0.32	0.32	0.31
Aéreo	6.93	8.09	8.07	7.77	7.99	7.54	7.64	7.33	7.66
Tren	0.58	0.85	0.79	1.15	0.90	0.72	0.55	0.74	0.60

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía y el VI Informe de Gobierno 1994.

Las relaciones entre los valores promedio de los modos señalan la eficiencia relativa de cada forma de transporte con respecto a otra. De esta forma, el automóvil gasta 7.8 veces más combustible que el A.P.F. y 5 veces más que el autobús urbano; el aéreo utiliza 3.1 veces más que el automóvil y 24.1 veces lo que el A.P.F.; entre los dos tipos de autobuses la relación es que el urbano consume 1.5 veces más que el A.P.F. Estas relaciones demuestran que el automóvil es menos eficiente que los autobuses, principalmente debido a su baja utilización (1.6 pasajeros-viaje vs. 50 para el A.P.F. y para el urbano) y al uso de este medio para viajes cortos (menos de 10 km). La relación de intensidades de consumo entre el autobús urbano y el A.P.F. es debido a congestionamientos, pero principalmente a la aceleración y desaceleración constante del modo urbano.

D.2 Intensidad Energética de la Actividad de Transporte de Carga

La variación en los resultados fue similar al de la actividad de pasajeros. De las intensidades energéticas calculadas, la obtenida para el transporte aéreo, resultó demasiado elevada, como se esperaba, debido a que no se pudo calcular el consumo de energía para la actividad de transporte de carga; los valores, por lo tanto, carecen de sentido y no se tomaron en cuenta dentro del estudio.

Los valores obtenidos para el transporte a través de camiones tuvo oscilaciones importantes, aumentando un año hasta en un 17% y disminuyendo en otro hasta en un 5% con respecto a 1986 siendo la causa principal la actividad económica. El valor promedio para este indicador fue de 3.46 MJ/ton-km. Con

respecto al ferrocarril, a pesar de que es el medio más eficiente para transportar carga, su promedio fue de 0.56 MJ/ton-km, las oscilaciones de los resultados obtenidos reflejan el inusitado aumento del consumo de energía en 1987, 1989-1993 además del descenso de carga transportada. En el transporte marítimo, se presenta una situación diferente ya que el indicador siempre ha disminuido con respecto a 1986, teniendo un valor promedio de 1.29 MJ/ton-km, sin tomar en cuenta 1992 y 1993, aún a pesar de que la carga transportada ha ido en aumento constante.

La desagregación del combustible utilizado por el modo de carga urbana no se pudo realizar por carecer de datos de carga transportada y de parque vehicular específico para transporte de carga ciudad. De la misma forma, los datos de parque vehicular no se encontraron desagregados para distinguir los que consumían gasolina de los que consumían diesel. De esta manera, el restante del consumo de diesel, después de calcular el que consumían los autobuses urbanos y el A.P.F., y el restante del consumo de gasolina, después de calcular el que consumían los automóviles, se sumaron para suponer el que consumían los camiones en su conjunto para transportar carga entre ciudades. El valor del indicador incluye entonces, el consumo de combustible de carga urbana sin tomar en cuenta las ton-km de este rubro, por lo que el valor resulta elevado.

Tabla 10
Intensidades en el transporte de carga por modos
(MJ/ton-km)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Prom.
Camiones	3.30	3.57	3.78	3.23	3.87	3.66	3.17	3.14	3.43	3.46
Ferrocarril	0.46	0.64	0.43	0.54	0.58	0.57	0.59	0.59	0.64	0.56
Marítimo	1.42	1.33	1.27	1.31	1.39	1.09	0.20	0.15	1.25	1.29

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía y el VI Informe de Gobierno 1994.

Las relaciones entre los indicadores promedios indican que el ferrocarril es casi 6 veces más eficiente para transportar carga que los camiones y que el transporte por mar es 2.7 veces más eficiente que hacerlo por carretera; asimismo, el ferrocarril es 2.3 veces más eficiente que el transporte por vía marítima. Todo señala que transferir carga de los camiones al ferrocarril implicaría reducciones importantes en el consumo total de energía, sin embargo, el transporte por carretera en recorridos menores (por ejemplo: 500 km.), en volúmenes de carga pequeños, y cuando el destino no cuenta con acceso de vías ferroviarias no puede ser sustituido.

E. Conclusiones

A continuación se presenta un resumen de la evolución por modo y clase para analizar en forma conjunta la información obtenida.

E.1 Aéreo

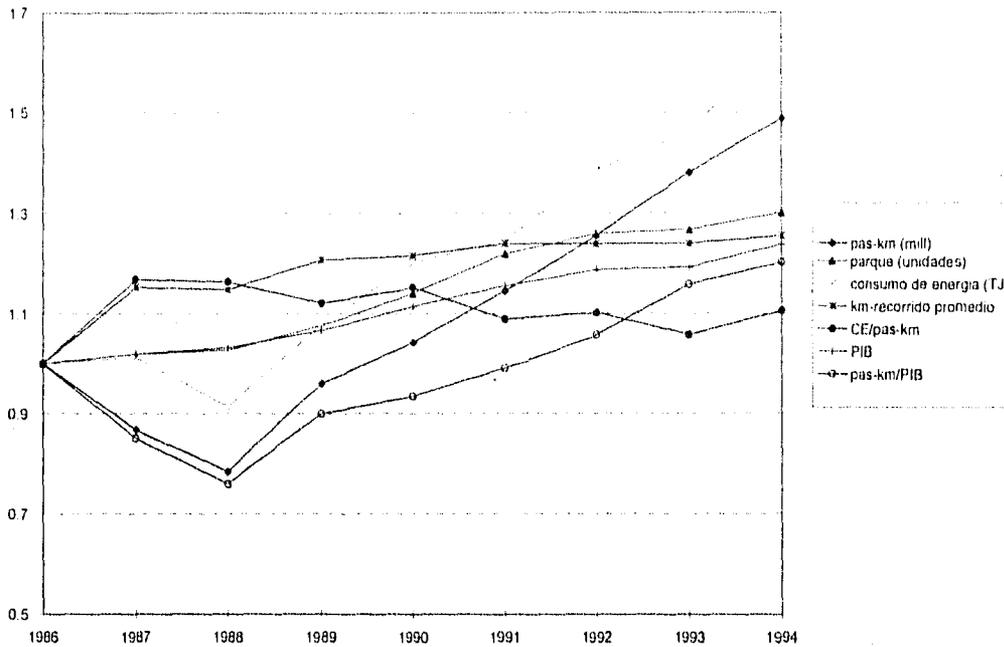
En el periodo estudiado, el crecimiento del consumo de energía aumentó en más de 60%, esto se refleja en el aumento en uno de los indicadores de actividad ya que los pas-km aumentaron casi 50%, otro indicador que afectó el consumo de energía fue el km-recorrido promedio que tuvo un aumento del 25%. El incremento de actividad también se refleja en el aumento del parque en el sector, el cual aumentó 30%. Estos aumentos en la actividad no se reflejaron en el PIB del sector aéreo ya que éste decreció 17% en el tiempo mencionado, se recordará que entre las empresas del sector aéreo algunas tuvieron dificultades financieras, algunas fueron privatizadas y otras declaradas en bancarrota. A pesar de estas dificultades la intensidad energética desagregada sólo tuvo un incremento del 10% en su actividad principal de transporte de pasajeros; en la actividad de transporte de carga aumentó aproximadamente un 9% lo que indica es que la mercancía que es económicamente factible de transportar es aquella que tiene un alto precio unitario.

Tabla 11
Diversos Indicadores para el modo Aéreo

Indicadores	1986	1994	Variación porcentual (%)
pas-km (millones)	9290.00	13827.00	48.84
ton-km (millones)	71.29	77.61	8.86
parque (unidades)	5019.00	6526.00	30.03
consumo de energía (TJ)	64386.57	105935.10	64.53
km-recorrido promedio	695.00	872.00	25.47
consumo de energía/pas-km (MJ/pas-km)	6.93	7.66	10.54
PIB nacional (millones de nuevos pesos de 1980)	4732.15	5857.50	23.78
pas-km/PIB	1.96	2.36	20.24
ton-km/PIB	0.02	0.01	-12.05

Fuente: Elaboración propia con datos de IMT, INEGI, VI Informe de Gobierno.

Fig. 12
Indicadores para el mostrar la evolución del Modo Aéreo
tomando como referencia un año base(1986)



Fuente: Elaboración propia con datos de IMT, INEGI, VI Informe de Gobierno.

E.2 Marítimo

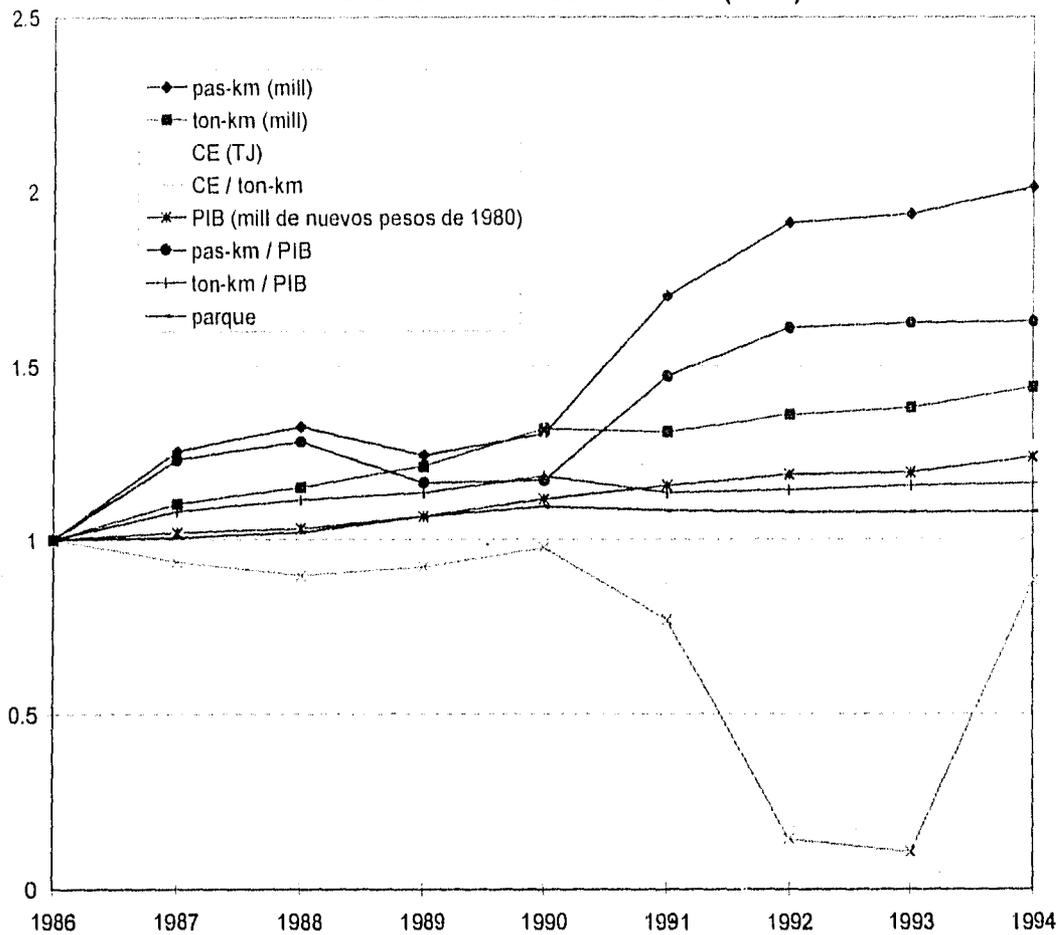
El consumo de energía en el sector marítimo aumentó un 26%, lo que se refleja en el aumento en la actividad en este sector, en 39%. La distancia promedio no cambia por lo que no afecta de ninguna forma, el indicador que incrementa de forma importante son las ton-km que aumentan en 43%, el indicador para pas-km prácticamente se duplicó, lo que demuestra que ha aumentado su importancia como medio de transporte de personas, aunque no sea la actividad primordial. La intensidad energética tuvo un decremento en la actividad de transporte de mercancías y de personas, el parque aumentó sólo 8% por lo que esta disminución no fue debido a este factor. La disminución en estos indicadores se debió, probablemente, a que se aprovechó mejor la capacidad de las embarcaciones y su factor de capacidad fue más alto.

Tabla 12
Diversos Indicadores para el Modo Marítimo

Indicadores	1986	1994	Variación porcentual (%)
pas-km (millones)	243.00	489.00	101.23
ton-km (millones)	14616.00	21008.00	43.73
consumo de energía (TJ)	20771.98	26350.87	26.86
consumo de energía / ton-km (MJ/ton-km)	1.42	1.25	-11.74
PIB (millones de nuevos pesos de 1980)	4732.15	5857.50	23.78
pas-km / PIB	0.05	0.08	62.57
ton-km / PIB	3.09	3.59	16.12
parque	1829.00	1974.00	7.93

Fuente: Elaboración propia con datos de IMT, INEGI, VI Informe de Gobierno.

Fig. 13
Diversos Indicadores para examinar al evolución del Modo Marítimo
con base en un año de referencia(1986)



Fuente: Elaboración propia con datos de IMT, INEGI, VI Informe de Gobierno.

E. 3 Ferroviario

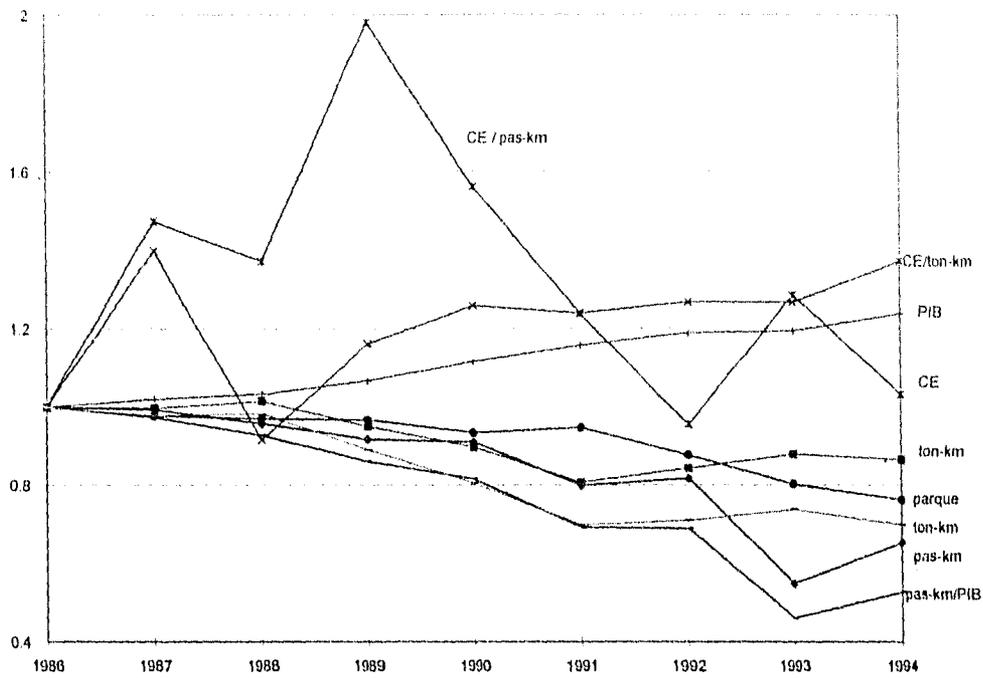
El ferrocarril es un sector que ha sido abandonado por el gobierno, relegando su responsabilidad constitucional en espera de que inversionistas privados revitalicen el sector. El PIB del ferrocarril decreció más de 30% y esto se reflejó en sus actividades que decayeron prácticamente en 34% para la actividad de transporte de pasajeros y en 13% en la actividad de transporte de mercancías. A pesar de esto, el consumo de energía aumentó marginalmente un 3%, lo que dio como resultado que las intensidades energéticas tuvieran un aumento y definitivamente se debe a ineficiencia en la operación a pesar del retiro de unidades ya que el parque decreció en 23%.

Tabla 13
Diversos Indicadores para el Modo Ferroviario

Indicadores	1986	1994	Variación (%)
pas-km (millones)	5870.00	3833.00	-34.70
ton/km (millones)	40605.00	35100.00	-13.56
consumo de energía (TJ)	24278.80	25095.07	3.36
consumo de energía/ton-km (MJ/ton-km)	0.46	0.64	37.14
consumo de energía/pas-km (MJ/pas-km)	0.58	0.60	3.12
parque (unidades)	1797.00	1370.00	-23.76
PIB (millones de nuevos pesos de 1980)	4732.15	5857.50	23.78
pas-km/PIB	1.24	0.65	-47.25
ton-km/PIB	8.58	5.99	-30.16

Fuente: Elaboración propia con datos de IMT, INEGI, VI Informe de Gobierno.

Fig. 14
Diversos Indicadores para el examen la actividad del Modo Ferroviario
con base a un año de referencia (1986)



Fuente: Elaboración propia con datos de IMT, INEGI, VI Informe de Gobierno.

E.4. Autotransporte

E.4.1 Autotransporte Público Federal

Tabla 14
Diversos indicadores para el Modo Autotransporte,
clase-Autotransporte Público Federal de Pasajeros

Indicadores	1986	1994	Variación (%)
pas-km	221293	334792	51
parque	31100	43850	41
consumo de energía (TJ)	72.2	103.5	43
PIB transporte de pasajeros (millones de nuevos pesos de 1980)	92.2	105.2	14.6
consumo de energía/pas-km (MJ/pas-km)	0.33	0.31	-5
factor de ocupación (pasajeros/vehículo)	50	50	0
vehículo-km (10^6)	4425.86	6695.84	51
km/año	147528.7	154863.7	5
rendimiento (km/lt)	2.35	2.48	6

Tabla 15
Diversos indicadores para el Modo Autotransporte,
clase-Autotransporte Público Federal de Carga

Indicadores	1986	1994	Variación (%)
ton-km	98272	151643	54
parque (unidades)	150500	329100	119
consumo de energía	162.8	186.2	14
PIB transporte de carga (millones de nuevos pesos de 1980)	114.5	134.5	17.5
consumo de energía/ton-km (MJ/ton-km)	1.66	1.23	-26

El servicio público federal comprende dos modalidades, la actividad de carga y la de transporte, primero se analizará la actividad de carga. El PIB del autotransporte de carga interurbano aumentó 17.5%, este incremento se debió a un aumento en la actividad del sector cuyas ton-km se incrementaron en 54%. El parque a su vez aumentó en 120% sin embargo, el consumo de energía sólo se incrementó en 14%, por lo que el indicador energético resultó con un decremento en el periodo en 26%. Esto resulta contradictorio, ya que la actividad y el parque se incrementaron en una gran proporción y esto debería repercutir en el consumo de energía. La SCT y SHCP emprendieron una campaña durante 1990 de regularización de vehículos e inscripción de empresas no registradas, esto resultó en un incremento en las cifras estadísticas. A pesar de que hubo ventas de unidades nuevas

E.4.3 Autobús Urbano

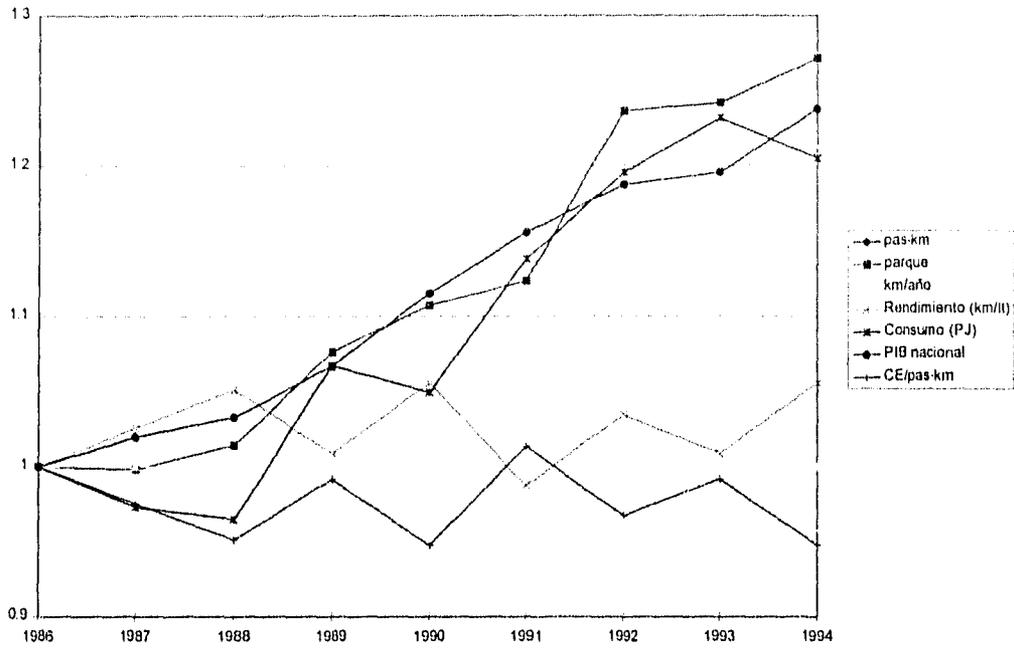
En la evolución de la clase de autobuses empleados en ciudad, es interesante notar que en el mismo porcentaje que creció el parque vehicular lo hizo el movimiento de pasajeros (27%). Su consumo de energía no creció al mismo ritmo a pesar de no aumentar la eficiencia del autobús y si es importante notar que se consumió menos energía para mover a una persona por este medio, lo que implica un uso más intensivo de esta clase para el transporte de pasajeros.

Tabla 16
Diversos Indicadores para examinar la evolución de la clase
de Autobús Urbano

Indicadores	1986	1994	Variación (%)
pas-km(millones)	146366.49	186134.61	27.17
parque(unidades)	52273.00	66468.10	27.16
km/año	70001.00	70009.00	0.01
rendimiento (km/l)	1.88	1.98	5.53
consumo de energía (PJ)	74.68	89.99	20.50
PIB nacional (millones de nuevos pesos de 1980)	4732.20	5857.50	23.78
consumo de energía/pas-km (MJ/pas-km)	0.51	0.48	-5.24

Fuente: Elaboración propia con datos de IMT, INEGI, VI Informe de Gobierno.

Fig. 15
Diversos Indicadores para examinar la evolución
de la clase - Autobús Urbano
referidos a un año base (1986)



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CONAE, IMT, VI Informe de Gobierno, 1994

E.4.4. Automóvil

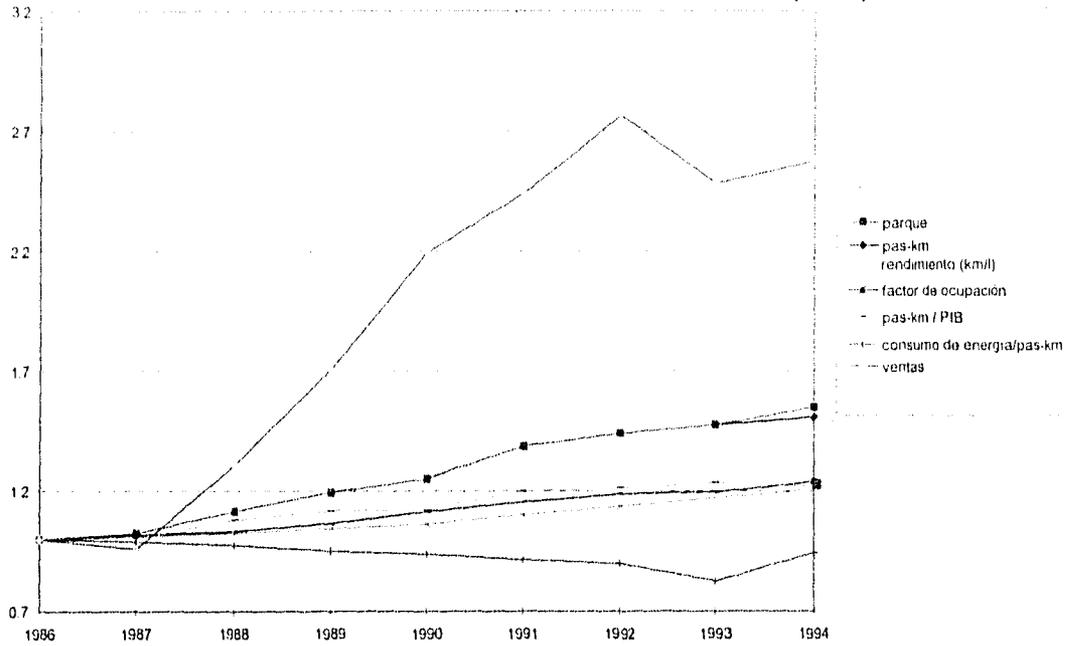
En México en menos de 10 años, la flota vehicular de automóviles ha aumentado un 54%, esta cantidad es reflejo de la venta de vehículos para uso particular. A pesar del aumento del parque no se reflejó en el aumento de la demanda de energéticos en esta clase, ya que su consumo sólo aumentó un 20%. Es importante observar en la tabla siguiente la evolución que ha tenido el rendimiento en los vehículos, ya que ha pasado de 7 a 9 km/l en promedio; que puede referirse como la explicación de porqué no ha aumentado el consumo de energía al mismo ritmo que el parque en circulación.

Tabla 17
Diversos Indicadores para la clase - Automóvil

Indicadores	1986	1994	Variación porcentual (%)
pas-km (millones)	168574.7	254262.2	50.8
parque (unidades)	5202922.0	8055981	54.8
km-recorridos	18000.0	18000.0	0.0
rendimiento (km/l)	7.5	9.0	20.6
factor de ocupación	1.7	1.7	0
consumo de energía (PJ)	456.5	565.8	23.9
consumo de energía/pas-km (MJ/pas-km)	2.7	2.5	-5.6
PIB nacional (millones de nuevos pesos de 1980)	4732.2	5857.5	23.8
pas-km / PIB	35.6	43.4	21.9
ventas (unidades)	160670.0	413620.0	157.4

Fuente: Elaboración propia con datos de IMT, INEGI, VI Informe de Gobierno.

Fig. 16
Diversos Indicadores para examinar la evolución de
la clase - Automóvil referida a un año base (1986)



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CONAE, IMT, VI Informe de Gobierno, 1994

CAPITULO 5.

EMISIONES DE GASES DE INVERNADERO DEBIDAS AL USO DE LA ENERGÍA DEL SECTOR TRANSPORTE EN MÉXICO

A. Desarrollo de los combustibles en México

La energía utilizada en el sector transporte tiene su origen en los hidrocarburos. Esta energía primaria es llevada a los centros de transformación donde se somete a procesos de refinación para que el consumidor final pueda hacer uso de ella. Los tipos de combustibles obtenidos son: gasolinas, diesel, combustóleo, gas licuado y kerosinas.

Las gasolinas y el diesel se han constituido en los combustibles más utilizados en el sector, debido a que son la principal fuente de energía del autotransporte de pasajeros y carga; su consumo de 1980 a 1994 equivale a poco más del 90%⁵¹ del utilizado en el transporte nacional.

En este mismo periodo se observó un incremento en el consumo de la mayoría de los combustibles. Destaca el consumo de gasolina que se incrementó a una tasa del 3.7% anual y provocó que su participación relativa aumentara del 60% en 1980 a un 66.7% en 1994. Por el contrario, el consumo de Diesel, pese a haber crecido a una tasa anual del 0.9%, redujo su participación relativa del 32% al 24%. El único combustible que ha disminuido su uso es el combustóleo con un ritmo anual del 12.7%⁵².

Las razones en las que se basa la evolución de los combustibles automotrices, son de carácter tecnológico, político, económico y ambiental. Este último factor ha jugado un papel relevante en la última década.

A.1 Gasolina

En México las características de las gasolinas han evolucionado paralelamente a los requerimientos de la industria automotriz, ya que desde la

⁵¹ SEMIP, 1994.

⁵² Antes de 1994, el combustóleo registra una tasa de crecimiento negativa, pero en la variación anual de 1993-1994 registra un aumento de más del 700% (Balance Nacional de Energía 1994), es por ello que debido a la alza impresionante que registra este combustible no se toma en cuenta este último año.

década de los 20 se han elaborado gasolinas adecuadas al parque vehicular en circulación.

En 1938, México consumía un solo tipo de gasolina con un octanaje de 57; en 1940 se introduce la Mexolina de 70 octanos, ambos productos formulados con 3 ml de tetraetilo de plomo por galón.

En 1950, la industria automotriz requería una gasolina de 80 octanos, lo que llevo a la producción de la Supermexolina formulada con 4 ml de tetraetilo de plomo por galón (TEP/gal). En esta época no se tenía conciencia del daño que ocasionaba el plomo, además de que el parque vehicular era pequeño. Las ventas en esa fechas fueron de 500 barriles diarios (bbd) de gasolina, actualmente se venden 500 000 bbd.

En 1956, se modifica la relación de compresión de los motores, demandando gasolinas de mayor octanaje, la llamada Gasolmex 90 aparece con 90 octanos y en 1966, Pemex 100 con 100 octanos, ambas gasolinas se formulaban con 4 ml de TEP/gal.

En 1973, desaparecen estos cuatro tipos de gasolinas porque son sustituidas por dos tipos: Nova con 81 octanos y Extra con 94, ambas con 3.5 ml de TEP/gal. En 1974 la gasolina extra cambió a 92 octanos y se redujo el contenido de plomo a 0.1 g de plomo por galón (Pb/gal); en 1975 se vuelve a reducir su contenido de plomo a 0.05 g de Pb/gal. Para ese entonces se vendían 70 000 bbd.

La reducción en el contenido de plomo tuvo dos objetivos ambientales, por un lado el plomo en sí tiene un efecto dañino sobre la salud⁵³, y, por otro lado, fue necesario eliminarlo para permitir el uso de los convertidores catalíticos, que han sido empleados en Estados Unidos desde la década de los 70 y cuyo efecto se anula por el envenenamiento con plomo⁵⁴.

Estos aditamentos han sido fundamentales para disminuir la emisión de monóxido de carbono, de óxidos de nitrógeno y de hidrocarburos en los gases de escape, y han contribuido a resolver el problema de la formación de oxidantes fotoquímicos (ozono) en la atmósfera.

Durante más de una década no ocurrieron cambios significativos en la calidad de las gasolinas en México, pero sí se incrementó el parque automotriz y consecuentemente el consumo de gasolinas. En 1986, cuando las ventas eran de 330 000 bbd se introdujo un cambio significativo en la oferta, al incorporar las gasolinas mejoradas Nova Plus y Extra Plus, la primera con una reducción

⁵³ El plomo es extremadamente tóxico: afecta el sistema nervioso y sanguíneo y afecta al medio ambiente al permanecer en los suelos afectando toda la cadena alimenticia.

⁵⁴ Comisión Metropolitana... 1994.

significativa en el contenido de plomo de 3.5 ml de TEP/gal a una cantidad entre 0.5 y 1.0 ml de TEP-gal, la Extra Plus continuó con 0.05 g Pb-gal.

En diciembre de 1992, por primera vez se establecieron valores máximos de los componentes reactivos, precursores del ozono en la gasolina Nova y Magna, esto es, se especificaron límites con respecto a: aromáticos en 30%, benceno en 2% y olefinas en 15% en volumen; de la misma manera se redujo la volatilidad a través de la disminución de la presión de vapor, de un rango de 7.0-9.5 a 6.5-8.5 lb/plg² ⁵⁵.

En noviembre de 1993, para el periodo invernal de diciembre a marzo de 1994, restringieron los niveles de aromáticos, olefinas y benceno en la gasolina Nova Plus, como una medida para coadyuvar en las acciones que coordina la Comisión Metropolitana para la prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México; se disminuyeron los aromáticos de 30 a 25%, las olefinas de 15 a 12% y el benceno de 2.0 a 1.5%

La llamada gasolina Nova que contiene plomo y cuyo consumo actual es de 277 000 bbd, tenderá a desaparecer del mercado nacional hacia el año de 1998 y será sustituida por otras cuyo octanaje y calidad se adecúen a las necesidades del parque vehicular existente. Las ventas de Magna Sin, exenta de plomo, en el mercado interno alcanzan ya 226 000 bbd. Para el año 2005, la demanda proyectada de gasolina de ambos tipos, se ha establecido en 654 000 bbd.

B.2 Diesel

El combustible diesel, corte intermedio de la destilación del petróleo tiene un papel fundamental en México como el energético del transporte pesado y de la industria mediana y pequeña. Su calidad también ha mejorado de acuerdo a las exigencias tecnológicas del mercado automotor.

Hasta antes de 1986, Petróleos Mexicanos producía y comercializaba tres tipos de diesel, estos se identificaban como Diesel "D", Diesel No. 1 y Diesel Nacional. La diferencia básica en lo relativo a su calidad era su contenido máximo de azufre, mientras que el primero y el segundo presentaban un valor de 1%, el tercero tenía un límite de 2%. A partir de 1986, Pemex, sustituye los productos antes citados por el Diesel Nacional, Diesel Especial y el Diesel Especial ZMVM; la diferencia entre ellos radicaba, nuevamente, en su contenido de azufre. Así el primero mostraba un valor máximo de 2%, mientras que el segundo y el tercero tenían un límite de 0.5%; en el caso del producto destinado para su comercialización en el Distrito Federal, se estableció la restricción de incluir una formulación proveniente de procesos de transformación (desintegración térmica y catalítica) cuyo resultado fue reducir las emisiones de partículas y humos producidos durante su combustión.

Con el fin de reducir las emisiones de bióxido de azufre a nivel nacional, a partir de 1986 se inició el proceso de sustitución del Diesel Nacional por el Diesel

⁵⁵ Escobar, C.1995.

Especial, posteriormente identificado como Desulfurado. Para lograrlo, se seleccionaron catalizadores con nueva tecnología, se ajustaron y optimizaron las condiciones de operación de las plantas, se construyeron nuevas instalaciones para la eliminación de azufre (hidrotratamiento) de los gasóleos primarios, materia prima para la obtención del Diesel Desulfurado.

Con todas estas acciones, se incrementó la disponibilidad de producto a nivel nacional y de esta manera, durante los primeros meses de 1993 se concluyó el proceso de sustitución, de tal forma que actualmente sólo se vende a nivel nacional el Diesel Desulfurado.

De acuerdo a las autoridades ambientales, en 1994 se planteó la posibilidad de establecer una norma más estricta, identificada como EPA-94, concerniente a emisiones en la capital del país para motores a diesel, en respuesta Pemex introduce en el mercado capitalino el Diesel Sin.

Este nuevo producto desarrollado por Pemex, presenta como características relevantes un contenido de azufre máximo de 0.05%, es decir, la décima parte que el Diesel Desulfurado, estableciéndose también con un límite máximo de contenido de aromáticos del 30% y con un índice mínimo de cetano de 48.

El nuevo diesel además de emitir menos cantidad de compuestos de azufre y de nitrógeno, tiene mejor índice de cetano y menos contenido de aromáticos por lo tanto su combustión es más limpia, tiene un mejor rendimiento, se emiten menos partículas, se disminuye la corrosión de los equipos y en consecuencia se reducen los gastos de mantenimiento⁵⁶.

Las regulaciones para el uso de diesel se basan en las emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno. Sin embargo, la reformulación del diesel tiene como objetivo bajar el contenido de aromáticos, lo que ha repercutido en su costo, incrementándolo.

Su demanda crecerá con una tasa de 2.6% anual de 1994 al 2005 y su consumo pasará de 245 000 a poco más de 315 000 bbd. Es de notar, los esfuerzos que ha realizado Pemex para mejorar la calidad, ya que ofrece dos tipos de este combustible. La meta es que para el 2005, todo el diesel que se consuma en el país sea libre de azufre o Diesel Sin⁵⁷.

B.3 Turbosinas

Su consumo actual es superior a los 44 000 bbd y se estima que llegará a más de 69 000 bbd para el año 2005, mostrando una tasa de crecimiento anual de casi 4%.

⁵⁶ Ibid.

⁵⁷ Mena Brito, C. 1994.

B.4 Combustóleo

Es el residuo de la refinación del petróleo, generalmente es utilizado dentro del sector transporte para la navegación. De aquí al año 2005, su uso se verá restringido por consideraciones ambientales y por la creciente sustitución del mismo por el gas natural. Su consumo actual de 67 millones de litros diarios crecerá con una moderada tasa anual de 0.35 por ciento en los próximos diez años.

B.5 Gas natural

El gas natural es una combinación de gases orgánicos que se forman naturalmente y que son recuperados en forma directa de yacimientos petrolíferos. La sustancia predominante es el metano, que representa más de 67% del volumen total.

Para lograr que un vehículo a gas natural tenga la misma autonomía que un vehículo a gasolina, el gas natural tiene que comprimirse o transformarse a estado líquido por métodos criogénicos, lo que obliga a un almacenamiento en tanques especiales de alta resistencia y por lo tanto de alto costo.

En México, para permitir el uso del gas natural en la carburación vehicular fue necesario modificar la legislación hacendaria y expedir normas de seguridad y comercialización de autopartes. Aunque el gas natural es barato, su empleo requiere de inversiones mayores en estaciones de abasto y equipos de conversión.

El programa de utilización de gas natural en la Zona Metropolitana, inició con carácter piloto desde 1992, con una oferta inicial de 90 millones de pies cúbicos diarios, suficiente para abastecer a 45 mil vehículos de uso intensivo.

Para cubrir las necesidades de abasto de gas natural comprimido que demandan los grupos pilotos de conversión, así como para demostrar la operación de su facilidad de carga, se acondicionó una gasolinera de abasto en el Instituto Mexicano de Petróleo y se construyó la primera estación de servicio público de gas natural comprimido, al norte de la ciudad, en la Av. Henry Ford. De esta forma se hizo la conversión de varios vehículos particulares, comerciales, microbuses y patrullas de policía.

De la misma manera se construyó una planta de licuefacción de gas natural dentro de las instalaciones del módulo 27 de Ruta 100, en la delegación Atzacozalco, haciendo la conversión de autobuses de pasajeros y camiones de carga comerciales. El precio del gas natural fluctúa de acuerdo con el mercado internacional de este combustible.

B.6 Gas licuado de petróleo (LPG)

Es una mezcla de gases, principalmente butano y propano. El gas licuado de petróleo puede ser almacenado, transportado y distribuido en forma líquida. Es un combustible de rápida vaporización lo cual mejora las condiciones de combustión, de encendido de chispa y sus emisiones de hidrocarburos evaporativos, plomo, bióxido de azufre y partículas son eliminadas completamente. Adicionalmente, al utilizar convertidores catalíticos de tres vías, los hidrocarburos en el escape se reducen en 90%, el monóxido de carbono en 80% y los óxidos de nitrógeno en 60%.

En febrero de 1992 se inició el Programa para "El Uso del Gas Licuado de Petróleo y Gas Natural Comprimido en el Autotransporte Público y Concesionado"; hasta agosto de 1994, se habían convertido al uso de gas licuado aproximadamente 27 mil unidades de transporte de carga y pasajeros. De éstos, más del 95% pertenecen a empresas cuyas flotillas de carga han recibido la exención al programa "Hoy no circula", como incentivo a la inversión realizada en equipo e instalaciones de suministro.

La empresa Petróleos Mexicanos abastece a la Ciudad de México con 15 000 bbd de gas licuado, que permiten la operación de 45 mil vehículos de uso intensivo. En relación con la seguridad de los equipos de carburación a gas diseñados e instalados conforme a las normas nacionales, compiten con los sistemas de carburación más sofisticados a gasolina o diesel, incluso en colisiones severas⁵⁸.

Actualmente existen seis estaciones de abasto y cuatro provisionales en la zona centro del país, más la gran mayoría de las empresas mercantiles que han convertido su flota vehicular a gas licuado han instalado estaciones de autoabasto en sus patios.

C. Metodología

Para estimar emisiones de gases de invernadero debidas a fuentes móviles, la información que se requiere es:

1. Tipo de combustibles usados en el sector transporte.
2. Tipo de tecnología que se emplea en la combustión.
3. Eficiencia del parque en circulación.
4. Tecnología para el control de las emisiones.

Los cálculos básicos que se usarán para estimar estas emisiones se pueden sintetizar como:

$$\text{Emisión} = S (\text{FE abc} * \text{Actividad abc})$$

⁵⁸ Comisión Metropolitana... 1994.

donde

FE : Factor de Emisión

Actividad : Cantidad de energía consumida para una fuente móvil dada

a : Tipo de combustible (diesel, gasolina, turbosina, etc.)

b : Tipo de vehículo (automóvil, autobuses, camiones, etc.)

c : control de emisiones (magna sin, nova, diesel sin, etc.)

Basándose en esta fórmula se siguen los siguientes pasos para realizar una estimación de las emisiones:

- Determinar la cantidad de energía consumida por tipo de combustible.
- Para cada tipo de combustible determinar la cantidad de energía consumida por cada tipo de vehículo (ver cap. 4).
- Multiplicar la cantidad de energía consumida por cada categoría de vehículo o medida de control de emisión, por el factor de emisión para tal categoría.

Las emisiones se sumarán a través de todas las categorías y tipos de vehículos para determinar el total de emisiones de fuentes móviles.

La metodología empleada es la recomendada por "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual". Los factores de emisión que se utilizarán fueron tomados directamente de este manual, siguiendo las recomendaciones de la "Environmental Protection Agency" de los Estados Unidos de América.

C.1 Calculo de emisiones de gases invernaderos debidas al uso intensivo de energía

Los gases invernaderos, mencionados con anterioridad, con respecto a los cuales se realizaron los cálculos son: NO_x, CH₄, NMVOC, CO, N₂O, CO₂. Se obtuvieron cifras para cada uno de ellos por actividad, modo de transporte y clase. Posteriormente se sumaron las cifras obtenidas por cada gas para contabilizar en su totalidad los gases invernadero debidos al sector transporte.

Tabla 18

Factores de emisión para estimar la cantidad de gases de invernadero producida por modo de transporte

Índice (Ton/MJ)	Aéreo	Marítimo	Ferrovionario
NO _x	2.9E-07	2.1E-06	1.8E-06
CH ₄	2.0E-09	n.d.	5.0E-09
NMVOC	1.8E-08	n.d.	1.3E-07
CO	1.2E-07	4.6E-08	6.1E-07
N ₂ O	n.d.	2.0E-09	2.0E-09
CO ₂	7.15E-05	7.74E-05	7.33E-05

Nota: n.d. - no disponibles

Fuente: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, pp 1.55-1.84

Tabla 19
Factores de emisión para estimar la cantidad de gases de invernadero producidas por vehículos automotores

Índice (ton/MJ)	ac	asc	au	apf	cd	egc	egsc
NOx	2.9E-07	3.9E-07	1.01E-06	1.01E-06	1.01E-06	2.5E-07	3.5E-07
CH4	1.62E-08	3.14E-08	1.0E-08	1.0E-08	1.0E-08	1.39E-08	2.0E-08
NMVOG	3.2E-07	1.14E-06	1.8E-07	1.8E-07	1.8E-07	3E-07	1.12E-06
CO	2.34E-06	7.33E-06	5.1E-07	5.1E-07	5.1E-07	1.88E-06	8.86E-06
N2O	4.9E-09	9E-10	1.9E-09	1.9E-09	1.9E-09	4.8E-09	5.0E-10
CO2	6.93E-05	6.93E-05	7.33E-05	7.33E-05	7.33E-05	6.93E-05	6.93E-05

Notas: ac - automóviles con catalizador
asc - automóviles sin
au - transporte de autobuses urbanos con catalizador
apf - transporte público federal o foráneo de pasajeros
cd - transporte de carga a diesel
egc - transporte de carga a gasolina con catalizador
egsc - transporte de carga a gasolina sin catalizador

Fuente: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, pp 1.55-1.84

D. Presentación de resultados

D.1 Por Modo

Tabla 20
Emisiones de gases de invernadero debidas al modo Aéreo (ton)

Gas	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	18672	18918	17062	20119	22442	23277	25867	27297	30721
CH4	129	131	118	139	155	161	178	188	212
NMVOG	1159	1174	1059	1249	1393	1445	1606	1694	1907
CO	7726	7828	7060	8325	9286	9632	10703	11295	12712
N2O	n.d.								
CO2	4603640	4664276	4206648	4960282	5533141	5739058	6377463	6730037	7574360

Nota: n.d. - no disponible

Tabla 21
Emisiones de gases de invernadero debidas
al modo Marítimo (ton)

Gas	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	43621	45087	45034	48665	56154	43944	8448	6373	55337
CH ₄	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NMVOX	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CO	956	988	987	1066	1230	963	185	140	1212
N ₂ O	42	43	43	46	54	42	8	6	53
CO ₂	1607751	1661778	1659834	1793644	2069689	1619658	311361	234897	2039557

Nota: n.d. - no disponible

Tabla 22
Emisiones de gases de invernadero debidas
al modo Ferroviario

Gas (ton)	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	43702	62644	42519	52427	50483	42255	42602	43077	45171
CH ₄	121	174	118	146	140	117	118	120	125
NMVOX	3156	4524	3071	3786	3646	3052	3077	3111	3262
CO	14810	21230	14409	17767	17108	14320	14437	14598	15308
N ₂ O	49	70	47	59	56	47	47	47	50
CO ₂	1779636	2551016	1731463	2134950	2055786	1720724	1734838	1754169	1839469

Nota: n.d. - no disponible

Tabla 23
Emisiones de gases de invernadero debidas
al modo Autotransporte

Gas (ton)	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	556328	529251	542761	582170	633104	686737	688569	692326	720513
CH ₄	21265	21339	22230	23903	25787	27964	27096	26163	25561
NMVOX	790968	799600	824717	890819	975771	1056155	982850	904069	843006
CO	5213416	5315766	5459821	5956126	6591730	7121265	6600286	6050463	5649522
N ₂ O	1126	1166	1241	1481	1639	1756	2215	2751	3419
CO ₂	67851249	67285323	69482318	76318018	83781502	90549791	91882608	93852961	9916712

D.1.1 Por Clase del modo Autotransporte

Tabla 24
Emisiones de gases de invernadero debidas
a Camiones de Carga que consumen diesel (ton)

Gas	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	170231	129209	130919	134783	151199	166055	171129	162802	192947
CH ₄	1685	1279	1296	1334	1497	1644	1694	1612	1910
NMVOG	30338	23027	23332	24021	26946	29594	30498	29014	34387
CO	85958	65244	66108	68059	76348	83850	86412	82207	97429
N ₂ O	320	243	246	254	284	312	322	306	363
CO ₂	1235436	9377246	9501373	9781776	10973184	12051344	12419538	11815224	1400299

Tabla 25
Emisiones de gases de invernadero debidas
a Camiones de Carga que consumen gasolina y no tienen catalizador (ton)

Gas	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	68511	72808	69101	84487	106167	112479	99625	87882	87192
CH ₄	3915	4160	3949	4828	6067	6427	5693	5022	4982
NMVOG	219236	232984	221124	270357	339736	359934	318799	281222	279015
CO	1734311	1843073	1749245	2138717	2687551	2847338	2521931	2224670	2207205
N ₂ O	98	104	99	121	152	161	142	126	125
CO ₂	1356521	14415908	13682020	16728340	21021135	22270937	19725711	17400637	1726402

Tabla 26
Emisiones de gases de invernadero debidas
a Camiones de Carga que consumen gasolina y tienen catalizador

Gas (ton)	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	616	2360	2903	6668	9223	9270	19173	31521	53051
CH ₄	34	131	161	371	513	515	1066	1753	2950
NMVOG	739	2832	3484	8002	11068	11124	23007	37826	63661
CO	4629	17750	21834	50145	69357	69713	144179	237041	398942
N ₂ O	12	45	56	128	177	178	368	605	1019
CO ₂	170632	654277	804825	1848435	2556625	2569723	5314699	8737728	14705685

Tabla 27
Emisiones de gases de invernadero debidas
a autobuses del autotransporte público federal (ton)

Gas (ton)	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	72982	74170	75647	82931	84850	95758	97986	107855	104626
CH ₄	723	734	749	821	840	948	970	1068	1036
NM VOC	13007	13218	13482	14780	15122	17066	17463	19222	18646
CO	36852	37452	38198	41876	42845	48353	49478	54461	52831
N ₂ O	137	140	142	156	160	180	184	203	197
CO ₂	5296628	5382865	5490007	6018670	615796	6949539	7111269	7827499	7593168

Tabla 28
Emisiones de gases de invernadero debidas
a Autobuses urbanos

Gas (ton)	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	66507	70899	70752	71915	76300	78496	79654	87650	88058
CH ₄	658	702	701	712	755	777	789	868	872
NM VOC	11853	12635	12609	12817	13598	13989	14196	15621	15694
CO	33583	35800	35726	36314	38528	39637	40221	44259	44465
N ₂ O	125	133	133	135	144	148	150	165	166
CO ₂	4826727	5145426	5134770	5219203	5537429	5696783	5780834	6361135	6390759

Tabla 29
Emisiones de gases de invernadero debidas
a Automóviles que tienen catalizador
(ton)

Gas	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	1645	5870	8107	15290	17032	17754	36887	58349	75477
CH4	92	328	453	854	951	992	2061	3259	4216
NMVOG	1815	6477	8945	16872	18794	19590	40703	64385	83285
CO	13271	47365	65411	123378	137431	143255	297637	470815	609020
N2O	28	99	137	258	288	300	623	986	1275
CO2	393015	1402732	1937185	3653890	4070079	4242565	8814649	13943377	18036357

Tabla 30
Emisiones de gases de invernadero debidas
a Automóviles que no tienen catalizador
(ton)

Gas	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
NOx	175836	173935	185332	186095	188332	206925	184116	156267	119162
CH4	14157	14004	14922	14983	15163	16660	14824	12581	9594
NMVOG	513982	508425	541741	543971	550508	604856	538184	456779	348319
CO	3304811	3269082	3483298	3497637	3539670	3889120	3460427	2937010	2239631
N2O	406	401	428	429	435	478	425	361	275
CO2	31244670	30906869	32932140	33067703	33465090	36768900	32715908	27767362	2117413

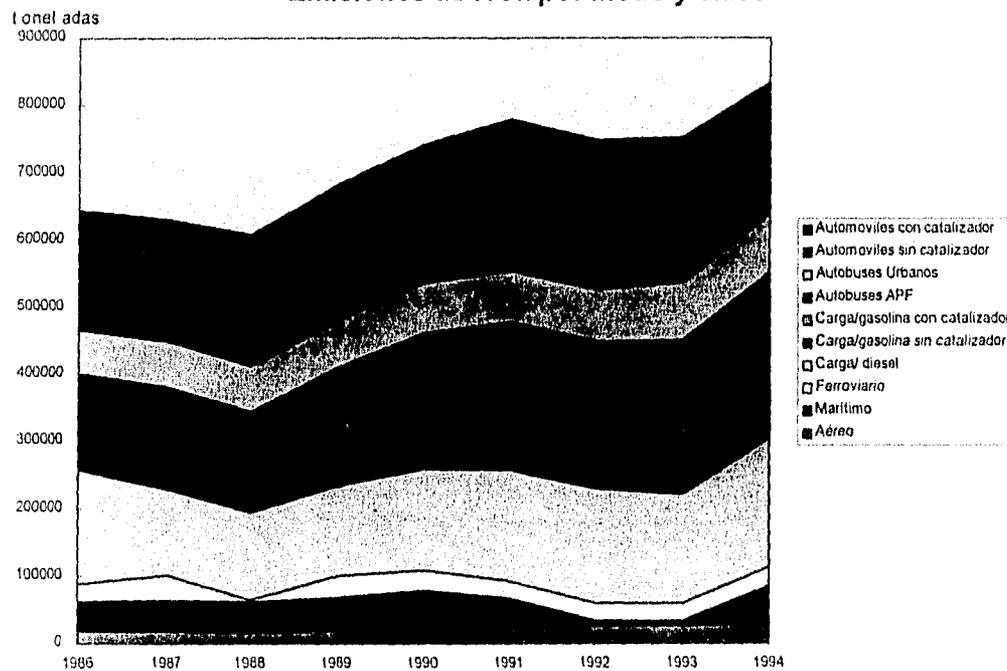
ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

D.2 Por tipo de gas de invernadero

D.2.1. Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Los vehículos automotores son responsables por una proporción alta de las emisiones de NOx antropogénicas. Estas emisiones se relacionan a las mezclas de aire- combustible y la temperatura de combustión, así como al uso del convertidor catalítico. Para vehículos que no cuentan con ningún tipo de control, las emisiones de NOx de vehículos a diesel son menores a aquellos que utilizan gasolina, y aún menores que los vehículos de trabajo pesado a los de trabajo ligero en una base por ton-km. Los vehículos de trabajo pesado contribuyen significativamente con emisiones que son más difíciles de controlar que los de trabajo ligero.

Fig. 17
Emisiones de NOx por modo y clase

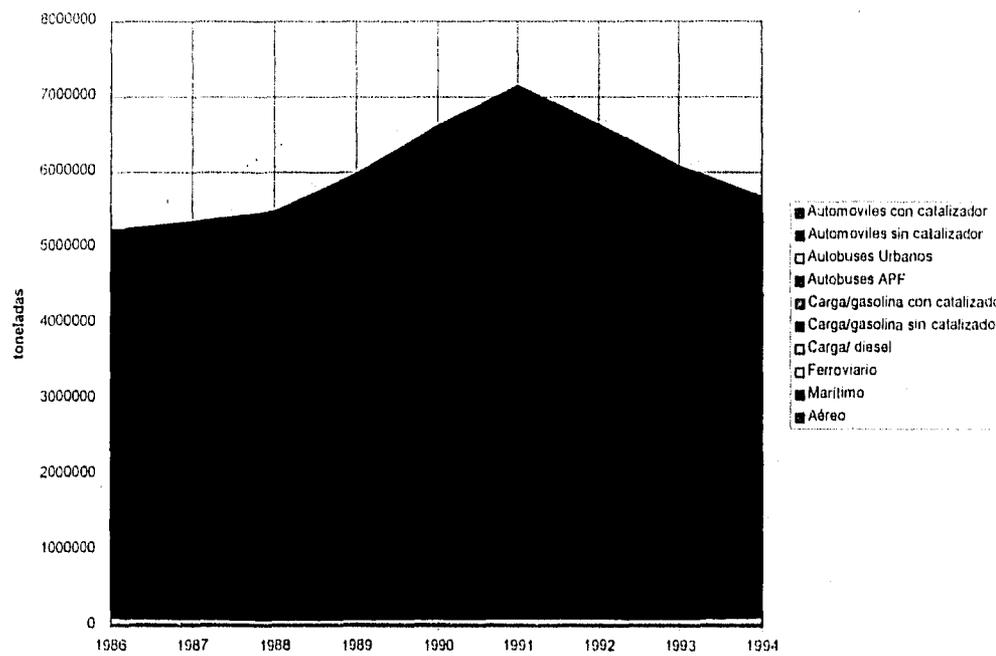


Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del estudio

D.2.2. Monóxido de Carbono (CO)

La mayoría de las emisiones de CO debidas a una combustión provienen de vehículos automotores. Las emisiones de CO son función de la eficiencia de la combustión y de los controles de emisiones en la postcombustión. Las emisiones son mayores cuando la mezcla aire-combustible es rica en este último, con lo que se presenta una cantidad menor del oxígeno que es requerido. Esto ocurre especialmente a baja velocidad, en condiciones de arranque en frío para vehículos que emplean bujías y cuando el vehículo se encuentra encendido sin moverse.

Fig. 18
Emisiones de CO por modo y clase

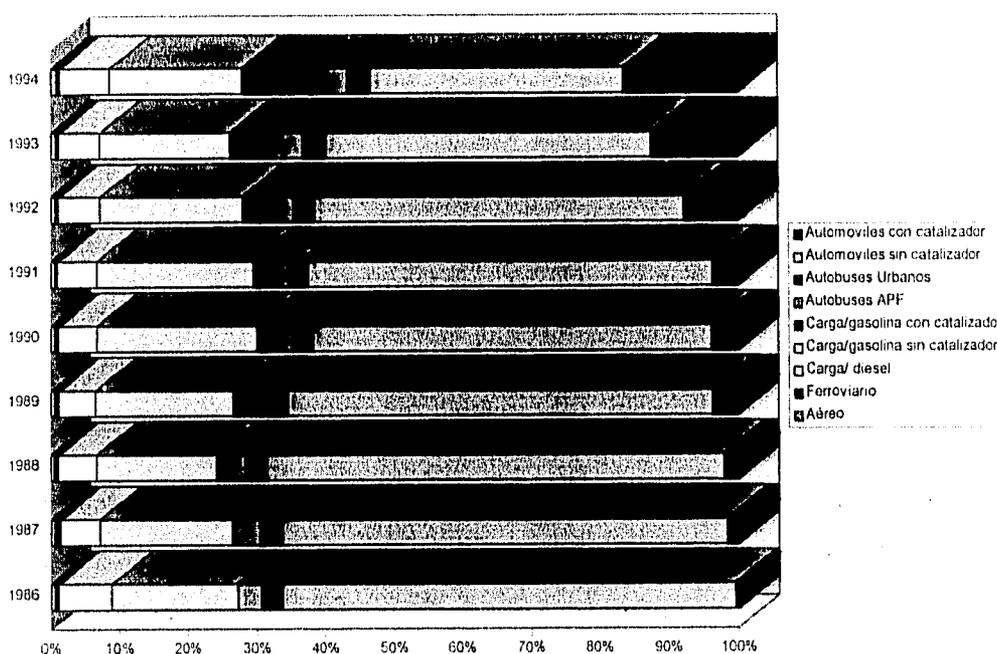


Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en este mismo estudio

D.2.3. Metano y otros hidrocarburos volátiles (CH₄ y NMVOC)

Las emisiones de CH₄ y NMVOC son función del contenido de metano del combustible, del contenido de hidrocarburos que no son quemados por el motor y por uso de convertidor catalítico. En motores que no tienen ningún tipo de control, las emisiones de hidrocarburos no quemados incluyendo CH₄ son mayores a bajas velocidades y cuando el vehículo se encuentra encendido sin moverse; vehículos mal afinados tienen emisiones particularmente más altas de hidrocarburos totales.

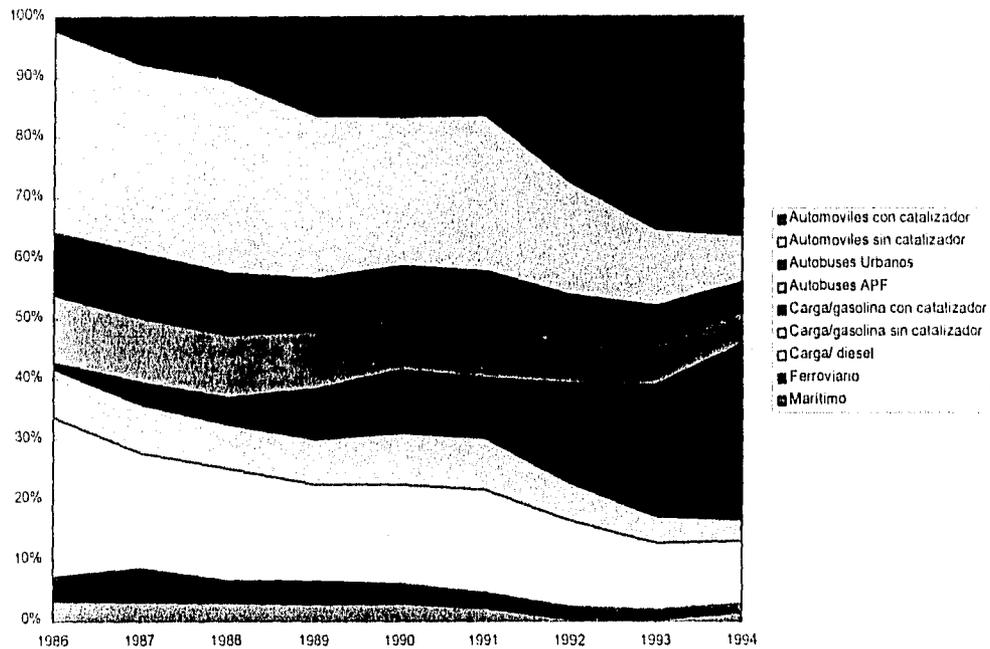
Fig. 19
Emisiones de CH₄ por modo y clase



D.2.4. Óxido Nitroso (N₂O)

Las emisiones de N₂O sólo han empezado a ser estudiadas de forma reciente, por lo que los indicadores utilizados pueden ser "benignos" por obtener un resultado abajo de la realidad. Este compuesto se presenta principalmente cuando se usan convertidores catalíticos, es por esto, que conforme se utilicen en mayor grado vehículos con esta característica, las emisiones de este gas aumentarán sustancialmente.

Fig. 20
Emisiones de N₂O por modo y clase

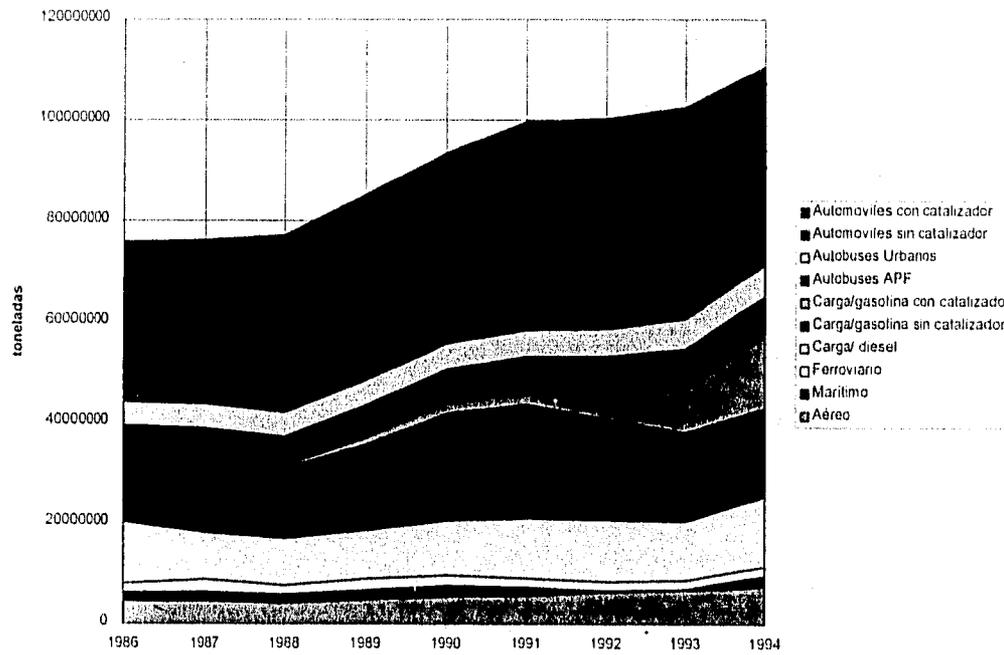


Fuente: Elaboración propia con datos del mismo estudio

D.2.5. Bióxido de Carbono (CO₂)

Debido a que el sector de transporte es uno de los mayores consumidores de energía, es una fuente muy importante de CO₂, que como ya se dijo con anterioridad es el principal producto de la combustión de hidrocarburos.

Fig. 21
Emisiones de CO₂ por modo y clase



Fuente: Elaboración propia con datos del mismo estudio

E. Conclusiones

El efecto del transporte sobre el medio ambiente se observan en las emisiones producidas por esta actividad, ya que existe una relación directa entre el consumo de combustibles y la emisión de gases de invernadero

En el periodo comprendido entre 1986 a 1994, en promedio el 87.3% de las emisiones de NOx correspondieron al autotransporte, 3.1% al modo aéreo, 5.6% al marítimo y el resto al ferroviario. En lo que respecta a la emisión de bióxido de carbono sumando la cantidades para el periodo de referencia se obtienen 828 060 024 ton de este gas, emitido en mayor porcentaje por el autotransporte (90% en promedio) le sigue el transporte aéreo con un 6.1%, el ferroviario con un 2.2% y el marítimo con 1.6% promedio del total.

En lo que respecta a las emisiones de CH₄, NMVOC, CO y N₂O el autotransporte emite en promedio anual más del 98% de estos gases. Para el modo aéreo su contribución a la emisión de gases invernadero es la siguiente: 0.6% promedio anual de CH₄, 0.2% de NMVOC y CO. En el transporte marítimo no se han cuantificado las emisiones de CH₄ y NMVOC, es por ello que en las tablas aparece como n.d. (no disponible), pero de CO emite el 0.01% total en promedio anual y 2.3% de N₂O y por último el modo ferroviario el cuál contribuye con el 0.5% promedio anual de CH₄, 0.4% de NMVOC, 0.3% de CO y 3.1% de N₂O.

De las cifras antes mencionadas, se recalcó el hecho de que el modo autotransporte es el que produce la mayor cantidad de contaminantes, es por ello que a continuación se presenta un desglose promedio comprendido entre 1986 a 1994 de las emisiones de gases de invernadero en las distintas clases que se divide al autotransporte (tabla 30).

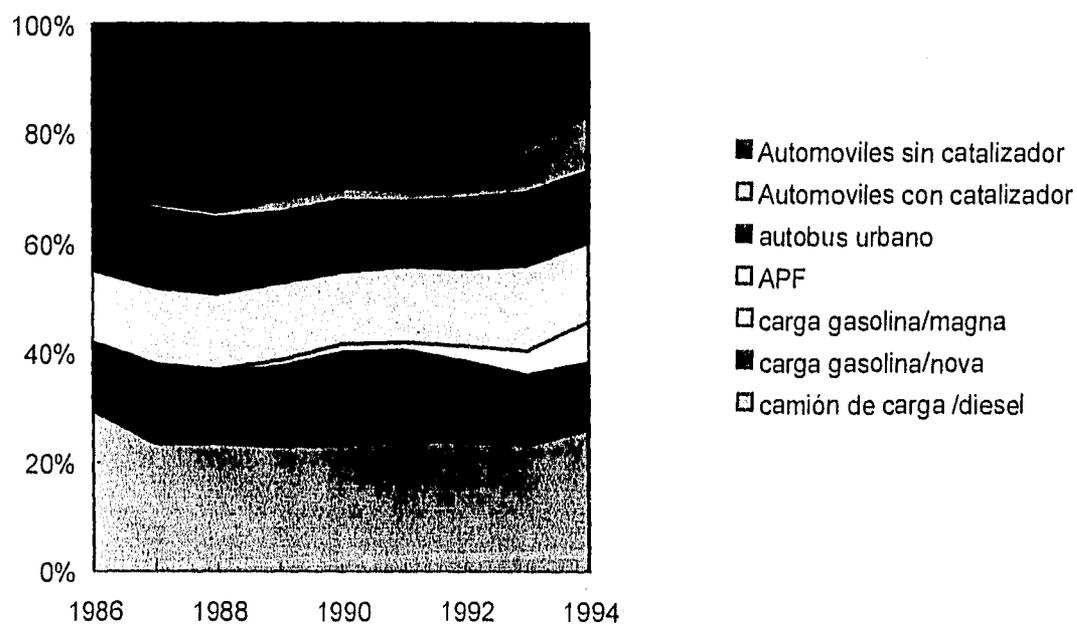
Se encuentran señaladas en la tabla siguiente las cifras mayor y menor en producción de los diferentes gases. En el caso de automóviles de modelos anteriores a 1988 el uso de la gasolina Nova provoca el mayor daño al ambiente al emitir aproximadamente en 1994, 119 161 ton de NOx, 9 594 ton de CH₄, 348 319 ton de NMVOC, 2 239 630 ton de CO, 275 ton de N₂O y 21 174 135 ton de CO₂.

De igual forma se puede afirmar que las emisiones de escape de los automotores que consumen gasolina aporta la mayor cantidad de contaminantes presentes en el medio ambiente y precursores del efecto invernadero. La lógica de producción de la energía secundaria en el futuro cercano, no tendrá extremas dificultades en expandir el volumen de oferta. Su verdadero reto consiste en incorporar la variable ambiental en sus proyectos.

Tabla 31
Emisiones promedio de gases de invernadero comprendidas entre 1986 - 1994
 (%)

Tipo	NOx	CH ₄	NMVOOC	CO	N ₂ O	CO ₂
camión de carga / diesel	24.47	6.17	3.06	1.29	17.10	13.59
camión de carga / nova	13.96	20.23	31.06	36.74	7.40	21.12
camión de carga / magna	2.19	3.22	2.00	1.87	11.93	4.53
autobuses del servicio publico federal	14.11	3.55	1.76	0.74	9.73	7.84
autobuses urbanos	12.87	3.24	1.6	0.68	8.98	7.13
automóviles / magna	3.89	5.7	3.2	3.50	19.48	6.93
automóviles / nova	28.47	57.85	57.28	55.14	25.33	38.86
Total (%)	100	100	100	100	100	100

Fig. 22
Participación promedio en la emisión de gases invernadero
de forma desagregada para el modo Autotransporte



Fuente Elaboración propia con datos del mismo estudio

CONCLUSIONES GENERALES

A lo largo de la última década la economía mexicana ha transitado por un severo proceso de ajustes y cambios estructurales. El sector transporte no ha sido la excepción a esta situación, los consumos de energía de los diferentes modos, actividades y clases han sido testigos fieles de los altibajos de la economía mexicana.

En la primera parte del trabajo se destacó la importancia del sector dentro del ámbito económico y cultural del país, se analizó su desarrollo dentro del ámbito nacional. Posteriormente se estudió su papel como demandante de energéticos y las implicaciones ambientales de estos consumos.

La participación del Sector Transporte para el desarrollo de cualquier país ha quedado de manifiesto en el hecho de que es necesario regular su crecimiento, no sólo por el impacto que éste origina en la economía, sino que actualmente su impacto en el medio ambiente lo hace un punto de atención para empezar a combatir este problema.

La legislación mexicana en su artículo cuarto constitucional reconoce a los mexicanos el derecho a la protección de la salud, principio que puede ser interpretado de manera amplísima a partir del cual se puede asumir que la garantía individual otorga el derecho a un ambiente sano y a una adecuada calidad de vida. Este artículo es suficiente para garantizar el bienestar de la población, ninguna modificación garantizará el respeto al equilibrio entre el medio y el hombre por lo que realizar reformas en la Carta Magna para actualizar su significado agregando palabras como calidad, sustentabilidad, etc. son irrelevantes.

La regulación debe proteger los recursos naturales bajo el principio del desarrollo sustentable, de aquí es importante el hecho de que la Constitución cuenta con dos artículos (4 y 27) que consideran la protección del medio ambiente para un desarrollo adecuado para la sociedad, de tal forma se han creado mecanismos secundarios para reglamentar su cumplimiento como fueron las distintas leyes, reglamentos y normas publicadas a partir de 1971 hasta la fecha.

A partir de conocer el marco legislativo sobre el cuál el sector tendrá que sustentar su desarrollo, es necesario comprender las características de su demanda; es por ello que se realizó un estudio especial del sector en cuanto a su actividad y el impacto que origina la demanda de energéticos en el medio ambiente.

En cuanto a su actividad resaltan hechos importantes en el periodo comprendido de 1986 a 1994, tales como:

- El desarrollo de políticas que favorecieron el transporte por carretera, debilitándose de manera importante la posición de los ferrocarriles en el transporte terrestre. El autotransporte de carga aumentó su participación en el transporte de mercancías en un 14% con respecto del total de toneladas-kilómetros transportadas en territorio nacional en 1986, pasando su participación al 73%.
- La participación del ferrocarril en el transporte de disminuyó en este periodo a una tasa del 1.5% en términos de toneladas-kilómetro, pasando de 40 608 a 35 100 millones de ton-km.

La hegemonía que tiene el transporte carretero sobre otros modos se debe a que las políticas de transporte nacionales han favorecido el desarrollo de su infraestructura.

- Con una participación menor al 11% el modo marítimo ha participado en el movimiento de carga, registró una tasa de crecimiento del 4% para alcanzar un total de 21 008 millones de ton-km al final del periodo.
- En el transporte de pasajeros destaca el uso de vehículos automotores, al representar más del 95% del total de pas-km registrados en territorio nacional a lo largo del periodo 1986-1994. Dentro de este porcentaje es necesario recalcar el hecho de que en el modo autotransporte, la clase que reporta la mayor participación en pas-km es el autobús urbano.

Dentro de la renovación del parque automotor las ventas juegan un papel importante, es por ello que el efecto de estancamiento económico no sólo se advierte en los altibajos de las ventas de vehículos, sino también en la inclinación de los usuarios por adquirir automóviles de menor precio y menor costo de operación.

- Al finalizar 1994 se registran movimientos importantes en el modo aéreo, ya que las dos empresas aéreas más importantes del país estaban operando técnicamente en quiebra. Esto ilustra se porque el transporte aéreo aportó 2.4% del PIB del sector transporte en 1993, cuando en 1986 aportaba 5%. No obstante, la participación de este modo en el total de pasajeros se incrementó, al pasar del 1.6 al 2.3%

De acuerdo a cifras mencionadas anteriormente, la flota aérea creció 183% al pasar de 89 a 252 aeronaves. Desde 1988 el transporte aéreo opera bajo nuevas condiciones de libre competencia, se inicia una etapa nueva en su historia.

Como demandante de energía destacan los siguientes hechos:

- El sector transporte es uno de los mayores consumidores de energía, por lo tanto juega un papel importante en el mercado energético nacional, ya que la magnitud

de la demanda de energía del transporte ha sido en promedio de 1986 a 1994 del 1 311 596 TJ, que representan el 29% del consumo final nacional de energía.

- En México, dentro del sector transporte resalta el uso de derivados de petróleo, es decir, gasolina, diesel, gas licuado, combustóleo y turbosina. Dentro de éste, la infraestructura de cada modo de transporte influye en el consumo energético, como se vió en el capítulo 4.
- Por lo tanto la demanda de energía en el sector transporte se traduce en consumo de combustibles fósiles, ya que más del 90% del total se deriva de hidrocarburos. Este consumo no se modificará ni en el corto ni mediano plazo ya que los instrumentos de política energética nacional no alientan el uso de nuevas tecnologías y combustibles alternativos.
- La política de precios de combustibles para el sector transporte se orienta al uso de gasolina y diesel en detrimento de un posible uso de gas natural comprimido, jugando un papel importante en el esquema impositivo del gobierno federal. Esta situación se ha reforzado dado que el gobierno ha preferido mejorar y reformular dichos combustibles dejando de lado la posibilidad de utilizar otro tipo de vehículos o combustibles.
- Por estas razones las gasolinas y el diesel mantendrán durante un largo periodo su hegemonía como los combustibles base en el sector transporte, siendo una opción viable el mejorar la eficiencia del parque vehicular y tomar medidas que mejoren la vialidad tanto en las ciudades como en las carreteras mejorando la infraestructura y coordinación adecuada entre semáforos.
- Además es necesario desalentar el uso del transporte privado, intensificando el uso del transporte público, así como promover otros modos de transportación para carga como el ferrocarril.
- En 1994 el modo autotransporte demandó 54 veces más energéticos que el ferrocarril y representó el sector con el mayor consumo al registrar el 90% de la demanda total en este sector. Para el modo marítimo se tiene una discontinuidad en 1992 y 1993 al registrar un descenso de más del 80% en su consumo para en 1994 recuperar su ritmo, esta baja no tienen ninguna explicación lógica.

En su aspecto ambiental

- En 1995 se hace público en México el inventario de emisiones de gases de invernadero, conforme a los acuerdos de la Cumbre de Río de Janeiro en 1992. En esta reunión se indica que los países miembros de la Convención de Cambio Climático deberán elaborar, actualizar, publicar y facilitar periódicamente a la Conferencia de las Partes, inventariar las emisiones generadas por actividad a

nivel nacional, para realizar este inventario es necesario conocer no sólo la oferta, sino la demanda del mercado energético para así analizar las fuentes de emisiones desde su origen y no como cálculo del consumo total de energéticos.

- México contribuye a nivel global con 1.4% de las emisiones que causan el efecto invernadero, ocupando de tal forma el noveno lugar después de Estados Unidos, Rusia, China, Japón, Brasil, Alemania, entre otros.⁵⁹
- El sector transporte contribuye con la siguiente cantidad de toneladas emitidas de gases de invernadero:

Tabla 32
Conteo total de las emisiones producidas
por el Sector Transporte en México
(ton)

Gas	1986	1987	1988	1989	1990
NOx	644841	630842	630368	682409	741990
CH ₄	21514	21643	22466	24187	26081
NM VOC	795283	805298	828846	895854	980810
CO	5236907	5345811	5482276	5983284	6619354
N ₂ O	1215	1278	1330	1585	1748
CO ₂	75842277	76162392	77080262	85206894	93440118

Gas	1991	1992	1993	1994	total 86-94
NOx	779311	748444	751841	833673	6443724
CH ₄	28241	27392	26470	25897	223897
NM VOC	1060651	987532	908874	848175	8111326
CO	7146179	6625611	6076496	5678754	54194675
N ₂ O	1845	2270	2805	3521	17601
CO ₂	99629232	100306270	102572065	110620515	820860024

- De 1986 a 1994, las emisiones de gases invernadero han crecido en proporción directa con el consumo de energéticos, es decir en 1986 se generaron 644 841 ton de NOx, tuvo dos máximos en 1991 y 1994 cuando registró un aumento del 21% y del 30% con respecto a 1986 (año base). Con respecto a las emisiones de metano, alcanzaron un máximo en 1991 cuando registró un aumento del 31% para posteriormente disminuir un 10% con respecto al máximo. Para los compuestos volátiles de carbono sin el metano esta cifra en 1986 fue de 795 283

⁵⁹ INE, 1995.

ton, de igual forma registrando su máximo en 1991 con un aumento del 33% para luego registrar un descenso hasta alcanzar 848175 ton. De monóxido de carbono para 1986 obtuvo la cantidad de 5 236 907 ton registrando una tasa de crecimiento continua para llegar a su máximo en 1990 con un 10% con respecto al año anterior, a partir del cual desciende hasta un 14% con respecto al máximo. El óxido nitroso presenta una tasa de crecimiento positiva durante todo el periodo registrando de igual forma dos máximos en los periodos comprendidos de 1988-1989 y 1991-1992 cuando registró una tasa de crecimiento del 19% y del 23% respectivamente. Del bióxido de carbono se registró una tasa de crecimiento anual del 4%, a pesar de ser una de las tasas menores, es el gas que contribuye en mayor grado en el efecto invernadero. De igual forma se puede decir, que las cantidades de metano y NOx no resultan significativas en cuanto a cantidad, pero el daño que generan es uno de los de mayor impacto potencial negativo en el calentamiento global.

Todos estos elementos muestran en forma concreta las características, importancia e impacto del consumo energético del transporte en México.

Referencias Bibliográficas

- Abrahamson, E (ed).** 1989. *The Challenge of Global Warming*. Natural Resources Defense Council. Island Press. Washington.
- Adem, Julian.** 1992. Estimación del cambio climático global. *Ciencia*. Vol. 43, número especial: 9-10.
- Alanís, Gustavo.** 1995. Reforma Constitucional en Materia Ambiental. *Teorema*. Vol. 2. No. 2: 46.
- Alvarez Garibay, J.** 1995. Excesos de los Mecanismos de Control Ambiental. *Teorema*. Vol. 2. No. 2: 48-49.
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA).** 1996. *Mercado de Ventas 1994*. México, D.F.
- Banco Mundial.** 1986. *Transportes Urbanos*. Banco Mundial. Washington, D.C.
- Bazán Navarrete, G. y González Cruz, L.** 1995. *Nuevos combustibles para el sector transporte en México: El caso del diesel y del gas natural y sus repercusiones ambientales*. Pemex-Refinación. Inédito.
- Behrens, A. et al.** 1991. *CO2 Emissions from Developing Countries: Better Understanding the Role of Energy in the Long Term. Vol II. Argentina, Brazil, México, and Venezuela*. Lawrence Berkeley Laboratory. University of California.
- Bravo, H. y Magaña, R.** 1979. The actual air pollution situation in Mexico City. *Luft*. Vol. 39. No. 11: 1-7.
- Camarena, Margarita.** 1985. *El transporte, ritmo de México*. Instituto de Inv. Sociales-UNAM. México, D.F.
- Comisión Metropolitana para la prevención y control de la contaminación ambiental en el Valle de México.** 1994a. *Avances sobre la evaluación y modernización del programa Hoy No Circula*. Departamento del Distrito Federal. México, D.F.
- Comisión Metropolitana para la prevención y control de la contaminación ambiental en el Valle de México.** 1994b. *Informe ejecutivo de la calidad del aire (1991-1993)*. Departamento del Distrito Federal. México, D.F.

Comisión Metropolitana para la prevención y control de la contaminación ambiental en el Valle de México. 1994c. *La contaminación atmosférica en el Valle de México, acciones para su control.* Departamento del Distrito Federal. México, D.F.

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. 1990. *Consumo de Energía en el Sector Transporte, preselección de acciones para el ahorro de energía.* SEMIP-Subsecretaría de Energía. México D.F.

Correa, R. 1995. El transporte, uno de los principales factores en el DF. *Gaceta UNAM.* 26 de octubre de 1995. No.2964:12.

Diario Oficial de la Federación. Varios números. Gobierno de la República. México D.F.

Dychter, A. 1995. Entrevistado en *Expansión.* Vol 27. No. 667. pp 38-42. México D.F.

Escobar, C. 1995. Avances en el desarrollo tecnológico de combustibles y motores para el transporte. *Boletín de la Asociación Mexicana para la Economía Energética.* Vol. 1 No. 4.

European Conference of Ministers of Transport. 1990. *Transport policy and the Environment.* Paris, France.

Galindo, I. 1989. Transformaciones energéticas en la atmósfera urbana originadas por la contaminación atmosférica. *Ecología Urbana.* Sociedad Mexicana de Historia Natural, México. D.F. pp. 7-18.

Goldemberg, J., Johansson, T. 1987. *Energy for development.* World Resources Institute. New York, USA.

Greenpeace. 1992. *El impacto del automóvil sobre el medio ambiente.* Greenpeace América Latina. Santiago, Chile.

Häfele, W. 1989. Etapa de transición de los sistemas energéticos conforme a las condiciones ambientales y del suministro. *Boletín de la OIEA.* No. 2: 5-11.

Iansiti, E. y Niehaus, F. 1989. Repercusiones de la producción de energía en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. *Boletín del OIEA.* No.2:12-20.

Intergovernmental Panel for the Change in the Climate (IPCC). 1995. *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference Manual.* United Nations. New York.

El Financiero. Varios números. México D.F.

Howarth, R., Monahan, P. 1992. *Economics, Ethics, and Climate Change Policy.* LawrenceBerkley Laboratory LBL-33230. California, USA.

- Informe de Gobierno.** 1994. *Informe de Gobierno de Carlos Salinas de Gortari.* Anexos Estadísticos. México D.F.
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT).** 1991. *Diagnósticos Energéticos en el Sector Transporte.* Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Querétaro, Qro.
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT).** 1989, 1992. *Manual Estadístico del Sector Transporte.* Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Querétaro, Qro.
- Instituto Nacional de Ecología (INE).** 1995. *Preliminary National Inventory of Greenhouse Gas.* Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica y Economía (INEGI),** 1990, 1994. *La industria Automotriz en México.* México D.F.
- Islas, V.** 1992. *Estructura y Desarrollo del Sector Transporte en México.* Colegio de México. México D.F.
- Jáuregui, E.** 1992. Evaluación preliminar del impacto del programa Un día sin auto en los niveles de contaminación en el D.F. *GeoUNAM.* No. 6: 16-18.
- Kemp, D.** 1991. *Global environmental issues: A climatological approach.* Routledge. New York.
- Leff, Enrique.** 1994. De política, políticas de desarrollo y políticas ambientales en América Latina. *Desarrollo sustentable: retos y prioridades.* Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.
- Levin, M.D. y S. Meyers.** 1991. The contribution of Energy Efficiency to Sustainable Development in Developing Countries. *Climate Change and Energy Policy.* American Institute of Physics. New York.
- Lovins, A. y L. Lovins.** 1991. Least Cost Climate Stabilization. *Limiting Greenhouse Effects: Controlling Carbon Dioxide Emissions.* Wiley N.Y. USA.
- Madrid, Miguel de la.** 1994. Reflexiones sobre el concepto de desarrollo sustentable. *Desarrollo sustentable: retos y prioridades.* Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.
- Masera, O.** 1992. Emisiones de gases invernadero en Latinoamérica. *Ciencia.* Vol. 43, número especial: 35-40.
- Matamoras, M.E. y Pie O.E.** 1990. Las gasolinas y sus aditivos. *Dynamis.* Vol. 2. No.1:5-10.
- Matus, M.F.** 1995. Transporte: industria estrangulada. *Expansión.* Vol 27. No 667. pp.34-37. México D.F.

Mendiola, G. 1995. Transporte todavía sin rumbo. *Expansión*. Vol 27. No 667. pp.23-33. México D.F.

Meyers, S. y Schipper, L. 1992. World energy use in the 1970s and 1980s: Exploring the changes. *Annu. Rev. Energy Environ.*No. 17: 463-505.

Micheli, J. 1994. *Globalización y producción de automóviles en México*. UNAM. México, D.F.

Organización Mundial para la Salud. 1996. Automóviles, los principales contaminantes. *Teorema*. Vol. 2. No. 8: 10-11.

Pemex. Agosto de 1995. *Seguimiento de la demanda interna de petrolíferos y gas natural al mes de julio de 1995*. Pemex-Dirección Corporativa de Finanzas. México, D.F.

Pie, O.E. 1989. Situación nacional de las gasolinas y sus aditivos. *Dynamis*. Vol. 1. No.5:11-13

Programa integral contra la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de la Ciudad de México (PICCA). 1992. *Avances a diciembre de 1992*. Comisión Metropolitana para la prevención y control de la contaminación ambiental en el Valle de México.

Programa Universitario de Energía. 1987. *Foro de Consulta: Racionalidad Energética en el Sector Transporte en México*. UNAM. México D.F.

Quadri, Gabriel y Sánchez L. 1992. *La Ciudad de México y la contaminación atmosférica*. Departamento del Distrito Federal. México, D.F.

Reforma. 1994, 1995. Varios números. México D.F.

Reyes Luján, S. 1994. Política ambiental para el desarrollo sustentable. *Desarrollo sustentable: retos y prioridades*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.

Riveros, H.G. 1990. Consumo de petróleo y contaminación ambiental. *Dynamis*. Vol. 2. No. 1:11-16.

Riveros, Héctor. 1994. Consumo de petróleo y contaminación ambiental. *Calidad Ambiental*. Vol. 1. No. 7: 7-12.

Schipper, L., Kettorf, A., et al. 1985. Explaining Residential Energy Use by International "Bottom-up" Comparisons. *Annual Review of Energy*. Vol.10: 341-405.

Schipper, L. and Meyers, S. et al. 1992. *Energy Efficiency and Human Activity: past trends, future prospects*. Cambridge University Press, U.K.

Schipper, L, et al. 1992. *World Energy: Building a Sustainable Future*. Stockholm Environment Institute. Stockholm Sweden.

Schneider, S. 1989. The changing climate. *Scientific American*. Vol. 261. No.3:70-80.

Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. 1983. *Pruebas de homologación de los automóviles modelo 1983*. Subdirección de la Industria Automotriz y del Transporte. México, D.F.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi). 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990a, 1991. *Tablas de homologación de los automóviles modelo 1984-1991*. Subdirección de la Industria Automotriz. México, D.F.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi). 1990b, 1994. *Rendimientos mínimos promedios por marca y modelo*. Subdirección de la Industria Automotriz. México, D.F.

Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal (SEMIP). 1986, 1987, 1988, 1989, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994. *Balance Nacional de Energía*. México D.F.

Sheinbaum, C. et al. 1994a. Energía y transporte de pasajeros en la zona metropolitana de la Ciudad de México. *Conferencia Internacional: Hacia un Transporte Limpio: vehículos limpios de bajo consumo*. Cd. de México, México. 28 al 30 de marzo.

Sheinbaum, C. et al. 1994b. *Transportation energy use in Mexico*. Lawrence Berkeley Laboratory. University of California.

Socolow, R.H. 1977. The coming age of conservation. *Annual Review of Energy*. Vol.2:239-289.

Soto, P.A. 1995. La crisis del transporte en México. *Humanidades*. No. 111:10-11.

UNAM. 1989. Gasolinas oxigenadas. *Dynamis*. Vol. 1. No. 4: 11.

UNAM. 1989. La política de hidrocarburos en el proceso de reordenación económica. *Dynamis*. Vol. 1. No. 4: 13-14.

UNAM, SEDUE. *Memorias del Simposio Energía y Medio Ambiente*. 1984. Programa Universitario de Energía. México D.F.

UNEP. May 1992. *UNEP Greenhouse gas abatement costing studies. Phase Two Appendix: Guidelines*. United Nations Environment Program. Riso National Laboratory. Denmark.

Urquidi, Victor. 1994. Desarrollo sustentable e incentivos económicos. *Desarrollo sustentable: retos y prioridades*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.

Vargas, R. y Bauer M. (Eds). 1995. *México-Estados Unidos. Energía y Medio Ambiente*. UNAM. México D.F.

Apéndice

Metodología para obtener el Promedio Pesado (PP)

1. Se obtuvo el promedio porcentual de ventas por tipo de vehículos: populares, compactos, de lujo, deportivos e importados; estructura porcentual de ventas (EPV)
2. Este se multiplicó por el rendimiento oficial obtenido (PREMCE) tomado como promedio de todas las marcas.
3. Este resultado se "castigó" multiplicándolo por un factor menor a 1. Este factor (fc) dependió de la edad del parque vehicular y de las cifras obtenidas de la Cámara Nacional de Autopartes (proporcionadas por CONAE).

$$PP = \sum_{1986}^{1994} (EPV \times PREMCE_{prom} \times fc_{prom})$$

A continuación se presentan las tablas de datos.



Estructura porcentual de ventas de nuevas unidades automotrices

Tipo	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Populares	58.16	60.29	52.39	53.40	60.57	57.70	53.57	58.89	58.92
Compactos	31.87	29.35	37.57	38.00	31.26	33.79	36.32	33.85	24.01
De Lujo	7.20	8.58	8.19	7.26	5.55	6.20	7.92	5.49	3.52
Deportivos	2.78	1.78	1.85	1.33	1.54	0.98	0.83	0.95	0.47
Importados	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	1.32	1.36	0.82	13.08

Estructura de ventas de unidades motrices

Clase	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Automóviles	160670	154152	210066	274505	352608	392110	444323	398743	413620
Autobuses	1220	217	608	680	1511	2356	3481	4022	4022
Camiones	93762	84856	122175	160025	179582	216971	231060	172294	169375

ESTRUCTURA PARQUE VEHICULA	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994		
Autos nuevos vendidos en 1982	286761	286761	286761	286761	286761	286761	286761	286761	286761	286761	3.74%
Autos nuevos vendidos en 1983	192052	192052	192052	192052	192052	192052	192052	192052	192052	192052	2.50%
Autos nuevos vendidos en 1984	217650	217650	217650	217650	217650	217650	217650	217650	217650	217650	2.84%
Autos nuevos vendidos en 1985	242187	242187	242187	242187	242187	242187	242187	242187	242187	242187	3.16%
Autos nuevos vendidos en 1986		160670	160670	160670	160670	160670	160670	160670	160670	160670	2.09%
Autos nuevos vendidos en 1987			154152	154152	154152	154152	154152	154152	154152	154152	2.01%
Autos nuevos vendidos en 1988				210066	210066	210066	210066	210066	210066	210066	2.74%
Autos nuevos vendidos en 1989					274505	274505	274505	274505	274505	274505	3.58%
Autos nuevos vendidos en 1990						352608	352608	352608	352608	352608	4.60%
Autos nuevos vendidos en 1991							392110	392110	392110	392110	5.11%
Autos nuevos vendidos en 1992								444323	444323	444323	5.79%
Autos nuevos vendidos en 1993									398743	398743	5.20%

PARQUE TOTAL											43.35%
AUTOMOVILES	5282209	5202922	5336228	5806984	6219104	6512761	7219887	7497128	7672363		

Parque el DF

Estructura porcentual

Autos nuevos vendidos en 1982	5.43%	5.51%	5.37%	4.94%	4.61%	4.40%	3.97%	3.82%	3.74%
Autos nuevos vendidos en 1983	3.64%	3.69%	3.60%	3.31%	3.09%	2.95%	2.66%	2.56%	2.50%
Autos nuevos vendidos en 1984	4.12%	4.18%	4.08%	3.75%	3.50%	3.34%	3.01%	2.90%	2.84%
Autos nuevos vendidos en 1985	4.58%	4.65%	4.54%	4.17%	3.89%	3.72%	3.35%	3.23%	3.16%
Autos nuevos vendidos en 1986		3.09%	3.01%	2.77%	2.58%	2.47%	2.23%	2.14%	2.09%
Autos nuevos vendidos en 1987			2.89%	2.65%	2.48%	2.37%	2.14%	2.06%	2.01%
Autos nuevos vendidos en 1988				3.62%	3.38%	3.23%	2.91%	2.80%	2.74%
Autos nuevos vendidos en 1989					4.41%	4.21%	3.80%	3.66%	3.58%
Autos nuevos vendidos en 1990						5.41%	4.88%	4.70%	4.60%
Autos nuevos vendidos en 1991							5.43%	5.23%	5.11%
Autos nuevos vendidos en 1992								5.93%	5.79%
Autos nuevos vendidos en 1993									5.20%
Resto (desde 1985)				96.38%	95.59%	90.37%	85.88%	80.48%	75.73%
Resto desde 1985		96.91%	94.10%	90.96%	87.15%	82.31%	78.61%	73.48%	68.89%

Estructura de ventas

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Populares	179928	124741	132974	135489	93446	92939	110053	146591	213590	226264	238019	234826
Compactos	78669	38590	57480	74028	51199	45237	78916	104322	110213	132488	162356	134976
De Lujo	20088	19740	18731	23549	11565	13230	17209	19936	19569	24308	35200	21555
Deportivos	8076	8981	8465	9121	4460	2746	3888	3656	5431	3859	3680	3783
Importados	0	0	0	0	0	0	0	0	3805	5191	6048	3273
Total	286761	192052	217650	242187	160670	154152	210066	274505	352608	392110	445303	398743

Total Acumulado	478813	696463	938650	1099320	1253472	1463538	1738043	2090651	2482761	2927084	3325627
							18.8%	20.3%	18.8%	17.9%	13.6%

Estructura porcentual de ventas

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Populares	62.745%	64.952%	61.095%	55.944%	58.160%	60.290%	52.390%	53.402%	60.574%	57.704%	53.451%	58.892%
Compactos	27.434%	20.094%	26.409%	30.566%	31.866%	29.346%	37.567%	38.004%	31.257%	33.788%	36.460%	33.850%
De Lujo	7.005%	10.278%	8.606%	9.723%	7.198%	8.582%	8.192%	7.263%	5.550%	6.199%	7.905%	5.488%
Deportivos	2.816%	4.676%	3.889%	3.766%	2.776%	1.781%	1.851%	1.332%	1.540%	0.984%	0.826%	0.949%
Importados	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	1.079%	1.324%	1.353%	0.821%

RENDIMIENTO AUTOS NUEVOS

Rendimiento autos nuevos 83	12.26	12.26	12.26	12.26	12.26	12.26	12.26	12.26	12.26		
Rendimiento autos nuevos 84	13.44	13.44	13.44	13.44	13.44	13.44	13.44	13.44	13.44	9.6%	
Rendimiento autos nuevos 85	13.70	13.70	13.70	13.70	13.70	13.70	13.70	13.70	13.70	1.9%	
Rendimiento autos nuevos 86		14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	2.5%	
Rendimiento autos nuevos 87			14.42	14.42	14.42	14.42	14.42	14.42	14.42	2.7%	
Rendimiento autos nuevos 88				14.51	14.51	14.51	14.51	14.51	14.51	0.7%	
Rendimiento autos nuevos 89					14.89	14.89	14.89	14.89	14.89	2.6%	
Rendimiento autos nuevos 90						14.58	14.58	14.58	14.58	-2.1%	
Rendimiento autos nuevos 91							14.50	14.50	14.50	-0.5%	
Rendimiento autos nuevos 92								14.28	14.28	-1.6%	
Rendimiento autos nuevos 93									14.04	-1.7%	
Promedio (CONAE)	7.5	7.5	7.5	7.7	7.55	7.40	7.25	7.10	6.96		

CASTIGO

Autos antes de 84
Autos 84
Autos 85
Autos 86
Autos 87
Autos 88
Autos 89
Autos 90
Autos 91
Autos 92
Autos 93
Autos 94

	0.95	0.93	0.91	0.89	0.88
		0.95	0.93	0.91	0.89
			0.95	0.93	0.91
				0.95	0.93
					0.95

Autos 86	0.95	0.931	0.91238	0.89413	0.87625	0.85872	0.84155	0.82472
Autos 87		0.95	0.931	0.91238	0.89413	0.87625	0.85872	0.84155
Autos 88			0.95	0.931	0.91238	0.89413	0.87625	0.85872
Autos 89				0.95	0.931	0.91238	0.89413	0.87625
Autos 90					0.95	0.931	0.91238	0.89413
Autos 91						0.95	0.931	0.91238
Autos 92							0.95	0.931
Autos 93								0.95
Autos 94								

Rendimiento prom. autos nuevos					8.02	14.51	14.89	14.58	14.50
Rendimiento sin castigo					7.84	8.38	8.68	9.03	9.51
Rendimiento promedio del parq	7.5	7.6	7.6	7.70	7.84	8.02	8.15	8.34	8.48
					1.8%	2.3%	1.7%	2.3%	1.6%
Promedio CONAE	7.50	7.35	7.20	7.06	6.92	6.78	6.64	6.51	6.38
Rendimiento desde 1985	7.5	7.53	7.57	7.63	7.76	7.95	8.07	8.27	8.43

CUADRO 4.1 PARQUE VEHICULAR: CALCULO MEDIO
(VEHICULOS DE ORIGEN NACIONAL, MILES DE UNIDADES)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
1. Total vehiculos nacionales	5527.5	5609.2	5767.0	5992.1	6301.3	6691.2	7155.1	7675.2	8232.0
Tasa (%)	1.1	1.3	3.0	9.4	3.9	4.6	4.7	4.7	5.0
1. Por tipo									
Automoviles	3631.7	3658.9	3730.3	3854.5	4029.9	4246.8	4497.3	4772.4	5063.4
Tasa (%)	1.3	0.7	2.0	3.3	4.6	5.4	5.9	6.1	6.1
Camiones	2100.5	2154.2	2240.9	2361.5	2505.9	2689.4	2905.5	3146.6	3411.4
Tasa (%)	3.0	2.6	4.0	5.4	6.1	7.3	8.0	8.3	8.4
Tractocamiones	44.3	44.5	45.1	46.7	49.0	52.2	56.5	61.7	67.9
Tasa (%)	0.3	0.4	1.4	3.5	4.9	6.6	8.2	9.3	10.1
Autobuses Integrales	24.6	24.3	24.3	24.3	24.6	25.1	25.8	27.0	28.4
Tasa (%)	3.1	-1.3	0.1	0.1	0.9	2.1	3.2	4.4	5.3
2. Por edad (Porcentaje)									
De 0 a 4	30.0	25.3	26.8	26.5	27.4	30.7	33.7	35.3	36.4
De 5 a 9	36.8	40.7	38.0	35.0	30.7	23.9	19.5	20.3	20.9
De 10 a 14	20.0	20.0	20.4	20.5	23.4	27.1	29.0	26.4	24.0
De 15 en adelante	13.1	14.0	14.8	18.0	18.5	18.3	17.8	18.0	18.5
3. Vehiculos nuevos en el parque vehicular									
Automoviles	160.7	154.2	210.1	274.5	337.2	389.6	433.6	475.3	519.1
Camiones	95.6	92.1	129.1	167.4	196.0	240.3	271.3	309.1	338.8
Tractocamiones	1.3	1.5	2.1	3.3	4.9	5.4	6.0	6.8	7.8
Autobuses Integrales	1.2	0.2	0.6	0.7	0.9	1.3	1.6	1.8	2.0
4. Tasa de desecho (Porcentaje)									
Automoviles	3.2	3.5	3.8	4.0	4.2	4.3	4.3	4.3	4.2
Camiones	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3
Tractocamiones	2.7	3.0	3.4	3.8	4.1	4.3	4.4	4.4	4.3
Autobuses Integrales	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.2	3.3	3.5	3.5
II. Tipo de vehiculo por edad (Porcentaje)									
1. Automoviles									
De 0 a 4	30.3	26.4	26.4	27.0	28.2	32.1	36.6	39.8	41.8
De 5 a 9	35.6	37.7	36.0	33.5	31.0	25.3	21.0	20.2	20.2
De 10 a 14	23.1	23.5	24.0	24.1	24.4	25.1	26.1	23.7	21.3
De 15 en adelante	11.0	12.4	13.6	15.3	16.4	16.5	16.3	16.3	16.7
2. Camiones									
De 0 a 4	28.8	24.2	25.5	26.6	27.1	30.7	34.8	37.9	39.9
De 5 a 9	36.4	39.3	35.4	31.8	28.9	22.3	17.9	18.0	18.3
De 10 a 14	20.4	20.9	22.3	23.5	24.5	27.1	27.7	23.8	20.7
De 15 en adelante	14.4	15.5	16.8	18.1	19.4	19.9	19.7	20.3	21.1
3. Tractocamiones									
De 0 a 4	23.3	18.3	22.0	25.3	29.2	31.6	36.0	40.1	41.5
De 5 a 9	49.7	54.6	59.8	61.6	53.8	19.3	14.3	15.7	16.5
De 10 a 14	19.6	18.6	18.9	21.8	28.3	36.5	36.2	29.4	22.4
De 15 en adelante	7.4	8.2	9.3	11.3	12.7	12.6	11.3	10.9	12.4
4. Autobuses Integrales									
De 0 a 4	23.6	19.0	20.3	18.7	14.9	14.9	19.9	24.3	29.1
De 5 a 9	32.5	33.3	27.7	24.1	25.7	23.1	17.7	18.2	15.9
De 10 a 14	25.8	27.2	28.6	30.9	29.5	30.3	29.5	23.4	19.4
De 15 en adelante	18.0	20.6	23.4	26.3	29.8	31.8	32.9	34.1	35.6

**AÑO
MODELO**

PREMCE

(KM/LT)

1982

7.51983

8.0

1984

8.51985

9.0

1986

9.01987

9.5

1988

10.01989

10.5

1990

11.00000