

01190



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS DEL CONSUMO
DE GASOLINA Y EMISIONES DE GASES
CONTAMINANTES DE LOS AUTOMOVILES"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTORA EN INGENIERIA
(ENERGETICA)

P R E S E N T A :
M.I. ELIZABETH MAR JUAREZ



MEXICO, D.F.,

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



TEMA DOCTORAL:

**“TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS DEL CONSUMO DE GASOLINA
Y EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES DE LOS
AUTOMOVILES”**

M. I. ELIZABETH MAR JUAREZ

ASESORA: DRA. CLAUDIA SHEINBAUM

COMITÉ: ING. JACINTO VIQUEIRA

DR. JOSE LUIS FERNANDEZ ZAYAS

DR. NICOLAS DOMINGUEZ

DR. JUAN JOSE AMBRIZ

DR. JUAN PABLO ANTUN

DR. VICTOR RODRIGUEZ

Agosto 2000

*Dedico este trabajo a toda mi familia
pero en especial a mis padres
por su incondicional apoyo
para realizar todos mis sueños.
Y por todo el amor que me han brindado.
A ti papi Fe y Zuetita*

Gracias.

De forma especial quisiera agradecer a la Dra. Claudia Sheinbaum, no solo por ser mi asesora, sino por ser mi amiga y mi maestra en este difícil campo de la investigación.

Al Dr. Domínguez por ayudarme a realizar este proyecto e iniciarme en el estudio de los modelos.

Al Instituto de Ingeniería por ser la Institución que ha permitido que me forme en el campo de la investigación y de forma especial al Ing. Luis Rodríguez, por su apoyo incondicional para poder concluir este trabajo.

Al Instituto Mexicano del Petróleo por su apoyo en la realización de este trabajo.

A todos mis amigos y de forma especial a mis hermanitas (Ivonne, Naiivi, Miranda y Sandra) que me ayudaron a ser el camino más fácil.

Gracias.

*Por encima de lagos, por encima de valles,
De bosques y montañas, de nubes y mares,
Más allá del sol, más allá de los éteres,
Más allá de los confines de la esfera celeste,*

*Tú, mi espíritu, mi compañero y mi amigo
A ti que siempre estuviste a mi lado
Gracias.*

Índice

Introducción.....	1
Antecedentes.....	1
Introducción.....	2
Hipótesis de trabajo.....	3
Desarrollo de la investigación.....	3
Situación histórica del estudio del Transporte en México.....	4
Situación de la modelación del consumo de gasolina en México.....	8
Metas específicas.....	9
Capítulo 1. Gases Invernadero y Calentamiento Global	
Introducción.....	12
Desarrollo y Medio Ambiente.....	13
Problemática: Transporte y Medio Ambiente.....	28
Conclusiones.....	34
Capítulo 2. Gasolinas: Retrospectiva del consumo de gasolinas en México	
Introducción.....	37
Perfil del consumo de energía en México.....	38
Evolución de las gasolinas en México.....	44
Conclusiones.....	51
Capítulo 3. Norma de Rendimiento Vehicular	
Introducción.....	54
Problemática energética del transporte y una nueva legislación.....	55
Un decreto para automotores mexicanos.....	60
Evaluación ⁹ comparativa de normatividad México y Estados Unidos.....	69
Conclusiones.....	71
Capítulo 4. Variables que influyen en el Consumo de Gasolinas	
Introducción.....	76
Análisis de variables.....	77
Conclusiones.....	109
Capítulo 5. Modelo	
Antecedentes.....	112
Metodología.....	115
Modelo.....	116
Conclusiones.....	143
Capítulo 6. Inventario de Emisiones y Escenarios	

Introducción.....	147
Metodología.....	147
Resultados.....	149
Escenarios.....	159
Conclusiones.....	165
Conclusiones Generales.....	167
Anexo A. Gases Invernadero y Cambio Climático Global.....	174
Anexo B. México y el cambio climático.....	180
Anexo C. Normatividad Ambiental y Emisiones Vehiculares.....	189
Anexo D. Evolución del automóvil y su rendimiento.....	199
Referencias Bibliográficas.....	212

Índice de figuras

Figura 1. Concentraciones de bióxido de carbono en la atmósfera.....	15
Figura 2. Proyecciones de emisiones globales de CO ₂ para diferentes economías....	16
Figura 3. Emisiones de gases de efecto invernadero en la década de los 80's.....	17
Figura 4. Reducciones propuestas de gases de efecto invernadero.....	23
Figura 5. Variaciones de CO ₂ y metano en el tiempo.....	27
Figura 6. Emisiones globales de CO ₂ bajo dos escenarios para el Transporte.....	28
Figura 7. Automóviles en el Mundo.....	29
Figura 8. Gases Invernadero, 1995.....	30
Figura 9. Compuestos que se emiten a la atmósfera debidos a la combustión.....	31
Figura 10. Emisiones de Bióxido de Carbono por sector.....	32
Figura 11. Fuentes de emisiones en diferentes ciudades de América Latina.....	34
Figura 12. Estructura del consumo final total por tipo de energético	39
Figura 13. Consumo final energético por sector	39
Figura 14. Consumo histórico por sectores	40
Figura 15. Consumo de energía en el Sector Transporte por combustible	41
Figura 16. Consumo de combustibles en el autotransporte	42
Figura 17. Consumo de energía por modo y combustible	43
Figura 18. Volumen de venta de gasolinas y PIB per capita	49
Figura 19. Precio de las gasolinas	50
Figura 20. Consumo de energía en el Sector Transporte	56
Figura 21. Precio e impuesto en la gasolina en diferentes países.....	57
Figura 22. Eficiencia en autos particulares en Estados Unidos	58
Figura 23. Consumo promedio del parque en circulación	60
Figura 24. Eficiencias de vehículos nuevos en México.....	68
Figura 25. Parque de Vehículos registrados (1965-1998)	79
Figura 26. Crecimiento poblacional y aumento del parque automotor (1970-1998) ...	80
Figura 27. Estructura del parque automotriz en México en base adición de ventas ...	82
Figura 28. Ventas internas de automóviles vs. Crecimiento económico.....	83
Figura 29. Estructura de ventas en México	85
Figura 30. Índice de precios al consumidor y venta de automóviles.....	85
Figura 31. Ecuación linealizada y cambios de tendencia del parque automotor	86
Figura 32. Variaciones entre dos variables	87
Figura 33. Rendimiento de autos nuevos en México y PREMCE	91
Figura 34. Edad estimada de autos en circulación en México	97
Figura 35. Volumen de venta de gasolina y PIB per capita	102
Figura 36. Precios de las gasolinas	103
Figura 37. Venta de gasolinas y ventas de automóviles (1982-1998).	104

Figura 38. Distribución del Gasto de Gasolinas por nivel de ingreso	105
Figura 39. Velocidad y emisiones contaminantes	107
Figura 40. Consumo de gasolina y crecimiento económico	109
Figura 41. Esquema de demanda de energía	115
Figura 42. Representación gráfica para el estudio de las variables	118
Figura 43. Producto Interno Bruto en México	119
Figura 44. Venta de gasolinas en el país	122
Figura 45. Variación del precio de la gasolina Nova	124
Figura 45 ^a . Comportamiento de las venta de autos nuevos en México	127
Figura 46. Ventas internas de automóviles vs. Crecimiento económico	128
Figura 47. Venta de gasolinas y venta de automóviles	129
Figura 48. Relación entre el aumento del parque y las ventas de gasolinas	130
Figura 49. Crecimiento poblacional y aumento del parque automotor (1970-1998)	131
Figura 50. Ecuación linealizada y cambios de tendencias del parque automotor	132
Figura 51. Variaciones entre dos variables	133
Figura 52. Representación gráfica de diferentes variables	135
Figura 53. Probabilidad de permanencia de autos en la flota vehicular	137
Figura 54. Variación del precio de la precio de la gasolina nova	138
Figura 58. Consumo desagregado de gasolina Nova.....	144
Figura 59. Consumo desagregado de gasolina Magna	145
Figura 60. Emisiones de NOx debidas a automóviles	149
Figura 61. Emisiones de NOx para diferentes submarcas de autos	150
Figura 62. Emisiones de CO por clase	151
Figura 63. Emisiones de CO para diferentes submarcas de autos	152
Figura 64. Emisiones de NMVOC por clase	153
Figura 65 Emisiones de N ₂ O por clase	154
Figura 66. Emisiones de CO ₂ por clase	155
Figura 67. Proyección de escenarios de consumo en México	165
Figura 68. Posibles escenarios en base a políticas de cambio climático... ..	170
Figura 69. Emisiones de CO ₂ debidas al Transporte.....	176
Figura 70. Fuentes de gases contaminantes en la Ciudad de México	181
Figura 71 Inventario de gases de efecto invernadero a nivel nacional	188
Figura 72. Consumo de energéticos en México.....	189
Figura 73. Diagrama de distribución.....	201

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de las diferentes gasolinas que se venden en México	47
Tabla 2. Precio al público de las diferentes gasolinas que se venden en México	51
Tabla 3. Características de diferentes gasolinas	52
Tabla 4. Rendimientos meta	62
Tabla 5. Promedio de rendimientos por submarca	63
Tabla 6. Rendimiento total de los autos nuevos que se vendieron en el país	68
Tabla 7. Estándares de emisiones de escape (g/milla) para automóviles	70
Tabla 8. Normas de México y Estados Unidos para regular emisiones de escape	71
Tabla 9. Tasa de motorización en México	80
Tabla 10. Coeficiente de sensibilidad estimada en la economía de combustibles	89
Tabla 11. Rendimientos metas PREMCE	90
Tabla 12. Cálculo del PREMCE para la marca Chrysler	92
Tabla 13. Rendimiento de autos nuevos	93
Tabla 14. Datos para obtener la ecuación representativa del PIB	119
Tabla 15. Precio al público de diferentes gasolinas	123
Tabla 16. Datos de ventas de autos nuevos en el país	126
Tabla 17. Ventas y parque nacional	140
Tabla 18. Evolución del rendimiento de un automóvil a partir de su venta	141
Tabla 19. Factores de emisión para estimar gases invernadero por auto	148
Tabla 20. Presentación de resultados	156
Tabla 21. Estimación de ahorro de energía al año 2005, 2010 y 2020	164
Tabla 22. Emisiones de gases de invernadero en México	180
Tabla 23. Inventario de emsiones en las principales ciudades de México.....	182
Tabla 24. Niveles máximos permisibles en función a diferentes variables.....	195
Tabla 25. Niveles máximos permisibles para la ZMCM.....	195
Tabla 26. Niveles máximos permisibles para taxis, colectivos y microbuses.....	196
Tabla 27. Niveles máximos permisibles para vehículos posteriores a 1993.....	196

Indice de cuadros

Cuadro 1. Carbón.....	175
Cuadro 2. Metano.....	177
Cuadro 3. Otros gases de invernadero.....	178
Cuadro 4. Gases fotoquímicos.....	179
Cuadro 5. El concepto del potencial de calentamiento global	179

Introducción

Antecedentes

La crisis energéticas de los 70's y 80's dieron un carácter estratégico a la forma en que se usaban los recursos energéticos dentro de cualquier país. En los países desarrollados, con una mayor dependencia energética en sus esquemas de desarrollo, se definieron políticas específicas para racionalizar éste consumo. En primer lugar, modificaron sus estructuras productivas y con ello "ahorraron" energía en sus respectivos sectores industriales; en segundo lugar, promovieron la aplicación de medidas generales de conservación de energía en cada sector de sus economías.

Estas crisis energéticas, esencialmente significaron una falta de seguridad del abasto de petróleo, y aunque existieron cortos periodos de desabasto, el principal efecto fue un costo elevado del barril de petróleo. Después del primer embargo petrolero, se inicia una etapa donde el transporte se conjuga con palabras que implican eficiencia energética, ahorro de combustible y conservación energética.

En consecuencia, el sector más afectado a nivel mundial fue el Transporte, de esta forma se establecen medidas para modificar el consumo en el corto, mediano y largo plazo. Las políticas específicas de conservación en este Sector se orientaron a modificar los patrones de uso en el parque vehicular y a mejorar la tecnología empleada en los vehículos para incrementar el rendimiento del combustible por unidad.

La perspectiva ambiental ha dado un renovado impulso a estas políticas de conservación en el Transporte, sin embargo el crecimiento poblacional ha anulado los beneficios por los notables incrementos que ha sufrido el parque en circulación, convirtiéndose en un problema importante en los que a emisiones se refiere.

Si bien las externalidades que ocasionan los automóviles son patentes, también es el hecho de que los fabricantes de autos constituyen la industria fabril más grande del mundo, brinda empleo a cuatro millones de personas de forma directa e invierte miles de millones de dólares en Europa, América y Japón. Hace cien años, había apenas seis autos experimentales en Francia y Alemania. Hoy, existen aproximadamente 350 millones de autos en todo el mundo, su hegemonía como medio de transporte se ha hecho patente en estos últimos 100 años.

En Estados Unidos, los vehículos son responsables del 50% de las emisiones de CO₂ y cerca del 30% de las emisiones de NO_x e hidrocarburos [EPA, 1992]; en países pertenecientes a la OCDE, el Sector Transporte emite 30% del CO₂, mientras que a nivel mundial, es responsable del 15% del CO₂ emitido [Grubb, 1990].

Introducción

El Transporte es parte fundamental del desarrollo de un país, es el enlace entre los diversos sectores que integran una economía y parte esencial del desarrollo socio-cultural. Por ello, el análisis del sector no puede ser unidimensional, la variable ambiental se encuentra ligada íntimamente con la variable económica, la variable social, la variable cultural, entre otras; una o dos variables no determinan o explican por sí solas el sector.

En México, la mayoría de los estudios respecto al Transporte se centran predominantemente en la Ciudad de México, son estudios aislados de carácter histórico y cuyo enfoque es sobre una variable desarticulada del sistema al que pertenece. *La ideal original de este trabajo es entender aquello que influye en el crecimiento del Sector Transporte como parte de una cultura y de un sistema (México) para poder determinar lo que influye en el consumo de combustibles.*

Los automóviles, en nuestro país, representan 67% del parque en circulación y más del 95% de los vehículos dedicados al transporte de pasajeros [INEGI, 1994]. El

consumo energético de este modo de transporte determina la tendencia en la demanda final de combustibles del Transporte.

Los automóviles son el principal componente del parque vehicular, por ello son una primera elección natural como objeto de estudio. Cabe aclarar que la energía, en este caso, no se utiliza en abstracto, ni produce unidades teóricas de PIB, se usa para desarrollar actividades específicas, en el caso de los automóviles es movilizar personas.

El Balance Nacional de Energía ofrece datos de oferta agregada por combustible usado en el Transporte, pero en general, no se pueden utilizar criterios de oferta agregada para obtener relaciones útiles entre el consumo de energía y las variables socioeconómicas que lo determinan.

En México, el estudio de la demanda de combustibles se ha centrado principalmente en relacionar el consumo con precio. Por lo mismo no se ha realizado un análisis exhaustivo de los diversos factores que afectan el consumo de gasolina de automóviles. Es evidente que el consumo de combustibles depende tanto de variables económicas como de las características de la estructura socio-política del país.

Hipótesis de Trabajo.

La hipótesis de trabajo es que las variables que dan origen a la demanda de gasolinas en México son: 1) venta de automóviles nuevos en función del PIB y el crecimiento poblacional; 2) eficiencia energética en función de las características de cada unidad; 3) estructura del parque en circulación; 4) la legislación que regula al transporte. Cada factor que forma parte del proceso se aislará a través de una aproximación lineal de su comportamiento. El punto clave es demostrar que estas variables pueden servir de base para modelar el consumo de gasolina y determinar escenarios de emisiones.

Desarrollo de la Investigación.

La investigación se divide en 3 partes: en la primera parte, capítulos 1 al 3, se establece el marco de referencia histórico siguiendo la relación existente entre consumo de energía y emisiones de "gases invernadero" desde una perspectiva enfocada en el Transporte, en particular los automóviles. En la segunda parte, capítulo

4, se realiza el análisis de factores que determinan el consumo de gasolina de los automóviles en México y se obtiene un juego de variables que pueden utilizarse para construir un modelo. En la tercera parte, capítulos 5 y 6, se propone un modelo lineal para el consumo de gasolina con el cual se realizan escenarios de emisión de “gases invernadero” para el caso de la implementación de una política de rendimientos mínimos vehiculares en México.

Situación histórica del estudio del Transporte en México.

A pesar de la importancia que tiene el transporte, en nuestro país su estudio se encuentra rezagado en comparación con otros países. Destacan la falta de datos a nivel nacional sobre datos del parque vehicular, composición, edad, uso, por mencionar algunos de los datos con los que cuentan otros países; existen estudios sobre el transporte de forma biunívoca con alguno otro sector (algunos de estos estudios son confidenciales o no se encuentran de forma pública), pero el transporte como parte fundamental del desarrollo de un país, requiere un análisis con visión interdisciplinaria y amplia. Otro factor que influye en la falta de estudios en el sector es la falta de continuidad en programas de trabajo en el sector transporte, ya que estos dependen del partido político que ostente el poder. Es necesario tener en cuenta que se requiere un cambio en la evolución que está presentando el transporte debido a las externalidades que este presenta.

Un análisis de Chías (1994) respecto a las investigaciones enfocadas al transporte nos muestra este atraso. Aquí apunta que, durante 53 años (de 1936 a 1984) se produjeron sólo 10 estudios sobre este tema, siete de ellos después de 1975 y predominantemente analizando el ferrocarril.

Dos estudios merecen una mención por parte de Chías: el de Bassols (1979) y el de Moreno (1978). El primero, describe como las vías de comunicación se estructuran sobre bases económicas y sociales afectando la configuración del crecimiento de las ciudades. El segundo es un trabajo colectivo con visión socio-histórica donde se analizan los cambios de la Ciudad de México entre 1850 y la transición posrevolucionaria, con énfasis en el papel que los tranvías tuvieron en la expansión de la Ciudad.

En la Universidad Nacional, el posgrado de ingeniería tiene 18 tesis sobre transporte (1978-2000), dos de ellas relacionan al transporte con la apertura comercial de

México, diez trabajos relatan las herramientas para planear el transporte. Cuatro trabajos merecen una mención aparte, el de De Buen (1978), donde plantea una serie de modelos para planear el transporte en la Ciudad de México; el de Anchondo (1979) el cual establece que para planear el desarrollo del transporte es necesario evaluar diferentes factores. El trabajo de Guarneros (1992) es cual analiza una interacción entre transporte y expansión urbana y para finalizar el de Mar (1996), es el único trabajo que realiza un estudio retrospectivo del consumo y evolución del transporte desde el punto de vista de la demanda, obteniendo un consumo desagregado para todos los modos y tipos de transporte existentes en el país (recordando que el Balance Nacional de Energía sólo lo desagrega de forma general para los cuatro modos de transporte, y partir de 1965 –estos datos no se encontraban de forma publica antes de 1990), además el trabajo realiza una revisión histórica del transporte en México, realizando un primer análisis en un contexto global del consumo e impacto ambiental del transporte nacional.

Es a partir de 1985, que comienza el estudio del transporte urbano, del tráfico de pasajeros y se analiza la preocupación ambiental e incidencias socioeconómicas relacionadas con el transporte en México; Chías aclara que la mayoría son estudios históricos descriptivos, como el de Islas publicado en 1994, donde realiza una revisión histórica entre el transporte y la economía, relacionando el desarrollo del país con el crecimiento del transporte.

La mayoría de los trabajos publicas sobre transporte en México, se orientan a la Ciudad de México, o su zona conurbada. Existen trabajos anteriores a 1985 sobre los problemas que la acelerada expansión de la Ciudad traía consigo, mencionando brevemente los problemas que se derivaban por falta de transporte público y de su planeación [López, 1984; González, 1983].

En 1987, el Programa Universitario de Energía de la UNAM presenta un estudio donde se establece al sector transporte como un importante consumidor de energía. Lo antecede un trabajo publicado por el Colegio de México donde se realiza un primer diagnostico sobre el uso eficiente y conservación de la energía en México, con un capítulo específico sobre transporte [Guzmán, 1985]. Estos trabajos siguen la tendencia mundial de análisis energético a raíz de las crisis petroleras.

Como parte de las soluciones que se proponen en esta década, sobresale la publicada por el Programa Universitario de Energía (1989), donde Carmona realiza una análisis y

revisión de la legislación mexicana y de los diversos conceptos jurídicos que puedan servir de base para establecer un cambio en la organización del transporte urbano, y la establecer un cambio de horario en la jornada laboral en áreas altamente pobladas, en función de la necesidad de generar un ahorro de energía.

En la década de los 90's se inicia el estudio del transporte como parte integral del desarrollo: se plantea la relación entre expansión urbana y transporte y se establece que el transporte no origina un crecimiento periférico sino que sigue a la demanda, aunque sí amplifica los efectos de este tipo de crecimiento [Ibarra, 1991].

El libro de Ward (1991) realiza una revisión histórica sobre el desarrollo de la Ciudad de México y recapitula lo que el transporte ha significado en este crecimiento, señalando los momentos políticos, culturales e históricos que han marcado la pauta para convertir a la Ciudad de México en una Megaciudad.

Estudios posteriores se enfocaron al transporte como medio de expansión de las ciudades, principalmente la Ciudad de México y sus problemas ambientales. Entre ellos, Legorreta en 1995, describe un "doble movimiento" del transporte: por un lado, la expansión indiscriminada de la periferia por rutas de taxis colectivos que rebasan los límites geográficos del Valle de México (por ejemplo, enlazar en Metro con la ciudad de Cuautla) y por otro lado, al preeminencia de áreas centrales que concentran todos los modos de transporte público y privado.

Sobre el mismo enfoque, Delgado realiza un estudio en 1998 para identificar las tendencias de crecimiento entre las viejas y nuevas ciudades donde el transporte es parte esencial entre la expansión de las ciudades por regiones y señala los efectos de las nuevas tecnologías del transporte en la reestructuración metropolitana y regional.

Con la misma tendencia de este estudio se publica por Islas (2000), un análisis de la Ciudad de México, con una visión histórica del transporte en la ciudad, los rezagos que presenta y su impacto al medio ambiente. Presentando como propuesta una redefinición del papel del Estado en la solución de los problemas que enfrenta el transporte.

Desde una perspectiva socio-demográfica, Icazuriaga (1992), muestra como la urbanización afecta una comunidad rural (el caso del municipio de Tultitlán), y como se originan externalidades por falta de respuestas de autoridades para brindar un

transporte adecuado. Messmacher, en 1987, analiza la evolución de una ciudad en conjunto con la dinámica sociocultural de los sectores que la conforman. Samaniego, en 1992, analiza a los actores que conforman el desarrollo de un país, reflexionando sobre como los mecanismos públicos han enfrentado los problemas urbanos, refiriéndose de forma especial al transporte público urbano.

En la línea cultural, Salazar publica en 1999, un estudio acerca de cómo se enlazan los diferentes sectores que se requieren para crear el proceso urbano. Navarro, en 1995, publica un análisis del marco jurídico del transporte en la Ciudad de México, como base para la creación de políticas nacionales.

Eibenschutz publica recientemente, en 1999, un estudio sobre el desarrollo urbano de la Ciudad de México y los retos que presenta su crecimiento, donde abarca todos los sectores que comprende a la ciudad y trata de interrelacionarlos para planear el desarrollo urbano. Diferentes institutos han realizado estudios similares de desarrollo urbano y medio ambiente donde el transporte es parte fundamental del estudio: por ejemplo, el Instituto Tecnológico Autónomo de México publica "Utilización de permisos de circulación negociables para lograr la sostenibilidad de las grandes ciudades" de Haynes, donde describe mecanismos para mitigar el impacto del automóvil al medio ambiente.

El Colegio Nacional ha publicado 3 libros (1992, 1996, 2000) donde la contaminación ambiental y el desarrollo del país se conjugan, y una parte se enfoca al transporte y sus externalidades señalando los diferentes autores las acciones emprendidas por diversas instituciones para contrarrestar su efecto. De igual forma el Instituto Mexicano del Petróleo y el Laboratorio de Los Álamos realizaron un trabajo conjunto sobre la calidad del aire en la Ciudad de México (1994).

Bajo la temática ambiental, Quadri (1992) el texto expone los factores que explican el deterioro de la calidad ambiental en el Valle de México, donde ofrece un panorama detallado de las normas y regulación vigentes en materia de contaminación y desarrollo sustentable.

Un trabajo interesante y que merece mención especial es el de Muñoz Gutiérrez en 1997, donde realiza una plática con el gobernador de una ciudad de Guanajuato, explicando los problemas que enfrenta una ciudad en crecimiento y como trata de planear su desarrollo en el corto y mediano plazo, teniendo en consideración al

transporte como parte fundamental de su desarrollo y como trata de modificar la conducta actual para disminuir sus externalidades.

Con respecto a la participación de instituciones de investigación, el Instituto de Ingeniería cuenta con dos publicaciones donde el transporte tiene un apartado especial, la primera de ellas se trata sobre indicadores de

Situación de la modelación de consumo de gasolina en México

Desarrollar un primer modelo de consumo de gasolinas automotrices desde el punto de la demanda, de acuerdo a las características de México, a través de un análisis exhaustivo de las variables que afecta su consumo, estableciendo una metodología de interrelación entre los diferentes factores que forman parte del proceso y definir cual es su influencia en el ciclo, realizando una primera aproximación lineal que corresponda a su comportamiento.

Con la desagregación de la información calcular el consumo de gasolinas debido a automóviles en México y realizar un inventario desagregado de emisiones de gases contaminantes de 1980 a 1998 y establecer posibles escenarios que modificarían estos patrones de consumo y determinar su impacto en el corto, mediano y largo plazo.

De los modelos, señala que existe una relación directa entre la demanda de gasolina y otras tres variables que son precio-distancia recorrida-eficiencia energética [Espey, 1997], de ahí que nuestra hipótesis de estudio sea establecer estas variables con la situación de nuestro país. Este último punto es importante, extrapolar modelos de otros países implica suponer que el comportamiento de diferentes sociedades es el mismo, lo cual parte de una falacia ya que el comportamiento de ciertas variables implica cuestiones políticas, sociales y culturales.

El modelo a desarrollar, es una aproximación al comportamiento del consumo energético de los automóviles considerando el análisis de las variables que afectan éste consumo de forma directa e indirecta. El análisis se divide en dos niveles: macro y micro para entender la función del transporte en interrelación con los otros sectores y con la sociedad. A nivel macro se analizan variables como el PIB, la población y distintas políticas nacionales, y a nivel micro se analizan los cambios tecnológicos en

los automóviles, calidad y precio de combustibles y los cambios en la flota vehicular por razones socioeconómicas, políticas o culturales.

Con este primer análisis, se puede desagregar la información con la que se cuenta del sector transporte para calcular primero el consumo de las diferentes gasolinas que se han vendido en el territorio nacional y posteriormente la emisión de contaminantes de acuerdo al tipo de vehículo, al año modelo, antigüedad y distancia recorrida, condiciones generales de manejo, velocidad promedio, características del combustible y políticas.

Después del cálculo de inventario de emisiones se realizarán escenarios a corto, mediano y largo plazo con el objetivo de establecer una gestión adecuada de demanda de combustibles (proyectar, planear y dar continuidad a políticas de ahorro y uso eficiente de la energía). La meta es mantener y aumentar el rendimiento energético del parque en circulación, disminuyendo las externalidades que provoca la contaminación del Sector Transporte.

Metas específicas:

- Relacionar los cambios tecnológicos en la industria automotriz, respecto a las crisis energéticas de los 70's y 80's y a la creciente conciencia ambiental mundial.
- Determinar las variables que inciden en el consumo de gasolinas en México en el periodo de 1980-1998.
- Modelar éstas variables, que recree escenarios de demanda de combustibles debidos al transporte privado de pasajeros, y tome en cuenta los esquemas de desarrollo con periodos de tiempo de seis años de acuerdo a las condiciones actuales económicas y políticas del país, y para el periodo de 1980 a 1998 calcular un inventario de emisiones de acuerdo al tipo de vehículo, tecnología del combustible, control de emisiones, etc. Para años posteriores, proyectar escenarios donde las políticas de racionalidad energética sean evaluadas en términos de mitigación del efecto del transporte al medio ambiente.

Específicamente en el primer capítulo, se revisan las conferencias y acuerdos internacionales relativos al medio ambiente desde 1970, además de las políticas ambientales aplicadas de forma generalizada. El objetivo es establecer la importancia

de la emisión de “gases de invernadero” y los posibles efectos que estos causan, siendo el Sector Transporte uno de los principales emisores a nivel mundial.

En el segundo capítulo, se realiza una retrospectiva histórica de distintas variables económicas relativas a las gasolinas en México. Se hace referencia a la evolución histórica del consumo, precio y características de las mismas. El objetivo es determinar la importancia que los automóviles han tenido en el consumo de energía del Sector Transporte Nacional y por lo tanto en la emisión de “gases de invernadero” en México.

En el tercer capítulo se investiga y analiza la evolución de la eficiencia energética del transporte, específicamente en automóviles. En particular se estudian las políticas que se establecieron para modificar el patrón de consumo, por ejemplo: rendimientos mínimos para vehículos nuevos (CAFE en EUA, PREMCE en México). El objetivo es sentar las bases para analizar posteriormente estas acciones ya no como medidas para modificar el patrón de consumo sino como medida para atemperar las emisiones vehiculares.

En la cuarta parte se realiza el análisis exhaustivo de las variables que puedan incidir de forma directa e indirecta en el consumo de gasolinas de los automóviles en México.

El modelo de consumo de gasolinas se desarrolla en el capítulo 5, realizando un análisis y pronóstico de la demanda de energía en México, teniendo como antecedente los modelos desarrollados anteriormente, pero que se realizan en forma más o menos parcial, según el objetivo del estudio y la institución que lo realiza. El modelo que se propone manejara ciclos parecidos a los que enfrenta la economía nacional (sexenio), tratando de visualizar el efecto que tuvieron diferentes acciones gubernamentales en la demanda de combustibles, analizando los agentes que participan de forma directa en el consumo total de gasolinas, considerando su evolución de acuerdo a diferentes momentos históricos y no sólo relacionar el precio con el consumo como entes dependientes entre sí, pero independientes de otros efectos. De tal forma que al proyectar escenarios de consumo estos se aproximen a la realidad nacional.

Los escenarios e inventarios de emisiones se desarrollan en el capítulo 6, de acuerdo al modelo obtenido, se desagrega el consumo de gasolinas de acuerdo al tipo de vehículo, lo cual permitirá calcular un inventario de forma específica al vehículo

Adicionalmente, se proyectan escenarios donde políticas energéticas marquen la pauta de consumo y se calcula cual sería en ahorro del país por energía no consumida.

El trabajo también cuenta con cuatro anexos, los cuales tienen una relación directa con el trabajo de investigación: Anexo A, recapitulo sobre los gases de efecto invernadero y su acción sobre la atmósfera; el anexo B, trata sobre las acciones emprendidas por México para hacer frente al cambio climático; el anexo C, es una breve descripción sobre la creación de leyes ambientales en nuestro país y se enuncian las principales normas que tiene como referencia al transporte (automóviles, combustibles, cambios tecnológicos, etc.); y por último el Anexo D, trata sobre la evolución del automóvil y los cambios tecnológicos más recientes que ha tenido este medio de transporte.

1 /Gases Invernadero y Calentamiento Global.

En un contexto mundial y local

En este capítulo se realiza una revisión de las principales acciones mundiales con respecto al “Calentamiento Global” debido a actividades antropogénicas, en particular por el uso de hidrocarburos en el transporte. Entendiendo que el transporte como parte inherente del desarrollo de cualquier país, es responsable en parte del calentamiento global y de sus posibles consecuencias.

A. Introducción

Desde finales del siglo XIX, la humanidad ha vivido uno de sus periodos de mayor transformación a escala mundial en diversos órdenes. En el transcurso de estos cien años, los procesos de urbanización e industrialización han originado cambios drásticos y dramáticos en los ámbitos demográfico, económico y ecológico, siendo una parte fundamental de la evolución de estos procesos el petróleo.

Si bien estos cambios han traído mejorías relativas en los diferentes niveles de bienestar de la sociedad, también es un hecho que han surgido “nuevos” problemas en la historia de la humanidad. Uno de ellos, es la dependencia de un país hacia el petróleo como fuente energética y para su desarrollo, poniéndose de manifiesto durante las crisis energéticas de 1973-1979.

Un segundo problema son las externalidades que ocasiona el uso de petrolíferos en el medio ambiente, esto ha llevado a casi todas las naciones y a la comunidad internacional adoptar medidas globales, regionales y locales para prevenir, atenuar y controlar el impacto del desarrollo.

A partir de esta idea, se inician estrategias que permiten planificar el consumo de energía reduciendo la dependencia con respecto al petróleo y limitando sus efectos perjudiciales al medio ambiente. Para lograrlo, se han establecido políticas y emitido legislaciones orientadas a lograr el equilibrio entre un buen desarrollo económico y el respeto al medio ambiente.

Este capítulo presenta un breve recuento de uno de los puntos más importantes de la agenda mundial sobre medio ambiente: el calentamiento global, el cual se presupone se debe al uso de petrolíferos. El transporte en su conjunto es uno de los principales consumidores de petrolíferos en cualquier nación y por ello se plantea como marco de referencia las convenciones internacionales sobre medio ambiente resaltando la parte referente a este sector.

El capítulo se encuentra dividido en tres partes: en la primera se muestra de forma general la problemática ambiental relacionada con el uso de la energía además de los mecanismos propuestos para minimizar el efecto invernadero; en la segunda, se estudia de forma específica la problemática entre el transporte y el medio ambiente.

En última parte se analiza el caso de México y las acciones emprendidas por el gobierno para enfrentar este problema.

B. Desarrollo y medio ambiente

La década de los 70's marca el principio de nuevos planteamientos debido a que los modelos de crecimiento vigentes empiezan a ser cuestionados por un nuevo actor emergente: la sociedad. Esto toma forma en un informe que publica la Organización de Naciones Unidas (ONU) donde destaca las consecuencias de los modelos económicos e industriales seguidos por diferentes países en el medio ambiente global.

Dos acontecimientos marcan la pauta para que la ONU se interese en el medio ambiente:

1. La publicación del primer reporte del Club de Roma (Los límites del Crecimiento), 1971, donde D. Meadows establece que de continuar el ritmo de crecimiento tanto demográfico como económico prevaleciente, la humanidad enfrentaría una catástrofe segura para mediados del siglo XXI¹.
2. La celebración del primer "Día de la Tierra" en los Estados Unidos en abril de 1970, donde se convocó a la sociedad civil a manifestar su desacuerdo por el uso irracional de los recursos naturales del planeta, asistiendo al evento unos sorprendentes 20 millones de personas.

Por ello, la ONU convoca en Estocolmo, 1972, la primera reunión a nivel mundial sobre medio ambiente, denominada "Cumbre de la Tierra". En este foro se identificaron problemas relacionados con aspectos ambientales que no sólo eran de carácter local o regional sino que alcanzaban una escala global. Aquí, se intentó buscar por primera vez un compromiso entre naciones para cooperar en la lucha por mejorar el medio ambiente.

Sin embargo, el resultado se limitó a informar a la sociedad del deterioro ambiental del planeta, y a crear el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en Nairobi. El objetivo de este organismo es cooperar y coordinar a los países miembros de la ONU, en el terreno técnico, económico y social, para resolver problemas de contaminación tanto locales como regionales y nacionales².

En 1984, conscientes de que el problema ambiental se convertía en prioritario para la sociedad nace la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo dentro de la Asamblea General de la ONU, con el objetivo de detectar los principales problemas ambientales globales y determinar posibles soluciones. Así surgen planteamientos que relacionan el medio ambiente con el desarrollo de un país³, no sólo en el ámbito

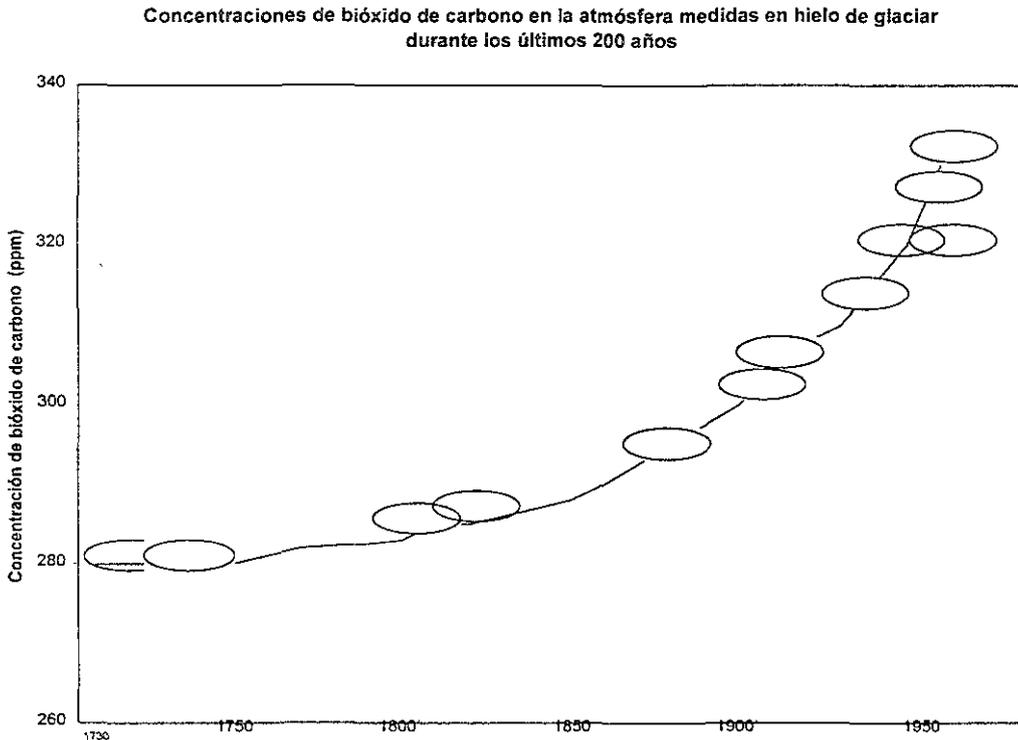
1 Sin embargo, su propuesta de "Crecimiento Económico Cero" era tan radical que no generó ningún consenso.

2 Algunas de las acciones realizadas en este programa se puede citar la limpieza del Mar Báltico y del Mediterráneo, el Protocolo de Montreal de 1987 para reducir y a abolir la producción y uso de los clorofluorocarbonos (CFC's); la Convención de Basilea de 1989 para el Control Transfronterizo de Desechos Peligrosos, en nuestro contexto, el inicio de las negociaciones sobre Cambio Climático en 1985. En el terreno económico del desarrollo es importante mencionar la Declaración de Cocoyoc de 1979 sobre modelos de "Utilización de recursos, medio ambiente y estrategias de desarrollo" y en 1980, la Declaración sobre Políticas Ambientales y Procedimientos Relativos al desarrollo económico

3 En contraposición al "Cero Crecimiento" se acepta la idea de L. Brown en 1981, en "Building a Sustainable Society"... la Tierra no la heredamos de nuestros padres, sino que es un préstamo de nuestros hijos pero no podemos dejar de lado nuestro desarrollo "

económico sino también en un contexto social, político y cultural, por lo que es necesario modificar integralmente la actitud de la sociedad en su conjunto y lograr así una nueva perspectiva: la de desarrollo "sustentable".

Figura 1.

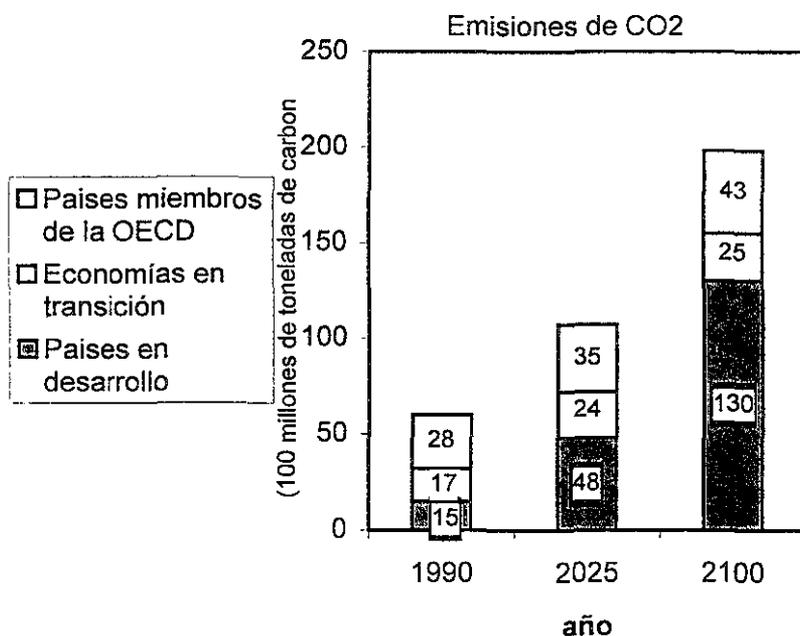


Fuente: Boletín del OIEA, 1989

En esta perspectiva de desarrollo sustentable, se convoca a finales de los ochenta a la Conferencia de Cambio Climático donde algunos científicos reinterpretan como riesgo un evento señalado desde los 40's, el posible calentamiento global debido al "efecto invernadero" por la acumulación de CO_2 y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Este compuesto y otros gases como el vapor de agua determinan en gran medida el clima del planeta. El incremento de estos gases podría provocar un desequilibrio en la atmósfera alterando las condiciones climatológicas del planeta.

Esto llevó a la ONU a crear el Panel Intergubernamental sobre Calentamiento Global (IPCC), un cuerpo científico en el que participan 100 países, para evaluar el posible impacto social y ambiental de la acumulación artificial de gases “invernadero” (ver Anexo A para descripción de todos los gases de invernadero) y elaborar estrategias de respuesta.

Figura 2. Proyecciones de emisiones globales de CO₂ para diferentes economías

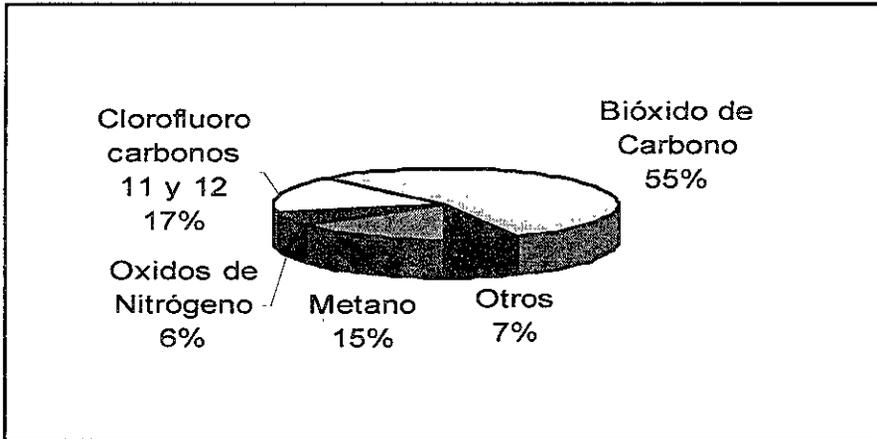


Fuente: IPCC, segundo reporte, 1995

Para revertir esta acumulación artificial de gases “invernadero” y consecuentemente eliminar el riesgo del cambio climático, la Asamblea General de la ONU, en 1990, da origen al un Comité Intergubernamental de Negociaciones (INC) para que elaboró una ley marco internacional denominada conocida como la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC).

En 1992, después de múltiples deliberaciones, negociaciones, cabildeos, enmiendas al texto y recomendaciones, el INC finalizó el texto que se presentó en la Conferencia sobre Ambiente y Desarrollo (CNUMAD) en Río de Janeiro.

Figura 3: Emisiones de gases de efecto invernadero en la década de los '80



Emisiones de gases de invernadero producidas por el transporte

- 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.

Uno de los primeros planteamientos en someterse a debate fue la divergencia de economías de los países participantes, es decir, los convenios no podían plantearse en términos mundiales cuando existían diferencias locales extremas. Es así como la Convención Marco reconoce el principio de responsabilidad diferencial⁴ y estipula el siguiente marco de referencia:

1. Los países desarrollados que son grandes consumidores de petróleo y carbón y por tanto emisores de contaminantes, asumen compromisos obligatorios y cuantitativos; y proporciona recursos para enfrentar este problema.
2. Los países en vías de desarrollo, asumen compromisos voluntarios y cualitativos; por lo que captan financiamientos externos para poder hacer frente al problema.
3. Los países en vías de desarrollo desean alcanzar el nivel de vida de las economías de los países desarrollados. En esta perspectiva, existen pocas opciones de desarrollo que no dependan de la industrialización y del uso de combustibles derivados del

⁴ Quienes provocaron el aumento en las concentraciones de estos gases fueron los países industrializado, sin embargo, los que tendrán mayores emisiones a futuro serán los países en vías de desarrollo por su crecimiento demográfico. Ambas partes discuten que la otra parte es responsable del problema [G. Frenk, 1994]

petróleo, por lo cual el derecho a desarrollarse implica el derecho a emitir bióxido, se presenta un "imperativo industrial".

4. Los países que reconocen su contribución al problema asumen ciertos compromisos voluntarios, reciben recursos internacionales y de manera voluntaria, también aportan recursos, el caso de México.
5. Una categoría adicional está representada por los países árabes que dependen de la producción y comercio de petróleo. Estos países se oponen a la adopción de medidas de fondo para combatir el cambio climático, y su postura coincide con algunas empresas e industriales transnacionales como la industria automotriz, la carbonífera y la petrolera.

Una vez establecido el marco de referencia, se trató de fijar compromisos y metas precisas en cuanto a la reducción de emisiones contaminantes, a través de calendarios para lograr la meta estipulada. Estos compromisos se basaban en el consumo energético del país precisando cual era la cantidad a reducir año con año, muchos gobiernos decidieron no firmar la ley internacional presuponiendo que no alcanzarían la meta o que afectaría el desarrollo de su país. Después de negociaciones se suprimieron estos textos de la CMCC dando como resultado un ley débil [G. Frenk, 1994].

La conclusión final de la Convención de Río fue el compromiso de los países industrializados, listados en el Anexo 2 de la Convención: donde se establecía:

- La protección de la atmósfera es una labor amplia y multidimensional en la que intervienen varios sectores de la actividad económica. Se recomienda a los gobiernos y a las demás entidades que se esfuercen por proteger la atmósfera.
- Se debe promover un desarrollo sustentable reduciendo los efectos perjudiciales al medio ambiente mediante la promoción de políticas o programas, que aumenten la contribución de sistemas energéticos ecológicamente racionales y económicos, particularmente los nuevos y renovables.
- Se considera especial la situación de los países que dependen de ingresos generados por producir, elaborar exportar, y/o consumir combustibles fósiles y productos que impliquen un alto consumo energético. Se deben considerar las dificultades de reemplazar las actuales fuentes de energía.

- Formular pronunciamientos conjuntos y propuestos sobre este tema.
- Desarrollar estrategias de acción que incidan en las políticas internacionales y regionales para enfrentar este problema.
- Empezar acciones de colaboración que promuevan la participación de ONG's en los esfuerzos para disminuir el riesgo del calentamiento global.

Durante las negociaciones intergubernamentales sobre cambio climático de la ONU, esta "Red" ha desarrollado actividades de cabildeo y difusión de información acerca de proyectos específicos relacionados con la energía como sería el manejo adecuado de los bosques y el diseño de políticas públicas.

Sin embargo algunas de las propuestas del CAN son radicales, como las del "Club de Roma" y no son aceptadas por algunos gobiernos:

1. Sustitución del uso de hidrocarburos y carbón como fuentes primarias.
Uso intensivo de fuentes renovables tales como la energía eólica o solar argumentado que son ambientalmente amigables, seguras y pueden reducir significativamente los costos unitarios de generación eléctrica.
2. Eliminación del uso de sustancias dañinas al medio ambiente
Por ejemplo, el reemplazo de CFC's a nivel mundial, o investigar detalladamente fuentes de emisión y posibles sumideros en cada uno de los países.
3. Acciones dirigidas a prevenir los desastres que ocasionará el "Calentamiento Global".
Por ejemplo, la construcción de diques en áreas bajas para contener la elevación del nivel del mar o el desarrollo de nuevas variedades de cultivo resistentes a condiciones de sequía extrema.

Las propuestas de los países industrializados se centra en aproximaciones costo/beneficio; por ejemplo, invertir para controlar las emisiones en países del Tercer Mundo y Europa Oriental contra hacerlo en sus propios países [Brown et al, 1994]. Basándose en este enfoque y apoyándose en el argumento de que la atmósfera es una para todos y por las necesidades de financiamiento de otros países, los países industrializados presionaron para que se aceptara este tipo de convenios, conocidos como de Implementación Conjunta (IC).

redistribución geográfica de las industrias con alto consumo energético de países desarrollados a economías en transición.

Destacando los siguientes artículos:

1. Con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las partes o miembros, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos, aplicará y/o seguirá elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales, por ejemplo las siguientes:
 - i) fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional;
 - ii) protección y mejora de los sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, teniendo en cuenta sus compromisos en virtud de los acuerdos internacionales pertinentes sobre el medio ambiente; promoción de prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación;
 - iii) investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del bióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales;
 - iv) reducción progresiva o eliminación gradual de las deficiencias del mercado, los incentivos fiscales, las exenciones tributarias y arancelarias y las subvenciones que sean contrarios al objetivo de la Convención en todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero y aplicación de instrumentos de mercado;
 - v) fomento de reformas apropiadas en los sectores pertinentes con el fin de promover políticas y medidas que limiten o reduzcan las emisiones de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal;
 - vi) medidas para limitar y/o reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en el sector transporte;
 - vii) limitación y/o reducción de las emisiones de metano mediante su recuperación y utilización en la gestión de los desechos así como en la producción, el transporte y la distribución de energía.

Los mecanismos para lograr la reducción de emisiones se denominaron mecanismo de flexibilidad, los cuales se tratan de fórmulas que los países podrían aplicar para cumplir

con sus cuotas de reducción. Es decir, si un país emitía en 1990 una cantidad determinada de toneladas de gases de efecto invernadero (contabilizadas en toneladas equivalentes de bióxido de carbono, en bases al potencial de calentamiento de cada uno de los gases), y tiene que emitir un porcentaje menor en el 2008, hará las reestructuraciones que considere precisas en su sistema energético nacional, en su economía, en su política de transporte e industria, tal vez en el sistema fiscal para incentivar o sancionar una u otra forma de producir energía, etc. Pero también puede recurrir, en su saldo final de emisiones, a los mecanismos de flexibilidad, los cuales son:

- Comercio de emisiones, el cual consiste de forma simple en que cuando un país emite menos gases de efecto invernadero de los que tiene permitido, puede poner en venta las emisiones que le sobran. Cualquier otro país que, por el contrario, no logre la meta de reducción, puede comprar estas emisiones y tendrá cupones de derecho de emisión.
- Iniciativas conjuntas, el cual considera la situación de que un país desarrollado ayuda a otro igualmente desarrollado (y por tanto ambos están obligados a reducir sus emisiones) a llevar a cabo en su territorio un proyecto tecnológico o agrícola que genere reducción de emisiones y ambos se reparten el crédito por el esfuerzo en su inventario de emisiones.
- Desarrollo limpio, es similar, pero en este caso el receptor de la ayuda es un país en vías de desarrollo.

Existe un cuarto mecanismo que no logró definirse por completo en el Protocolo de Kioto y son los sumideros de carbono, programas de creación de masa vegetal, como la reforestación, que absorbe CO₂. El problema con este mecanismo es que los científicos, el IPCC, no sabe cómo cuantificar es efecto de sumidero (Rivera, 2000).

La conclusión al final de la Conferencia de Partes fue: Lograr una reducción del 5.2% de gases de efecto invernadero de la siguiente manera, los países de la Unión Europea una reducción del 8%; Estados Unidos un 7%; Japón y Canadá un 6%; Ucrania, Rusia y Nueva Zelanda estabilización; Australia un incremento del 8%; Islandia un 10% y Noruega

1%. El plazo para lograr estas reducciones, respecto a los niveles de 1990, era el período 2008-2012, presentando un avance en el 2005.

La siguiente cita fue en Buenos Aires, Argentina en 1998, donde los países de la Convención Marco tratarían de establecer las reglas para alcanzar los objetivos, dando paso así a la Cuarta Conferencia de las Partes.

El principal obstáculo que se presentaba en esta cuarta reunión era el planteamiento de Estados Unidos, de que los países en vías de desarrollo asuman compromisos oficiales de reducción de emisiones. El resultado final de esta convención fue un plan de trabajo que enumeraba los asuntos que debían abordarse: definir la naturaleza y finalidad de los mecanismos de flexibilidad y establecer criterio para evaluar y verificar los proyectos a desarrollar bajo esos mecanismos, así como establecer un sistema de sanciones para quien no cumpla los compromisos.

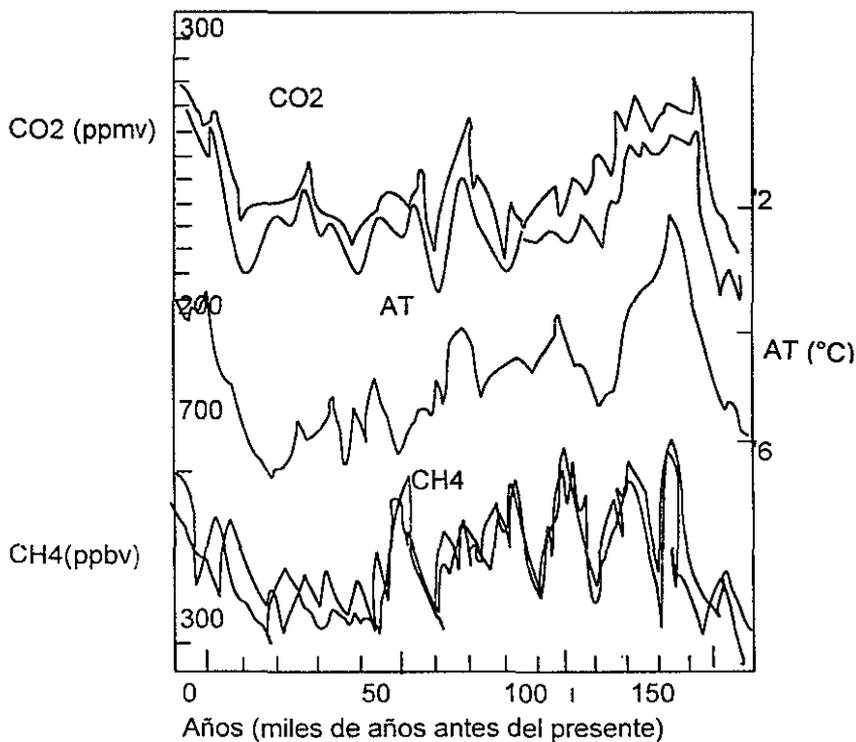
El final de la convención concluyó con una declaración de solidaridad con los países de Centroamérica devastados por el huracán Mitch, una constatación de la necesidad de hacer hincapié en la transferencia de tecnología, el establecimiento de un grupo de trabajo para compaginar el Protocolo de Kioto y el de Montreal (de eliminación de las emisiones de gases que destruyen la capa de ozono), dado que los sustitutos de los gases prohibidos por el segundo son gases de efecto invernadero y por tanto afectan al primero. Culminando con estas ideas el denominó Plan de Acción de Buenos Aires, dando como fecha límite el 2000 para tener listos los mecanismos del Protocolo.

A finales de octubre de 1999, se congregó en Bonn (Alemania), la quinta Conferencia de las Partes, con la tarea de continuar con las negociaciones para poner en marcha el Protocolo de Kioto, es decir, examinar nuevamente los mecanismos de flexibilidad para ratificar el compromiso internacional de reducciones y se de vigor al Protocolo de Kioto.

Dentro de las discusiones de la Convención, es importante señalar el debate iniciado por incluir dentro de las emisiones generadas por país las referentes al transporte aéreo y marítimo que, por ahora se excluyen de los balances de emisiones de cada país, pese a suponer un volumen de gases importante. En la Conferencia de Bonn, la discusión de este problema se reincorporó a la agenda de negociaciones, con la exposición de Robert

Watson (IPCC, 1999) "los aviones emiten gases y partículas directamente en la alta troposfera y en la baja estratosfera, donde tienen un impacto en la composición atmosférica y contribuyen al cambio climático". Las estimaciones de este organismo indican que la cantidad de radiación de los aviones era aproximadamente de un 3.5% del total debido a las actividades humanas en 1992 y la mejor estimación para mediados del siglo XXI es de aproximadamente del 5% del total.

Figura 5. Variaciones de CO₂ y metano en el tiempo, obtenidos de núcleos de hielo de la Antártida



Fuente: Global environmental change, 1996

Nota: La envolvente de cada curva representa el rango de valores observados por cada periodo de tiempo. La temperatura se basa en isótopos de oxígeno de núcleos de hielo (método del deuterio).

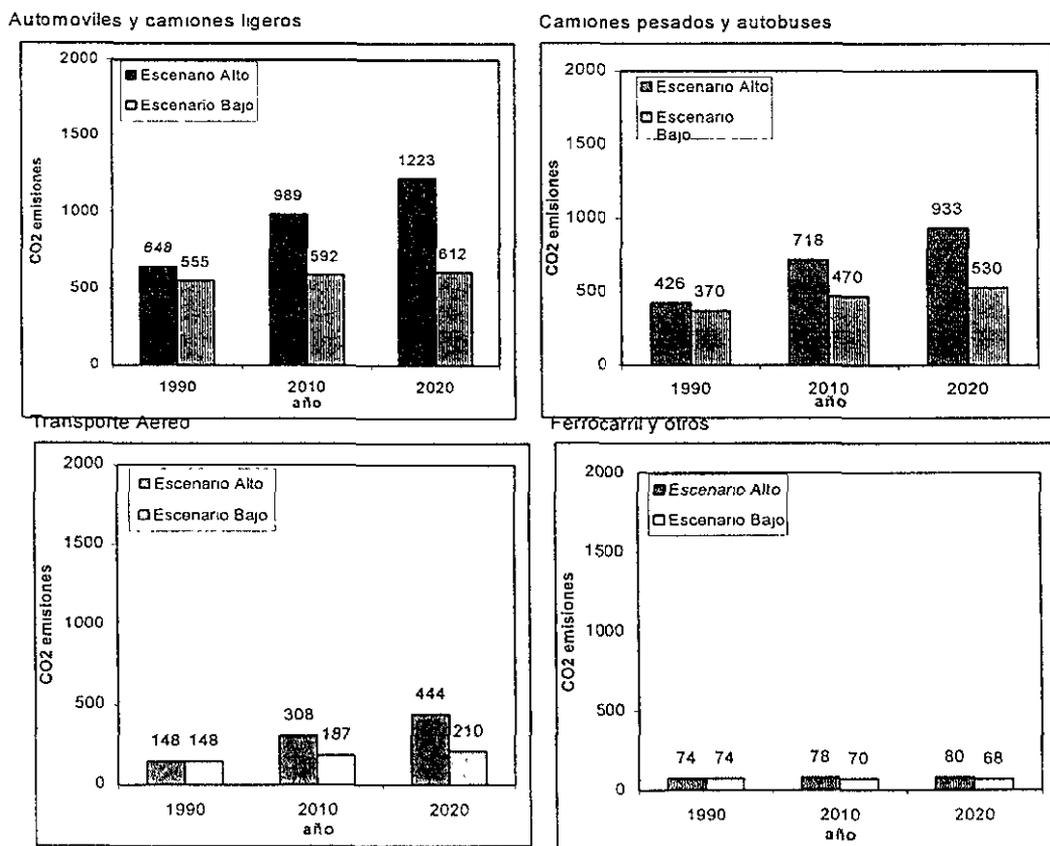
En Bonn, al final de la cumbre se estableció la cita para la siguiente conferencia en La Haya a finales del 2000.

C. Problemática: Transporte y Medio Ambiente

En junio de 1992, en la Cumbre de Río, uno de los puntos a tratar fue sobre como controlar la contaminación del aire, para la cual el sector transporte es el principal contribuyente, causando importantes riesgos para la salud y agotamiento de los combustibles fósiles no renovables. Pero los sistemas de transporte son una parte esencial de la vida económica y social, como lo señala la Agenda 21:

“Los transportes juegan un papel esencial y positivo en el desarrollo económico y social, ciertamente las necesidades irán en aumento en este sector. Sin embargo, puesto que los transportes son el origen de las emisiones a la atmósfera, es necesario realizar un estudio de los sistemas actuales de transporte para instalar y administrar los sistemas de circulación y transportes más eficaces”.

Figura 6. Emisiones globales de CO₂ bajo dos escenarios de desarrollo para el Sector Transporte.

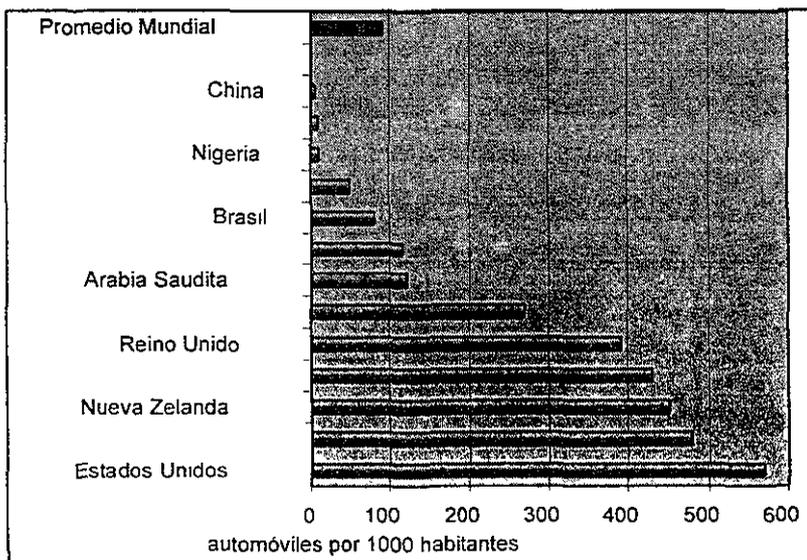


Fuente: IPCC, 1996.

C.1 Antecedentes.

A finales del siglo XX, la población total de vehículos, sobrepasa los 800 millones de unidades. Aunque la mayoría de estos vehículos se concentran en los países altamente industrializados, hay un gran número de vehículos en las zonas urbanas de los países en vías de desarrollo. Las ciudades como México, Bangkok y Seúl se encuentran ciertamente entre aquellas que producen los mayores congestionamiento del mundo. Y, aunque estos vehículos han traído desarrollo y flexibilidad para millones de personas, más trabajos y una mayor calidad de vida, estos se han visto mermados, cuando menos parcialmente, por los costos ambientales que implica el transporte.

Figura 7. Automóviles en el Mundo



Fuente: Cal, 1994.

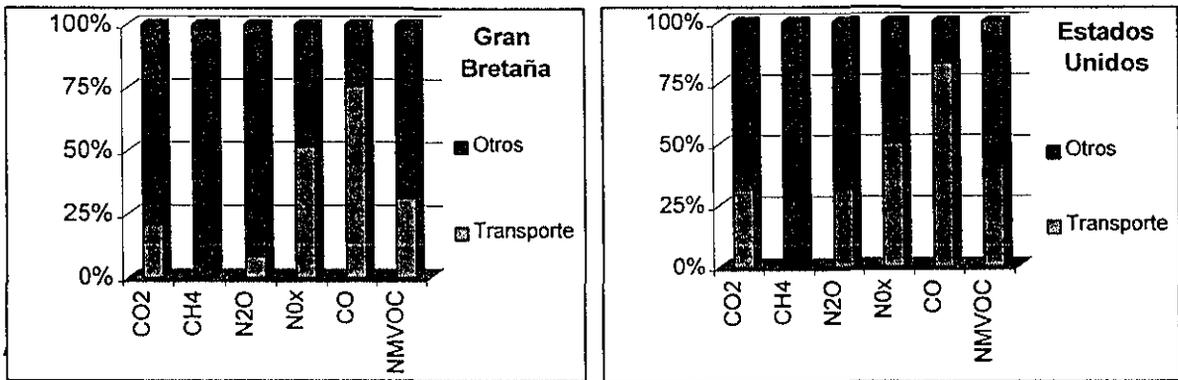
Los vehículos automotores emiten grandes cantidades de monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y sustancias tóxicas como partículas y en su momento plomo. Cada uno de éstos puede causar efectos adversos tanto en la salud como en el ambiente. Y, debido a la creciente población de vehículos y las altas tasa de emisión, los problemas serios de contaminación se han convertido en un fenómeno muy común de la vida moderna. Inicialmente estos problemas se hicieron más aparentes en las ciudades centrales, pero la comunidad científica cree que el problema no es sólo local sino global y afecta a todo el planeta. Conforme se acumula más y más evidencia de los

impactos causados por el hombre en la atmósfera, y del impacto que tiene el sector transporte en la contribución del cambio climático, se examina en este apartado las recomendaciones realizadas a partir de la Cumbre de Río para mitigar su efecto.

C.2 Cómo contribuyen los vehículos automotores al calentamiento global y a la contaminación atmosférica.

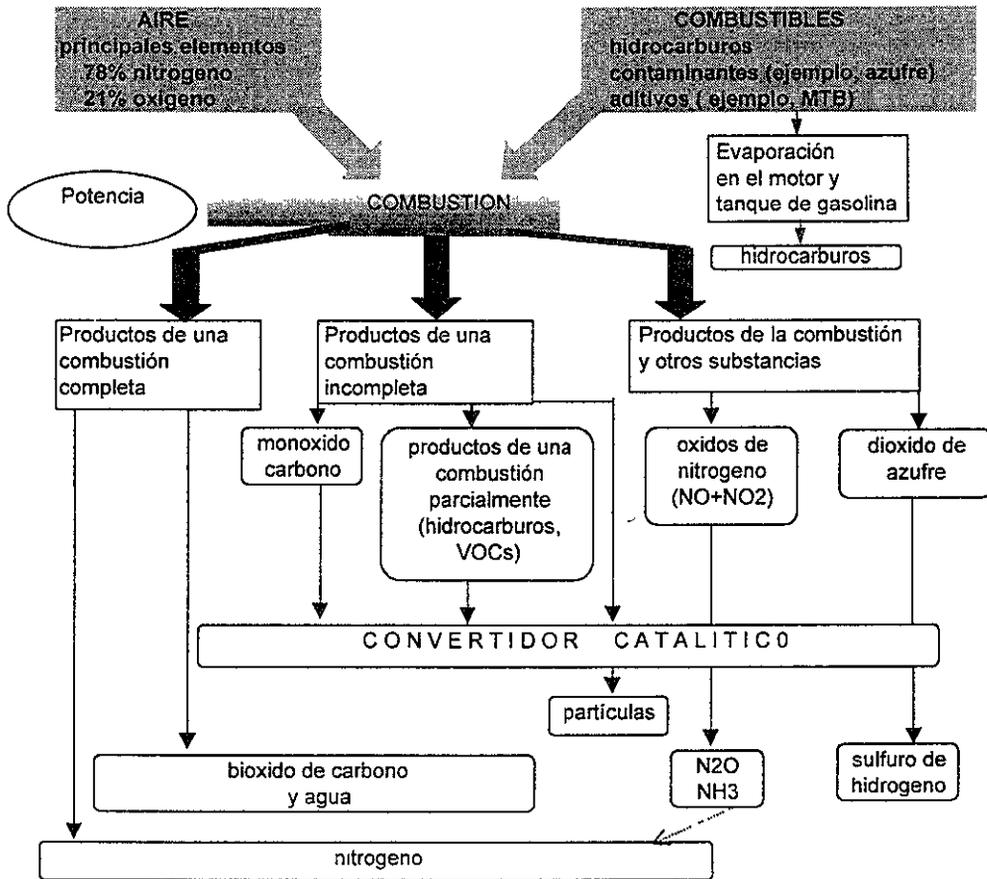
A nivel mundial, los autos, autobuses, camiones y otros vehículos automotores juegan un papel de creciente importancia en el cambio de clima global y la contaminación del aire. Como grandes consumidores de petróleo, los vehículos automotores son importantes fuentes de bióxido de carbono; compuestos orgánicos volátiles (VOCs) y óxidos de nitrógeno, precursor tanto de ozono troposférico como de la lluvia ácida; el monóxido de carbono (CO); y los clorofluorocarbonos (CFC). Todos estos gases contribuyen al calentamiento por el efecto de invernadero ya sea directa o indirectamente; los CFC también contribuyen a la reducción de la capa de ozono estratosférico.

Figura 8. Gases Invernadero, 1995



Fuente: Banco Mundial, 1999.

Figura 9. Compuestos que se emiten a la atmósfera debidos a la combustión



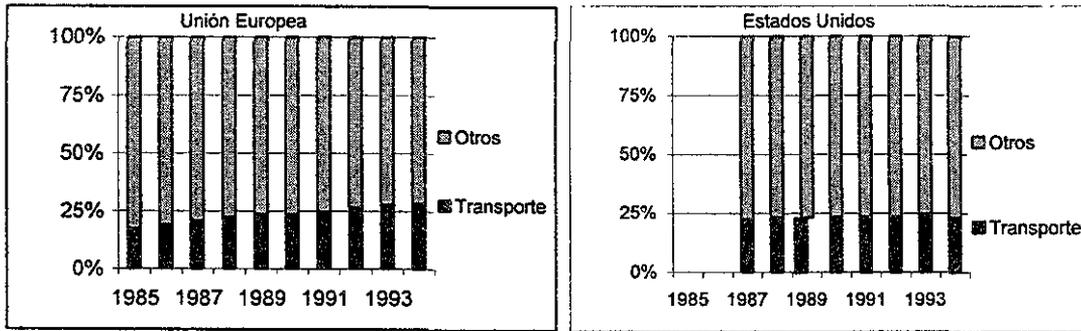
Fuente: Transport and the Environment

❖ El bióxido de carbono.

Virtualmente el parque vehicular de todo el mundo opera con combustibles fósiles, básicamente petróleo. Por cada galón de gasolina que consume un vehículo automotor, se liberan directamente a la atmósfera 19 libras de CO₂ (que contiene 5.3 libras de carbón). Es decir, por cada tanque de 15 galones en las estaciones de servicio, eventualmente se liberan 300 libras de carbón a la atmósfera. Globalmente, los vehículos automotores representan una tercera parte del consumo de petróleo en el mundo y como 14% de las emisiones de CO₂ de la quema de combustibles fósiles. Por ejemplo, en Estados Unidos y la Unión Europea, los vehículos automotores representan

aproximadamente 50% de la demanda de petróleo y aproximadamente el 25% de las emisiones de CO₂.

Figura 10. Emisiones de Bióxido de Carbono por Sector



Fuente: Banco Mundial, 1999.

❖ Precursores del Ozono Troposférico.

Aunque el ozono de la atmósfera inferior no proviene directamente de los vehículos automotores, básicamente éstos son la principal fuente de los precursores del ozono, los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno en el mundo industrializado. A través de los últimos 100 años, los niveles de fondo del ozono casi se han duplicado y los datos del monitoreo sugieren que las concentraciones de ozono están aumentando en casi uno por ciento anual en el hemisferio norte (IPCC, 1996).

Históricamente, la principal estrategia para reducir las concentraciones de ozono (el principal compuesto del smog) ha sido restringir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (VOCs). Pero, las investigaciones recientes indican que es necesario mayores controles de las emisiones de óxidos de nitrógeno, aumentarán estas y con por ende los problemas de ozono. También es necesario controlar los óxidos de nitrógeno para reducir el depósito de ácido nítrico que es un componente importante de la lluvia ácida.

Para reafirmar lo anterior, datos de Estados Unidos de 1992, establecen que los vehículos en las carreteras eran responsables de 26.8% de las emisiones de hidrocarburos volátiles orgánicos y 32% de los óxidos de nitrógeno.

❖ Agenda 21

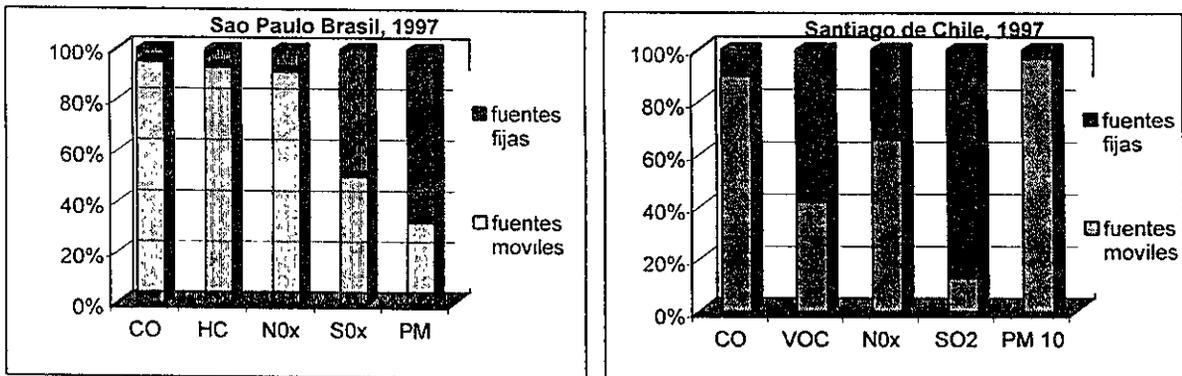
Con base en lo anterior, el 13 de junio de 1992 en Río de Janeiro, finalmente se llegó a un acuerdo entre las 150 delegaciones gubernamentales que participaban en la Cumbre de la Tierra. Un punto importante fue la discusión entre consumo energético, desarrollo y transporte, la conclusión para lograr un equilibrio entre ellos, dio como pauta las siguientes directrices:

... Con respecto al sector transporte se deben elaborar programas y promover políticas o programas eficaces en función de los costos, a fin de limitar, reducir o controlar, las emisiones perjudiciales en la atmósfera y otros efectos adversos de este sector, teniendo en cuenta las prioridades de desarrollo, así como las circunstancias concretas locales y nacionales y los aspectos de seguridad. Las siguientes actividades se proponen a los gobiernos y organismos internacionales:

- a) Desarrollar y promover sistemas de transporte económicos, más eficientes, menos contaminantes y más seguros; en particular, sistemas de transporte colectivo integrado rural y urbano, así como redes de caminos ecológicamente racionales, sin dejar de lado las prioridades sociales, económicas y de desarrollo sostenible, particularmente en los países en desarrollo.
- b) Facilitar a nivel internacional, nacional y local, tecnologías de transporte seguras, eficientes, en particular en cuanto al uso de recursos menos contaminantes, hacia los países en desarrollo y enfatizar la ejecución de programas apropiados de capacitación.
- c) Reforzar la tarea de reunir, analizar e intercambiar información sobre la relación medio ambiente y transporte, con particular atención a la observación sistemática de las emisiones y a la elaboración de una base de datos sobre esta relación.

- d) De conformidad con las prioridades nacionales en materia de desarrollo socioeconómico y medio ambiente, evaluar y promover políticas o programas eficaces en función de los costos que incluyan medidas administrativas, sociales y económicas a fin de fomentar el uso de modos de transporte que reduzcan al mínimo los efectos perjudiciales para la atmósfera.
- e) Desarrollar o perfeccionar mecanismos para integrar las estrategias de planificación del transporte y las estrategias de planificación de asentamientos urbanos y regionales, con miras a reducir los efectos del transporte sobre el medio ambiente.
- f) Estudiar, dentro del marco de la ONU y de sus comisiones regionales, la viabilidad de convocar conferencias regionales sobre el transporte y el medio ambiente.

Figura 11. Fuentes de emisiones en diferentes ciudades de América Latina



Fuente: Banco Mundial, 1999.

Conclusiones

En la última década del siglo XX, las Naciones Unidas convocan a una Conferencia Medio Ambiente y Desarrollo denominada Cumbre de la Tierra donde se tenía como objetivo encontrar un equilibrio entre crecimiento económico y medio ambiente. Los retos que presentan este tipo de acuerdos a nivel mundial,

es la diversidad de economías y pensamientos que confluyen para alcanzar una meta, es decir, queda estipulado que el Cambio Climático no sólo es un problema local sino mundial, pero también es cierto que los países desarrollados han emitido la mayoría de CO₂, en más de un 80% [Pariésien, 1994], y ahora en nombre del medio ambiente se pretende controlar el consumo energético de los países en vías de desarrollo, cuando la historia demuestra que para alcanzar el desarrollo es necesario consumir energía.

Establecido un marco para las diferentes economías, se iniciaron los trabajos de investigación, uno de estos puntos fue la importancia de controlar la contaminación del aire, donde se manifiesta al sector transporte como el principal contribuyente a los gases de efecto invernadero, citando:

“Los transportes juegan un papel esencial y positivo en el desarrollo económico y social, ciertamente las necesidades irán en aumento en este sector. Sin embargo, puesto que los transporte son el origen de las emisiones a la atmósfera es necesario realizar un estudio de los sistemas actuales de transporte para instalar y administrar los sistemas de circulación y transporte más eficaces [Agenda 21]”.

De acuerdo a lo anterior, los sistemas de transportes son una parte esencial de la vida económica y social. 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. 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 sobre el ambiente. Se requieren otros factores como 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 atmósfera.

Aún cuando las negociaciones llevan ya más de 8 años parece que lo único en lo que llegan a un acuerdo es que las vulnerabilidades que presentan los países frente a un posible cambio climático implica riesgos importantes para el desempeño productivo de todas sus actividades económicas y que corresponden al conjunto de las naciones disminuir la generación de emisiones de gases con efecto invernadero y encontrar una solución conjunta.

2 /Gasolinas:

Retrospectiva del consumo de gasolinas en México

En el capítulo anterior se estableció la importancia de la emisión de gases invernadero y los posibles efectos que estos causan, siendo el Sector Transporte uno de los principales emisores a nivel mundial.

En este capítulo, se realiza una retrospectiva histórica del consumo de gasolinas en México, con el objetivo de determinar la importancia que los automóviles han tenido en el consumo de energía del Sector Transporte Nacional y por lo tanto en la emisión de gases invernadero. Estos capítulos permiten establecer el marco de referencia histórico siguiendo la relación existente entre consumo de energía y emisión de gases invernadero desde una perspectiva enfocada en el Transporte, en particular con los automóviles y el tipo de gasolinas que se venden en nuestro país.

A. Introducción

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: gasolina, diesel, combustóleo, gas licuado y kerosinas.

Las gasolina 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 1998 equivale a poco más del 90%¹ del utilizado en el transporte nacional.

¹Balance Nacional de Energía, 1994.

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% medio 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 media 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 %².

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

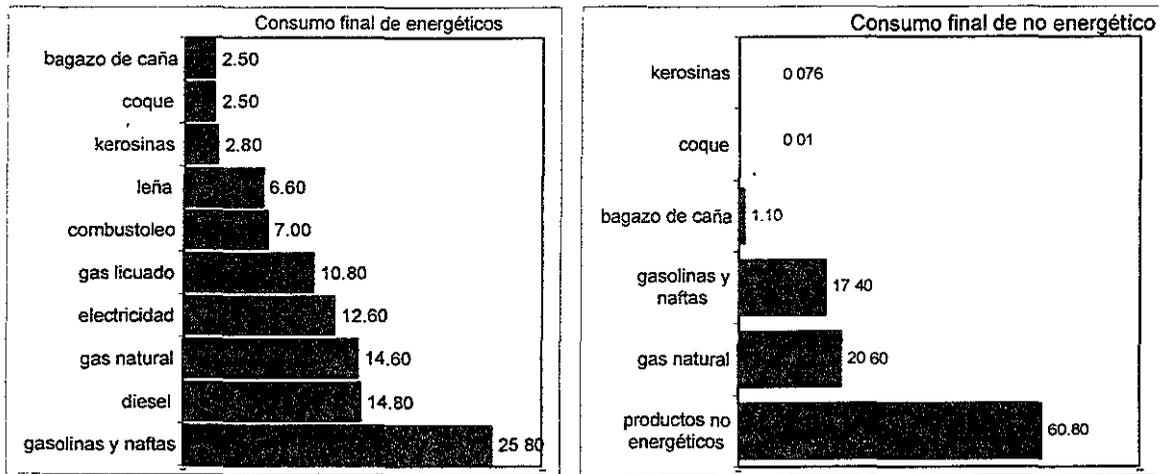
B. Perfil del consumo de energía en México.

En 1997, de acuerdo con el Balance Nacional de Energía, la producción anual de energía primaria y secundaria en México se estima en 9,354.55 PJ. Si se suma la energía importada (688.44 PJ) y se restan las exportaciones (3,875.33 PJ), la energía no aprovechada (175.407 PJ) y la variación de inventarios (1.62 PJ), se obtiene que la Oferta Interna de Energía, fue de 5,993.86 PJ, de la cual el 89.6% fueron hidrocarburos, 4.7% electricidad, 3.7% biomasa y 2% carbón.

La demanda final de energía se divide en consumo no energético y en consumo energético (ver figura 12). 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, grasa, 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.

² Antes de 1994, el combustóleo registra una tasa de crecimiento negativa, pero en la variación anual de 1993-1994 registra un aumento de mas 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

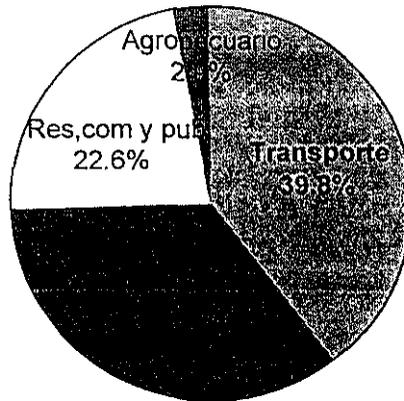
Figura 12. Estructura del consumo final total por tipo de energético, 1997.



Fuente: Secretaría de Energía, 1998

En 1997, la demanda de energía final se distribuyó de la siguiente manera: el sector transporte consumió 1,478.14 PJ; la industria 1,288.06 PJ; el sector residencial, comercial y público 840.3 PJ y el agropecuario 106.918 PJ (figura 13).

Figura 13. Consumo final de energético por sector, 1997



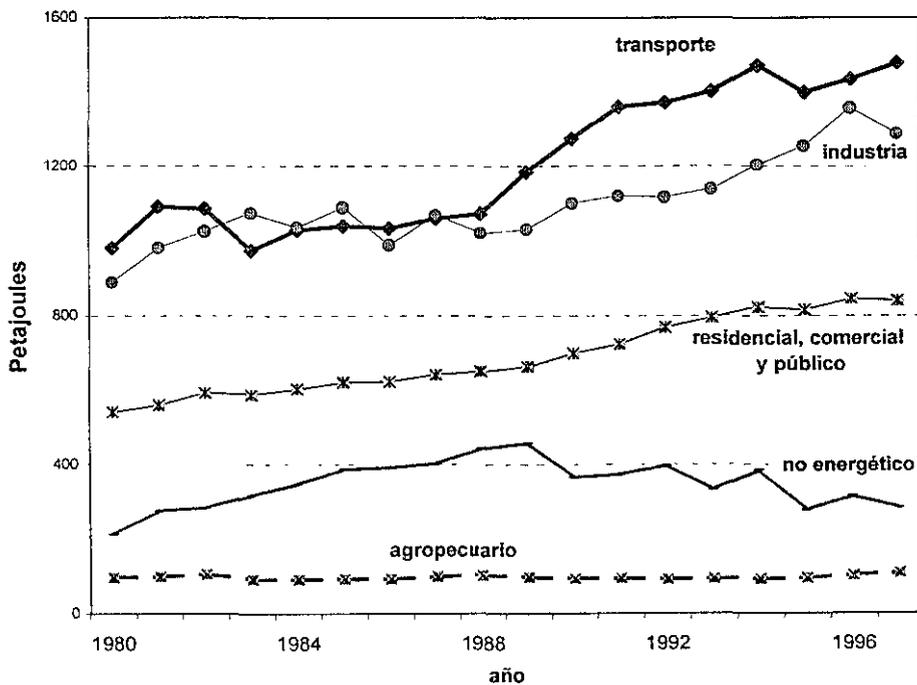
Fuente: Secretaría de Energía, 1998

En una retrospectiva del consumo de energía por sectores se aprecia el dinamismo del sector transporte, es decir, durante el periodo de 1980 a 1997 éste registró una tasa de

crecimiento media anual (TCMA)³ del 2.8%, mientras que el industrial 2%, el residencial, comercial y público del 2.3% y el sector agropecuario disminuyó su crecimiento en un 0.6% TCMA (figura 14).

La demanda de energía en el sector transporte ha presentado diversas tendencias. En la década de los 80, el consumo de energía mostró altibajos registrando su punto más bajo en 1983 con una participación del 32% en el total del consumo final y su punto más alto en 1981 con una participación del 36.3%. En la década de los 90, el sector presentó un crecimiento sostenido del 2.18%, presentando su punto máximo en 1991 al registrar un aumento de consumo de casi 7% con respecto al año anterior y su punto mínimo en 1995 cuando registro una tasa negativa del 5%.

Figura 14. Consumo histórico por sectores.



Fuente: Balance Nacional de Energía, 1996, 1998

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

donde Vf: Valor final

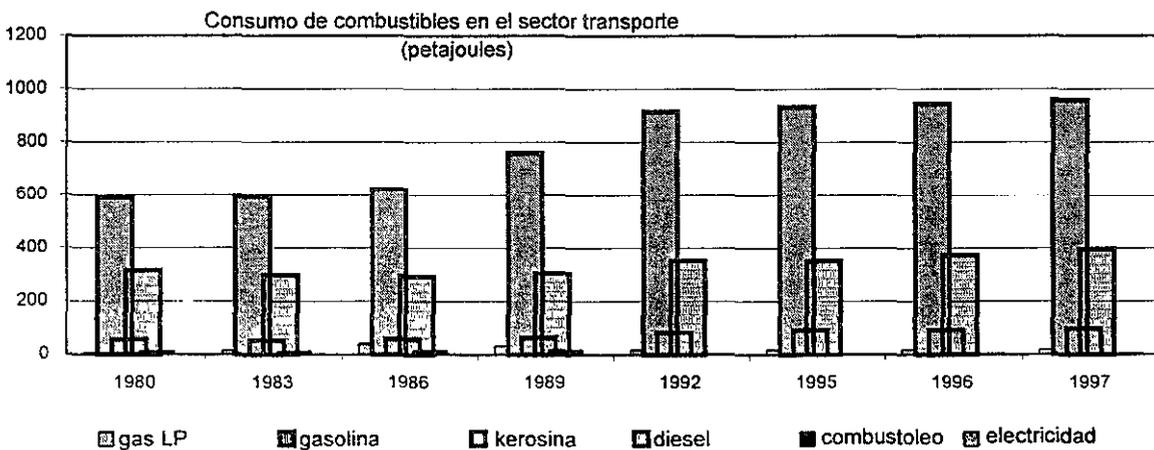
Vi: Valor inicial

n: número de años

B. 2 Perfil agregado del consumo de energía en el sector transporte

En 1997 el sector transporte consumió más de 1,478 PJ para su operación, registrando una tasa de crecimiento media anual del 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 1997, la gasolina aportó cerca de 959 PJ equivalente al 65%; el diesel 396 PJ (27%) y la kerosina 98 PJ equivalente al 7%, en menor cantidad se utilizaron gas licuado y combustóleo (figura 15).

Figura 15. Consumo de energía en el Sector Transporte por combustible

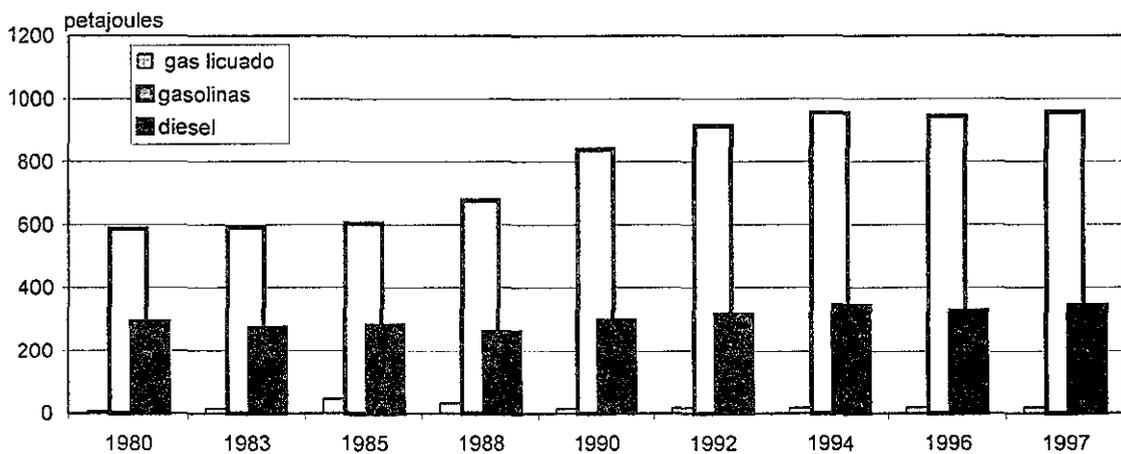


Fuente: Secretaría de Energía

En el periodo de 1980-1998 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 60% en 1980, al 65% en 1997. Por el contrario el consumo de diesel, pese haber crecido con una tasa del 2.3% anual, redujo su participación relativa del 32% en 1980 al 27%. 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 5.8% a 6.6% en 1997, con una tasa de crecimiento media anual del 6.4%.

Aproximadamente el 90% de la energía fue consumida por el autotransporte, el resto se repartió entre los modos aéreos con el 6.7%, ferroviario con el 1.4% y 2.3% para el 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 886 PJ en 1980 a 1,321 PJ en 1997. En este modo, el consumo se integra de la siguiente manera: para 1997, 72.5% gasolina, 26.1% diesel y 1.4% gas licuado (figura 16).

Figura 16. Consumo de combustibles en el autotransporte



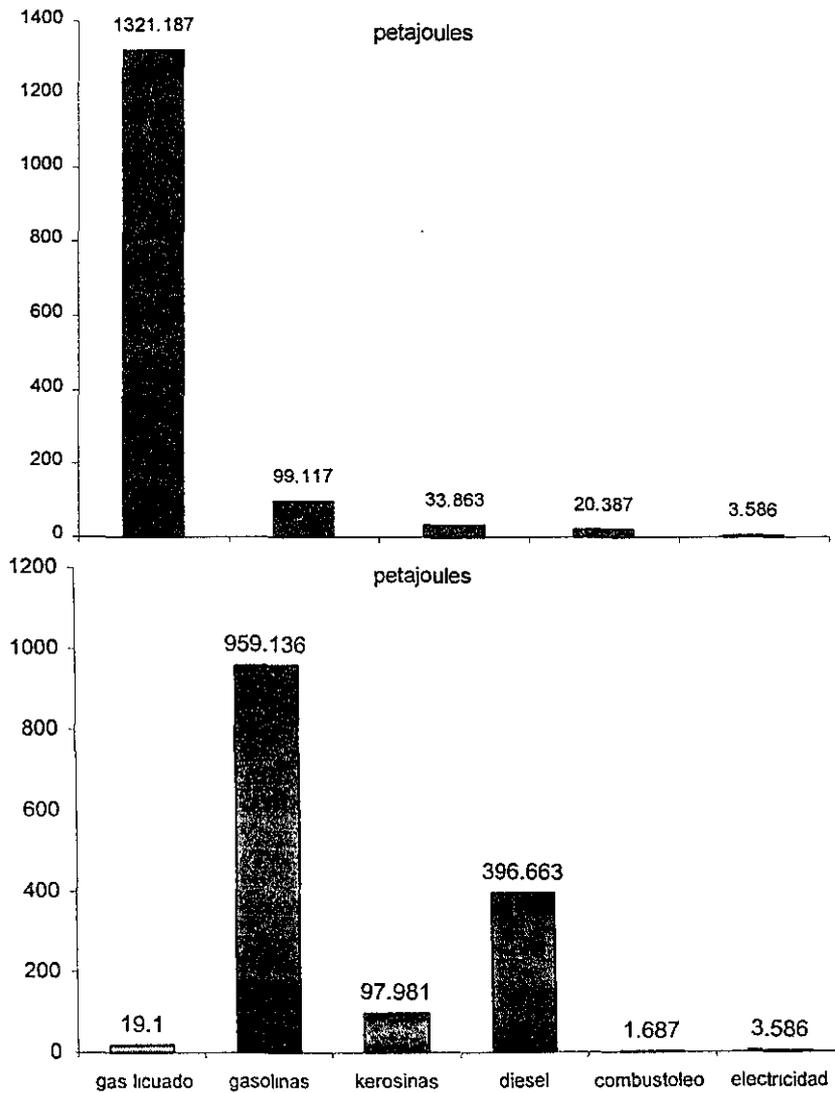
Fuente: Secretaría de Energía

El segundo consumidor de energía en el sector transporte es el modo aéreo, que en 1997 requirió un poco más de 99.12 PJ para su operación. Su tasa de crecimiento anual de consumo ha sido positiva exceptuando en el periodo de 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 98.9% 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 24.19 PJ en 1997 (diesel), cifra muy similar al de 1985 (24.89 PJ).

Se puede puntualizar que en México, el modo autotransporte es el que tiene la mayor demanda de consumo del sector transporte a nivel nacional y la gasolina es la base energética de este sector (figura 17), es por ello que resulta importante estudiar la evolución de la demanda, ya que a partir de ella se pueden cambiar los esquemas de consumo nacional.

Figura 17. Consumo de energía por modo y combustible



Fuente: Secretaría de Energía, 1997

C. Evolución de las gasolinas en México

En México las características de las gasolinas han evolucionado paralelamente a los requerimientos de la industria automotriz, ya que desde la década de los veinte 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 mas alto octanaje, la llamada Gasolmex 90 aparece con 90 octanos y en 1966 Pemex 100 con 100 octanos, ambas gasolinas se formulaban con cuatro 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 cambio 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 tiene dos objetivos ambientales, por un lado el plomo en sí tiene un efecto dañino sobre la salud⁴, y, por otro lado, fue necesario eliminarlo para permitir el uso de los convertidores catalíticos, que han sido empleados en

⁴ 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.

Estados Unidos desde la década de los setenta y cuyo efecto se anula por el envenenamiento con plomo⁵.

Estos aditamentos han sido fundamentales para eliminar 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 mas de una década no ocurrieron cambios significativos en la calidad de las gasolinas en México, pero sí se incremento 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 significativa en el contenido de plomo de 3.5 ml de TEP/gal a un rango de 0.5 a 1.0 ml de TEP-gal, la Extra Plus continuó con 0.05 gr Pb-gal.

La llamada gasolina Nova que contiene plomo y cuyo consumo actual es de 277 000 bbd, tiende a desaparecer del mercado nacional hacia el año de 1998 y será sustituida por otras cuyo octanaje y calidad se adecuen a las necesidades del parque vehicular existente. La llamada Magna Sin, exenta de plomo, es una gasolina de calidad internacional y sus ventas 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.

La reducción en el contenido de plomo tiene dos objetivos ambientales, por un lado el plomo tiene en sí un efecto dañino sobre la salud y por otro, era necesario eliminarlo para permitir el uso de los convertidores catalíticos, que han sido utilizados en Estados Unidos desde la década de los setenta y cuyo efecto se anula por el envenenamiento con metales pesados.

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

⁵La contaminación atmosférica en el Valle de México, 1994.

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 ⁶.

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%

C. 1 Composición de la gasolina.

La gasolina está compuesta por una mezcla de hidrocarburos parafínicos, isoparafínicos, olefínicos, nafténicos y aromáticos, que principalmente contienen moléculas con cadenas de cinco a nueve carbonos, obtenidos de diversos procesos de refinación como destilación, crackeo térmico y catalítico, reformación catalítica, alquilación, e isomerización.

Adicionalmente, algunas gasolinas de las antes mencionadas pasan por procesos de mejoramiento de sus características, así como de eliminación de compuestos contaminantes como el azufre.

En forma general, la gasolina se obtiene a partir del petróleo, a través de las siguientes etapas:

- Proceso de destilación (separación física) de los componentes del petróleo, uno de los cuales es la gasolina.
- Proceso de desintegración de los componentes pesados del petróleo, para convertirlos en gasolina y gas licuado.
- Procesos que se emplean para mejorar las características de las gasolinas como el de reformación catalítica, isomerización, alquilación y adición de compuestos oxigenantes como el metil terbutil éter y metil teramil éter.

⁶ Escobar, C. Avances en el Desarrollo tecnológico de combustibles y motores para el transporte, UNAM,

- Procesos de purificación, para que su calidad cumpla con las normas de calidad y las normas ecológicas, tales como la hidrodesulfuración.

Octanaje.

El octanaje en la gasolina es la medida de su calidad antidetonante, es decir, su habilidad para quemarse sin causar detonación en los motores de los automóviles. Existen tres métodos para medir esta propiedad: Número de Octano en Motor (MON), Número de Octano Investigado (RON) y Número de Octano en Marcha (tabla 1).

El MON es tomado normalmente como una indicación de la habilidad del combustible para prevenir la detonación en motores de altas velocidades, mientras que el RON mide la tendencia de detonación a bajas velocidades. Sin embargo, el Número de Octano en Marcha es el que muestra realmente cómo se comporta el combustible en el motor de un automóvil, en cuanto a sus características de detonación.

Tabla 1. Composición de las diferentes gasolinas que se venden en México

	NOVA	PEMEX MAGNA	PEMEX PREMIUM
Composición	C ₅ -C ₉	C ₅ -C ₉	C ₅ -C ₉
Azufre (ppm)			
Resto del país	1500	1500	500
Valle de México	n.a.	500	500
Aromáticos(%vol. max)			
Resto del país	**	**	32
Valle de México	n.a.	25	25
Olefinas (%vol. max)			
Resto del país	**	**	15
Valle de México	n.a.	10	10
Octanaje¹	81	87	93

n.a. dato no disponible.

Fuente: Pemex, 1998

El mayor octanaje en las gasolinas Pemex Magna y Pemex Premium permite su combustión sin causar detonación en los motores de los automóviles, previniendo su desgaste prematuro, principalmente en los de

alta compresión. Asimismo, son de una mayor calidad ecológica, ya que no contienen plomo, elemento altamente contaminante al ambiente y perjudicial para el ser humano; a la vez, el menor contenido de azufre disminuye la emisión a la atmósfera de bióxido de azufre (SO₂), principal causante de la lluvia ácida.

C.2 Evolución de las ventas y del precio de las gasolinas en México

El comportamiento de las ventas de combustibles en México, tienen una relación directa con la evolución de la actividad económica general, la producción industrial y el desarrollo general del país, analizando la historia económica de México y la venta de este combustible se observa lo siguiente: En México se experimentaba una abundancia de recursos entre 1975 y 1980, es por ello que dentro de los planes nacionales no existían políticas o acciones que tuvieran como objetivo una ahorro sustancial de energía. Después de experimentar una continua expansión, las gasolinas automotrices disminuyeron sus ventas en 1983, debido a la crisis financiera y económica de 1981-1982. Como resultado de lo anterior y del programa de ajuste subsecuente, entre 1983 a 1986 el PIB registra una tasa de crecimiento media anual negativa del 0.23% y la producción manufacturera permanece estancada; las ventas de vehículos se desploman 47% entre 1982 y 1987, en términos generales, los precios de los combustibles se ajustaron a un ritmo menor a la inflación. El resultado fue un crecimiento anual del consumo de combustibles automotrices de 0.7% en el periodo de 1984 a 1986.

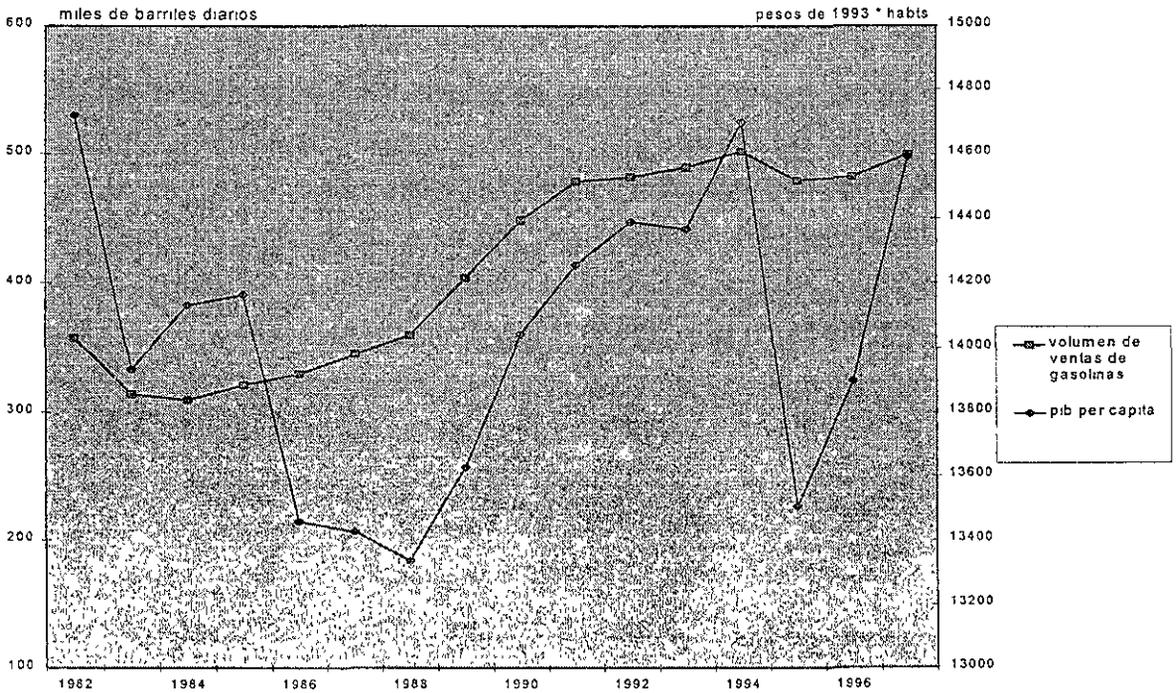
De 1987 a 1991 las ventas de gasolinas crecen un 7.6% registrando una de las fases de mayor crecimiento. Durante este periodo, el crecimiento del PIB y de la actividad industrial tienden a acelerarse, mientras que los precios de los combustibles caen durante este periodo, aunque a diferentes tasas.

El precio de la gasolina sin plomo se ajusta al alza en 1990 lo que se traduce en una marcada preferencia de los consumidores por la gasolina con plomo. Con excepción de la gasolina Nova, en este periodo los precios de los combustibles no parecen ser un elemento que desestime la demanda en forma sensible, a pesar de que crecen en términos reales. Aun así, sus niveles en 1993 tienden a ser inferiores a los prevalecientes antes de que se suscribiera el primer pacto.

En 1994 las ventas de gasolinas automotrices crecieron 2.5% con respecto al año anterior, alcanzando por primera vez en el país un promedio de 502 mbd. En el Valle de

México las ventas aumentaron 4.3% y representaron 23% del total; en la frontera norte su incremento fue de 4.2%, mientras que en la Zona Metropolitana de Monterrey mantuvieron el mismo nivel del año anterior (figura 18). La tendencia hacia un mayor consumo de gasolina Pemex Magna fue el resultado de una política de precios vigentes que fue reduciendo la diferencia de precios entre esta gasolina y la Nova, y también por la incorporación obligada de convertidores catalíticos en vehículos nuevos.

Figura 18. Volumen de venta de gasolinas y PIB per capita



Fuente: Anuario Estadístico Pemex, 1988, 1998. SE, 1997

La contracción de la actividad económica observada en 1995, los aumentos de precios y diversos cambios estructurales y tecnológicos, afectaron la demanda de combustibles en general. Las ventas de automóviles y camiones se vieron severamente afectadas por la recesión, con decrecimientos del orden del 72 y 84% respectivamente.

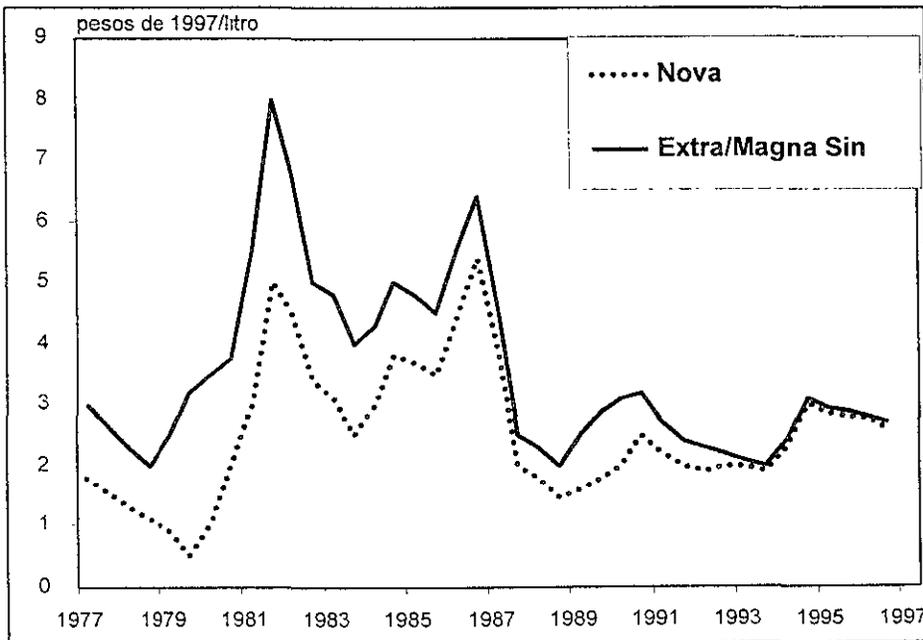
Así mismo, durante 1995, el flujo vehicular en autopistas concesionadas disminuyó un 45%. Estos indicadores se reflejaron en el consumo de gasolina y diesel. En 1995 se vendieron en el país 479 mbd de gasolinas automotrices, volumen similar al de 1991 y

34% menor que el año anterior. Las ventas de Nova decrecieron 18% en tanto que Pemex Magna aumentó un 12%.

Durante los primeros meses de 1995 el gobierno tenía un mecanismo para establecer los precios de los combustibles, este se modificó a partir de marzo, donde se establecía que estos se encontrarían ligados al mercado internacional, con un tipo de cambio máximo de 6 pesos por dólar [Universal, 1995]. En este mes, los precios de los combustibles automotrices registraron un aumento del 35% en todo el país, en abril, se inicia un deslizamiento a una tasa mensual del 0.797%. Los precios reales de la gasolina y el diesel aumentaron entre un 7 y 8% respectivamente.

La recuperación económica de 1996 se vio reflejada al aumentar el volumen de ventas en un 3.1% con respecto al año anterior. En 1997, el consumo de gasolinas creció un 3.7% y alcanzó un nivel cercano al de 1994, se comercializaron 500 mbd de gasolinas con una participación promedio de 83.8% de gasolinas sin plomo (figura 19).

Figura 19. Precio de las gasolinas



Fuente: Anuario Estadístico de Pemex, 1998

El consumo de gasolinas en 1997 creció en 3.7% con respecto al año anterior, se vendieron 500 mbd de gasolinas con una participación promedio de 83.8% de gasolinas

sin plomo, es decir, Pemex Magna y Pemex Premium. Los precios de los combustibles automotrices se mantuvieron constantes en términos reales.

Los cambio a gasolinas reformuladas desplazando el consumo de la gasolina Nova, generó un déficit de octano y una mayor importación de gasolinas terminadas y componentes de alto octano [González, 1998] (Tabla 2).

Tabla 2. Precio al público de las diferentes gasolinas que se venden en México^a

	(pesos por litro)						
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Gasolina Nova	0.155	0.493	0.493	0.525	0.710	1.100	1.120
Gasolina Extra/Pemex Magna ^b	0.180	0.573	0.573	0.618	1.000	1.250	1.220
Gasolina Pemex Premium	–	–	–	–	–	–	–
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
Gasolina Nova	1.230	1.290	2.160	2.800	3.310	–	
Gasolina Extra/Pemex Magna ^b	1.310	1.350	2.240	2.880	3.390	4.250	
Gasolina Pemex Premium	–	–	–	3.180	3.630	4.680	

a. Precios al 31 de diciembre de cada año. Incluye impuestos

b. A partir de septiembre de 1990 la gasolina Pemex Magna sustituyó a la gasolina Extra

Fuente: Pemex, 1997, 1998.

Conclusiones

Muchas de las grandes ciudades en el mundo tienen graves problemas de contaminación del aire y de congestión de la circulación causada por los vehículos particulares, por mencionar a unas cuantas: la Ciudad de México, Sao Paulo, Nueva York, Los Ángeles, El Cairo, Atenas. Virtualmente todas estas grandes ciudades hacen importantes contribuciones a la producción de gases de invernadero, debido a sus numerosos parques vehiculares. La Agencia Internacional de Energía y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) han informado que el Sector Transporte en los países miembros produce 30% de todas las emisiones de carbono, de las cuales el autotransporte produce el 75%. Nada menos que el 90% de las emisiones de CO y 30% de las emisiones de NO_x, proceden de motores de gasolina. El uso de combustibles para

el autotransporte en los países miembros de la OCDE se triplicó entre 1960 y 1990. Estas cifras muestran como el autotransporte y en especial los que consumen gasolina son quienes marcan las pautas de consumo energético en estos países.

De forma similar, en México el 90% de la energía total que se consume en el Transporte se destina para el Autotransporte y casi el 73% de su consumo se basa en gasolinas. Si consideramos que el transporte privado representa el 67% de los motores a gasolina que circulan en el país, se llega a la conclusión que este tipo de transporte tiene un impacto real en la demanda final del sector.

La calidad de los combustibles juega un papel fundamental en el volumen de emisión de contaminantes. En este sentido, se han logrado avances importantes en la lucha contra la contaminación atmosférica al producirse combustibles de calidad internacional, comparables o mejores que en otros países.

En el caso de las gasolinas reformulada que no contiene plomo y en la que se limita de manera importante la volatilidad y el contenido de compuestos aromáticos, benceno y azufre y se establece un requerimiento mínimo de oxigenantes. Cabe señalar que en Estados Unidos las gasolinas reformuladas con obligatorias en aquellas regiones que registran severos problemas de contaminación derivados de la presencia de ozono y monóxido de carbono. La comparación de las gasolinas reformuladas y las convencionales nacionales y extranjeras permiten observar la evolución que ha tenido el país con respecto a su principal combustible (tabla 3).

Tabla 3. Características de diferentes gasolinas.

	AAMA*	ASTM** D-4814	Gasolina Convencional	
			Pemex Magna Para todo el país	Convencional Estados Unidos (Colonial Pipeline)
Oxígeno (%pcso)	2.7 max	n.d.	n.d.	n.d.
Octano (R+M)/2 (min)	87	87	87	87
Prestión de Vapor Reid (psi)	6.5-7.8	7.8-15.0 ^{1/}	6.5-9.5	8.0-9.2
Azufre (%peso)	n.a	0.10	0.10	0.10
Benceno (%vol. max)	1.0	n.d.	4.9	4.9

Gasolina Convencional				
Aromáticos (%vol max.)	25	n.d.	30	35
Olefinas (%vol. max)	9.2-11.9	n.d.	15	10

	Gasolina Convencional			
	AAMA*	ASTM** D-4814	Pemex Magna	Estados Unidos
			ZMVM	EPA '95***Modelo simple
Oxígeno (%peso)	2.7 max	n.d.	2.0 max.	2.7-3.5
Octano (R+M)/2 (min)	87	87	87	87
Presión de Vapor Reid (psi)	6.5-7.8	7.8-15.0 ^{1/}	6.5-7.5	7.2-8.1
Azufre (%peso)	n.a.	0.10	0.05	0.03
Benceno (%vol. max)	1.0	n.d.	1.0	1.0
Aromáticos (%vol max.)	25	n.d.	25	25
Olefinas (%vol. max)	9.2-11.9	n.d.	10	9.2-11.9

* Asociación Americana de Fabricantes de Automóviles

** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales

*** Environmental Protection Agency

1/ Varía según la región y la estacionalidad

Fuente: Pemex, 1997

La gasolina reformulada usada en vehículos equipados con convertidor catalítico de tres vías permite reducir las emisiones de hidrocarburos hasta un 40%, las de monóxido de carbono hasta un 22% y las de óxido de nitrógeno hasta un 17%, con respecto al nivel de contaminantes que emiten estos vehículos al usar una gasolina sin plomo reformulada. Si bien la reducción de emisiones es inmediata en autos equipados con convertidor catalítico, el efecto es modesto en vehículos carentes de esta tecnología, recordando que en México la edad según cifras oficiales es de aproximadamente 8 años.

3/ Norma de Rendimiento Vehicular

En los capítulos anteriores establecimos dos hechos fundamentales para el estudio: Primero, el Sector Transporte es una de las principales fuente emisora de gases invernadero y su contribución para un posible cambio climático tiene que tratar de regularse a nivel mundial. Segundo, en México de igual manera, el Transporte representa uno de los mayores consumos energéticos del país y los motores a gasolina son parte fundamental de este sector.

En este capítulo, se investiga y analiza la evolución de la eficiencia energética del transporte, específicamente en automóviles. En particular se estudian las políticas que se establecieron para modificar el patrón de consumo (CAFE en EUA, PREMCE en México). El objetivo es sentar las bases para analizar posteriormente estas acciones, ya no como medidas para modificar el patrón de consumo sino como medida para atemperar las emisiones vehiculares. Estos tres capítulos forman el marco general de referencia para la investigación.

Introducción

La década de los 70's marca un punto esencial en la evolución del transporte, ya que los países miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) embargaron el suministro de petróleo a los países occidentales. Como resultado de esa decisión el flujo de petróleo a naciones industrializadas disminuye debido al incremento de los precios y con ello se inicia una nueva etapa donde, además de promover la producción de petróleo en países no miembros de la OPEP, se desarrollan estrategias de promoción de fuentes energéticas alternas (nuclear, renovable, etc.) y de promoción de la conservación energética.

Durante este periodo, el precio del barril pasó en promedio de 2 dólares a 10, hecho que repercutió en las economías de los países y contribuyó al proceso inflacionario mundial de la década de los setenta. Para tratar de minimizar el efecto de esta crisis energética, varios países comienzan a encontrar diversos caminos que redujera su dependencia de los derivados del petróleo.

A partir de 1974, el precio del petróleo aumenta lentamente hasta los 13 dólares por barril, pero en 1979 se registra nuevamente una reducción en el suministro energético, debido a problemas internos en Irán (uno de los principales exportadores de petróleo a nivel mundial). De esta forma el precio del barril aumenta hasta 35-36 dólares generando una reacción en cadena que afectaba a las economías de Occidente.

En 1981, los efectos de la primera crisis energética se habían traducido en acciones tendientes a la conservación y ahorro de energía, la recesión económica mundial y la incorporación de nuevos exportadores de petróleo, origen que el precio del barril bajara hasta 9 dólares aproximadamente en 1986.

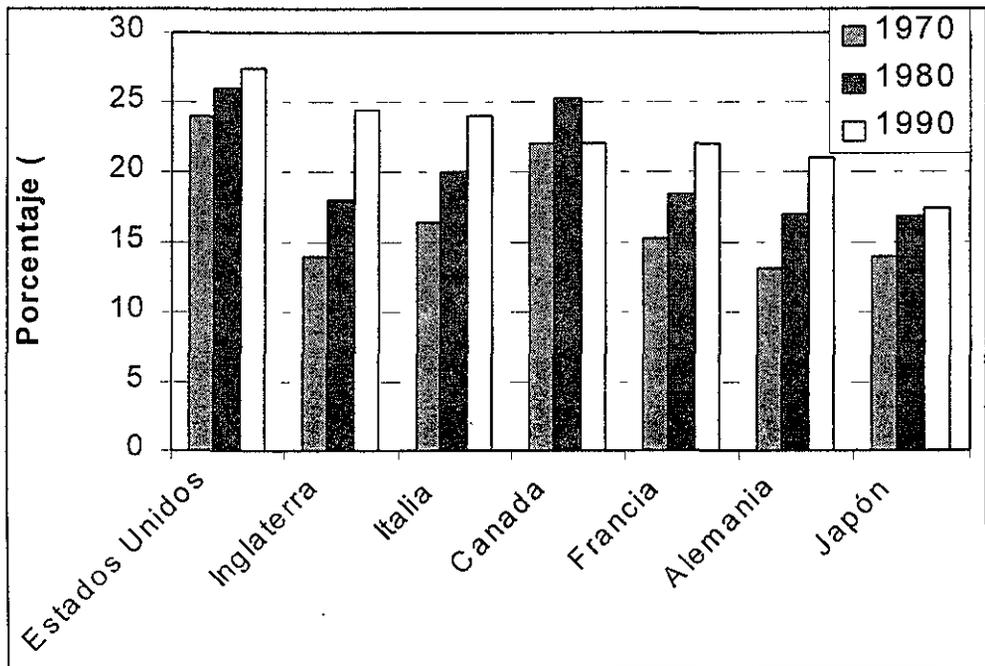
A. Problemática energética del transporte y una nueva legislación.

La realidad energética que ha vivido el mundo durante los últimos 27 años ha tenido profundos impactos en el transporte. Antes del primer embargo petrolero, se asumía que el suministro de petróleo era parte regular de una economía, no se presentaba como variable. Después de 1973, se inicia una nueva etapa en donde el transporte (y otros sectores) se conjugaría con nuevas palabras como eficiencia energética, ahorro de combustibles y conservación de energéticos.

Las primeras reacciones al embargo petrolero con respecto al sector transporte, fueron medidas emergentes como prohibición a la circulación vehicular según el número de placa, cierre de gasolineras durante determinados días de la semana, introducción de límites de velocidad más bajos y promoción intensiva del uso del transporte público.

A medida que el suministro se regularizó y desapareció la emergencia, algunas medidas emergentes impuestas para enfrentar la escasez de petróleo disminuyeron hasta desaparecer y algunas otras permanecieron (figura 20). Asimismo, en algunos países se promovieron políticas de uso eficiente de la energía, entre las que destaca el incremento de impuesto a los combustibles fósiles, sin embargo, esta última medida tiene efecto sólo en el corto plazo de acuerdo a estudios realizados en Estados Unidos [Nivola, 1994]

Figura 20.
Consumo de
energía en el
Sector
Transporte



Fuente: Agencia Internacional de Energía

Así, las medidas más relevantes para propiciar la economía de la energía en el sector transporte fueron:

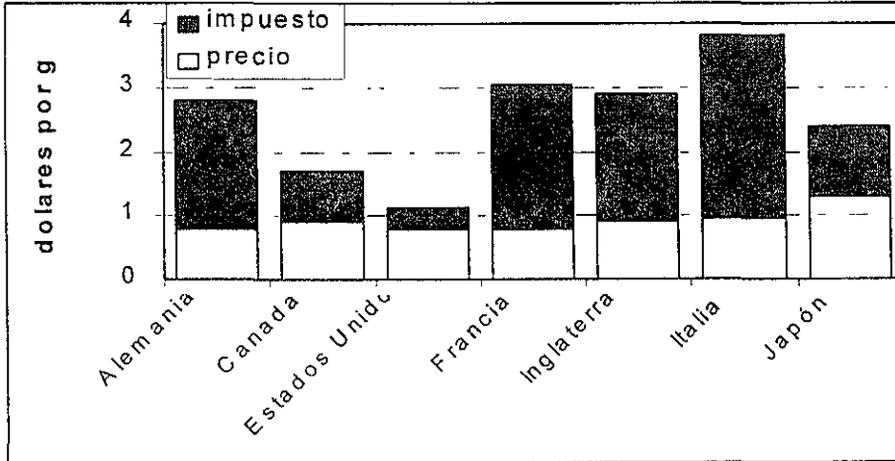
1. Incrementar significativamente a los impuestos y precios de combustibles para estimular su uso y conservación (figura 21).
2. Programas para aumentar los factores de ocupación de aquellos modos de transporte con capacidad subutilizada.
3. Programas para aumentar la eficiencia de los automóviles particulares.
4. Campañas publicitarias para informar y motivar a los conductores para que ahorrarán combustible

5. Introducción de límites de velocidad en las carreteras, entre 90 y 100 km/h, para propiciar el funcionamiento de los vehículos en intervalos de mayor eficiencia en el uso de los combustibles.
6. Desarrollo de investigación en programas que tengan como objetivo alternativas de combustibles para el transporte.

De los puntos anteriores los más relevantes fueron los tres primeros que se aplicaron tanto en el corto como mediano plazo, debido a que:

A. La alta ponderación que tiene el consumo de gasolina de los automóviles en la demanda energética del sector transporte y en el consumo final, así como el fuerte impacto que genera sobre la oferta, son dos de las razones que obligan a suponer que el precio de la gasolina tiene una influencia directa sobre el volumen de ventas que puede manifestarse en la disminución de la utilización del automóvil.

Figura 21. Precio e impuesto en la gasolina en diferentes países.



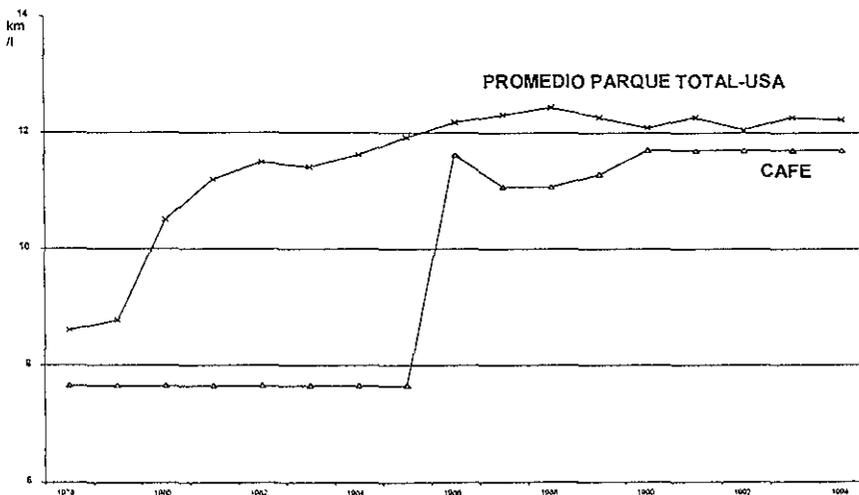
Fuente: Agencia Internacional de Energía

Los precios de la gasolina variaron de acuerdo al país. Esta variación depende de los impuestos establecidos por el gobierno, para 1992 en Estados Unidos el 27% del costo total son impuestos, mientras en Japón y Canadá es del 46%, Francia, Italia, Alemania e Inglaterra es del 70%. En México es de aproximadamente el 60% [Francisco, 1999].

B. La eficiencia energética en automóviles: Con respecto a este punto Estados Unidos oriento su política a programas que comprendieron normas de economía de combustibles, entre las que destaca el CAFE (Corporate Average Fuel Economy) la cual tiene como propósito establecer un rendimiento mínimo por empresa en relación con el total de ventas, a fin de lograr un cambio tecnológico en los automóviles –principales consumidores de energía.

Esta ley se inicia en 1978, estableciendo un limite de 18 mpg (7.66 km/l); este requerimiento se mantuvo hasta 1985 cuando fue modificado a 27.5 mpg (11,62 km/l) y en caso de no cumplirlo se pagaba un impuesto denominado “gas guzzler”. En 1985 disminuye temporalmente a 26.0 mpg; y en 1986, en respuesta a una petición de la Industria Automotriz Norteamericana contra la penetración de autos japoneses se establece en 26.5 hasta 1989, regresando en 1990 a 27.5 mpg [www.mpgplus.org, 1999] (figura 22).

Figura 22. Eficiencia en autos particulares en Estados Unidos



Fuente:www.CAFE.1999

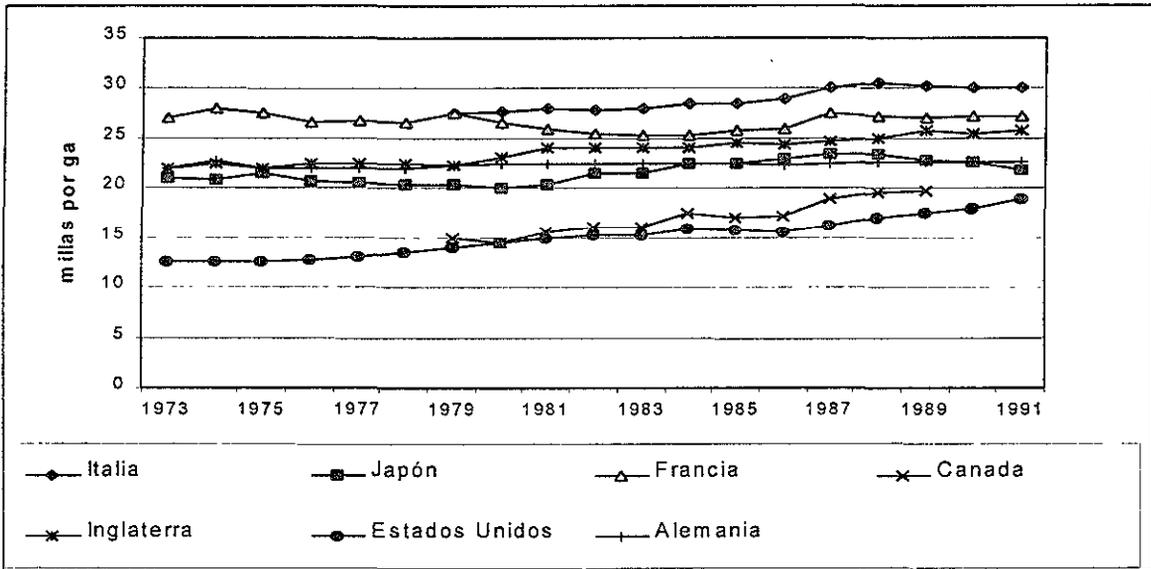
Esta política a generado diversas opiniones, unas a favor y muchas de ellas en contra, por ejemplo que el problema de la contaminación no se ha resuelto, que al fabricarse vehiculos más ligeros la tasa de accidentes es mayor, entre otros [www CAFE.1999].

Como se observa en la gráfica a partir del establecimiento del CAFE existe un aumento evidente del rendimiento del parque en circulación en Estados Unidos, pero es necesario tener en cuenta que la tasa de renovación del parque en el país es alta, y también que en el mercado estadounidense se demandaban automóviles de baja eficiencia y alto consumo, es por ello que para cambiar la tendencia existente a una demanda de vehículos eficientes y austeros surgió el aumento en el precio de la gasolina, el racionamiento energético y las políticas promovidas por el gobierno y consensadas con la industria automotriz. Es decir, que tal vez el CAFE por sí sólo no dio lugar a un cambio en el mercado energético, pero sí fue factor clave para modificarlo, teniendo como principio una necesidad real originada por una crisis energética dando lugar a una política de ahorro y de esta a una ley que motivo un cambio y un desarrollo tecnológico [Mar, 2000].

Si bien al CAFE como política es impositiva, también permite ciertos grados de flexibilidad que permite modificaciones de acuerdo a variables de mercado, población, etc.; que inciden de forma directa o indirecta en el objetivo original dándole continuidad a una estrategia bajo una misma línea de acción convirtiéndose en una política de largo plazo con variaciones de acuerdo a las condiciones que requiera [Domínguez, 2000].

Esta política basada en establecer un rendimiento mínimo en los automóviles nuevos se imitó en otras naciones como la República Federal Alemana teniendo como objetivo reducir el consumo entre un 12-15% a partir de 1978. En Japón se le denominó "Ley de Racionalización del Consumo de energía, No 49" emitida en 1979, la cual fijaba metas por peso del vehículo, es decir, vehículos de hasta 577.5 kg los estándares eran de 5.1 l/100 km, para vehículos arriba de 1265.5 kg era de 11.8 l/km, estos estándares se fijan por año fiscal. En España se firmó un acuerdo voluntario entre el gobierno y fabricantes de automóviles adoptado en 1981, basado en el Plan Nacional de Energía de 1979, donde se plantea reducir el consumo de combustibles en los carros de pasajeros en un 10% entre 1980 y 1986, en Canadá se denomina "The Motor Vehicle Fuel Consumption Standards Act", emitida en 1982. La figura 23 muestra el avance tecnológico de los autos al aumentar su eficiencia después de los choques petroleros de 1973 y 1979, el mercado sustituye unidades viejas y de alto consumo.

Figura 23: Consumo promedio del parque en circulación



Fuente: Agencia Internacional de Energía

B. Un decreto para automotores mexicanos

De forma similar a lo que ocurría en el mundo, el consumo de combustibles en México venía mostrando una clara tendencia a incrementarse, tal como se observa en el caso de las gasolinas, en las que entre 1975 a 1980 aumentaron sus ventas internas en 63%.

Pero las crisis mundiales de energéticos y el medio ambiente marca la pauta para que México emita una Ley (1982), la cual tenía, de entre sus muchos propósitos, regular al transporte, y de forma específica al transporte privado (automóviles). Este decreto establecía un rendimiento mínimo para automóviles [Alvarez,1995], llamado oficialmente Promedio de Rendimiento Mínimo de Combustibles por Empresa (PREMCE).

Hace algunos años, las legislaciones ambientales de los países desarrollados se enfocaron principalmente a la industria automotriz, por lo que fue necesario efectuar un sinnúmero de modificaciones al diseño de los automóviles para reducir significativamente las emisiones e incrementar la economía de combustibles por razones energéticas; en México se emite en 1981 un decreto denominado PREMCE (Promedio de Rendimiento

Mínimo de Combustible por Empresa) el cual era semejante al CAFE. Este tuvo una vigencia de ocho años, cuyo objetivo era aumentar en un 46% el rendimiento de los vehículos nuevos que se vendían en el país.

Además de establecer los PREMCE a alcanzar de forma bianual [Diario Oficial, 1981], también establece un "rendimiento combinado de combustible" (RC) el cual representaba un promedio ponderado entre la operación entre ciudad y carretera. La meta para 1990 del RC era de 11.0 km/l 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 especificó que las empresas debían presentar un valor de PREMCE ante la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (ahora SECOFI), y que 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 oficial¹ (ver gráfica). 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 17 km/l² (figura 24).

B.1 Cálculo de eficiencias de automóviles en México.

PREMCE

¹ Secofi, Rendimientos mínimos promedios por marca y modelo, 1990.

² Secofi, Rendimientos mínimos promedios por marca y modelo, 1995

Con base a lo anterior y tomando en cuenta los lineamientos políticos establecidos en México desde 1981 donde se establece un rendimiento mínimo promedio por empresa (PREMCE) y cuyas metas eran (tabla 4):

Tabla 4. Rendimientos metas

AÑO	PREMCE (km/l)
1982	8
1984	9
1986	9.5
1988	10.5
1990	11

Fuente: Diario Oficial, 1981

El promedio de rendimiento por empresa (PREMCE) se obtiene de sumar las ventas de cada modelo (VPM) multiplicado por su rendimiento (RC) entre las ventas totales de la empresa

$$PREMCE = \frac{\sum^n (VPM * RC)}{VTE} \dots \text{(km/l)}$$

de forma similar se hace para obtener el promedio de la eficiencia (REN) de todos los autos nuevos que se vendieron en el país (VT)

$$REN = \frac{\sum_{i=1}^n (VTE * PREMCE)}{VT} \dots \text{(km/l)}$$

Para el calculo de las eficiencias se estima a través de la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\sum V_i E_i}{V_T}$$

Es decir, las ventas de cada vehículo se multiplica por su eficiencia y se divide entre las ventas totales de la marca (llamase Ford, Chrysler, etc.) y se obtiene la suma en total que representa la eficiencia particular de la marca en ese año (tabla 5).

Esto se hace de forma consecutiva con todo el mercado automotriz para obtener el promedio ponderado de la eficiencia de los vehículos nuevos, en cierto año (tabla 6).

Tabla 5. Promedio de rendimientos por submarca

NISSAN

TIPO (unidades)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
NISSAN	47828	41743	44281	51493	43291	49064	60247	69855
RENAULT	22048	19803	19212	18611	3967	25	000	000
TSURU 2 PTAS	---	---	---	---	---	---	---	---
TSURU 4 PTAS	---	---	---	---	---	---	---	---
TOTAL VENTA	69876	61546	63493	70104	47258	49089	60247	69855
RENDIMIENTO (km/l)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
NISSAN TSURU	14.84	14.80	14.80	14.80	15.70	17.34	19.45	19.35
NISSAN TSURO GUAYIN	---	---	---	---	15.69	17.34	---	---
NISSAN SAMURAI	---	---	---	---	15.69	---	---	---
NISSAN SAKURA	---	---	---	---	12.29	---	---	---
NISSAN TSURU HACH BACK	---	---	---	---	---	17.25	---	---
NISSAN VAGONETTA	---	---	---	---	---	---	18.00	18.00
NISSAN COUPE	---	---	---	---	---	---	17.65	19.35
NISSAN VANETTE	---	---	---	---	---	---	11.34	---
PREMCE	14.28	14.25	13.99	13.92	14.55	17.31	16.61	18.90

cifras preliminares

TIPO (unidades)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
TSURU 2 PTAS	14625	11834	13400	1504	8307	2557	4305	4736
TSURU 4 PTAS	56424	57981	81039	72210	80964	20218	52370	72868
TSURU STATION WAGON	7442	6472	000	000	000	000	000	0
NISSAN SENTRA A/	000	000	1200	000	000	1028	525	2364
TSUBAME	1334	946	316	8189	8080	1942	---	---
ALTIMA A/	000	000	000	000	000	220	465	977
MAXIMA A/	438	1091	1821	149	99	491	979	1469
INFINITI A/	000	000	000	000	000	000	359	430.8
TOTAL VENTA	80263	78324	97776	82052	97450	26456	59008	97113
RENDIMIENTO (km/l)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
NISSAN TSURU	18.43	18.43	16.05	16.05	16.05	16.05	16.05	16.05
NISSAN TSURO GUAYIN	19.35	19.35	---	---	---	---	---	---
NISSAN TSURU HACH BACK	---	---	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50
HIKARI	16.38	16.38	16.38	16.38	16.38	16.38	16.38	16.38
ICHI VAN	11.34	11.34	11.34	11.34	11.34	11.34	11.34	11.34
NISSAN SENTRA A/	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50
TSUBAME	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50
ALTIMA A/	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46
MAXIMA A/	8.95	8.95	8.95	8.95	8.95	8.95	8.95	8.95
INFINITI A/	7.53	7.53	7.53	7.53	7.53	7.53	7.53	7.53

Premce**17.01****17.23****16.20****16.48****16.45****15.96****16.11****16.32**

CHRYSLER

TIPO (unidades)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
DART K	28021	12671	14505	17436	10928	9884	14406	6960
VOLARE K	8570	4466	5888	9498	9026	6331	13159	339
SPIRIT	000	000	000	000	000	000	000	8250
SHADOW	000	000	000	000	000	000	15005	35944
LE BARON	1534	4768	6409	5651	3349	638	000	000
NEW YORKER	000	000	1344	3084	1913	1425	2152	2845
PHANTOM	000	000	000	000	127	4421	3191	2614
SUPER BEE/MAGNUM K	871	2261	2956	3127	2323	765	819	000
TOTAL VENTAS	38996	24166	31102	38796	27666	23464	48732	56952
RENDIMIENTO (km/l)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
DART K	12.41	12.41	12.27	13.12	13.88	13.91	13.97	12.79
VOLARE K	12.41	12.41	13.11	13.11	13.88	14.13	14.13	14.13
SPIRIT	---	---	---	---	---	---	---	12.89
SHADOW	---	---	---	---	---	---	12.59	12.59
LE BARON	11.85	11.85	11.62	13.27	12.78	11.68	11.68	11.68
NEW YORKER	---	---	13.12	13.12	12.66	11.68	12.62	14.14
PHANTOM	---	---	---	---	---	12.38	13.32	12.96
SUPER BEE/MAGNUM K	11.32	11.32	12.96	14.32	14.31	14.31	14.08	---
PREMCE	12.36	12.20	12.40	13.24	13.63	13.50	13.49	12.76

TIPO (unidades)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
SPIRIT	23941	31532	40965	28222	18144	228	000	000
SHADOW	23703	25687	32367	23992	10125	000	000	000
LE BARON	0	2033	4232	2405	1229	122	1	000
NEW YORKER	2850	2895	2631	1534	904	385	879	184
CIRRUS	000	000	000	000	000	1624	2708	4107
BREEZE	000	000	000	000	000	598	1183	0
STRATUS	000	000	000	000	000	6329	11107	24849
CONCORD A/	000	000	36	1758	2450	493	432	117
IMPERIAL A/	77	34	000	000	000	000	000	000
TOTAL VENTAS	50571	62181	80231	57911	32852	9779	16310	29257
RENDIMIENTO (km/l)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
SPIRIT	12.19	11.75	11.75	11.75	11.75	12.89	---	---
SHADOW	12.09	12.02	12.02	12.02	12.02	13.87	---	---
LE BARON	11.68	11.91	11.91	11.91	11.91	11.91	---	---
NEW YORKER	11.02	12.60	12.60	12.60	12.60	9.18	---	---
PHANTOM	11.02	12.60	12.60	12.60	12.60	---	---	---
SUPER BEE/MAGNUM K	---	---	---	---	---	---	---	---
CIRRUS	---	---	---	---	---	11.56	11.56	11.56
BREEZE	---	---	---	---	---	---	---	---
STRATUS	---	---	---	---	---	12.24	12.24	12.43
CONCORD A/	---	---	9.18	9.18	9.18	9.18	9.18	9.18
IMPERIAL A/	8.00	8.00	---	---	---	---	---	---
NEON	---	---	---	---	---	12.93	12.56	12.80
INTREPID	---	---	---	---	---	9.18	9.23	9.45
VOYAGER	---	---	---	---	---	11.05	11.05	11.05
GRAN VOYAGER	---	11.05	11.05	11.05	11.05	11.05	11.05	11.05
TOWN & COUNTRY	---	---	---	---	---	11.05	11.05	11.05
VIPER RT	---	---	---	---	---	7.05	7.05	7.05
PREMCE	12.07	11.90	11.89	11.81	11.67	11.11	12.51	12.48

VOLKSWAGEN

TIPO (unidades)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
VOLKSWAGEN	110052	63195	69481	65385	46188	43850	49806	76736
CARIBE 2 PTAS	---	---	---	---	---	---	---	---
ATLANTIC 4 PTAS	---	---	---	---	---	---	---	---
CORSAR	---	---	8027	10979	8677	6781	3996	285
GOLF	---	---	---	---	---	---	---	---
TOTAL VENTAS	110052	63195	77508	76364	54865	50631	53802	77021
RENDIMIENTOS (km/l)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
VW SEDAN	13.77	13.77	13.77	13.77	13.37	13.48	18.98	13.48
VW CARIBE	20.14	20.14	20.14	15.34	15.33	---	---	---
VW CARIBE C GL	15.18	15.18	15.63	15.63	16.12	---	---	---
VW CARIBE GL	13.53	13.53	14.435	13.53	14.24	---	---	---
VW ATLANTIC C GL	15.16	15.16	15.73	15.73	16.12	---	---	---
VW ATLANTIC GL	13.53	13.53	13.53	13.53	14.79	---	---	---
VW COMBI	---	---	9.86	---	9.86	---	11.26	---
CORSAR	---	---	13.815	13.815	14.17	15	14.69	14.70
JETTA	---	---	---	---	---	15.23	16.53	15.29
GOLF	---	---	---	---	---	16.25	15.17	15.93
DERBY	---	---	---	---	---	---	---	---
POINTER	---	---	---	---	---	---	---	---
PASSAT	---	---	---	---	---	---	---	---
PREMCE		15.22	14.63	12.69	14.25	14.99	15.43	14.90

TIPO (unidades)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
VOLKSWAGEN	84245	86353	85989	97539	77699	14830	27734	33123
CARIBE 2 PTAS	23	000	000	000	000	000	000	000
ATLANTIC 4 PTAS	39	4	000	000	000	000	000	000
GOLF 2 PTAS	12597	000	000	000	000	32	528	620
GOLF 4 PTAS	13782	000	000	000	000	3958	4278	8414
DERBY	000	000	000	000	2793	4787	3538	439
JETTA	21390	23736	28932	31680	38716	8117	14031	23054
CORSAR	49	8	000	000	000	000	000	000
PASSAT	1129	60	180	16	1	1	427	363
GOLF	27948	38485	27318	22462	28900	4334	5450	9864
POINTER	000	000	000	000	000	000	000	2985
TOTAL VENTA	134823	148646	142419	151697	148109	36059	55986	78862
RENDIMIENTO (km/l)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
VW SEDAN	13.90	14.25	14.60	14.60	14.60	16.39	17.29	18.18
VW ATLANTIC GL	---	13.85	---	---	---	---	---	---
VW COMBI	11.50	11.50	---	---	---	---	---	---
CORSAR	14.70	14.60	---	---	---	---	---	---
JETTA	15.18	12.84	10.50	10.50	10.50	12.82	12.82	12.82
GOLF	15.68	11.05	11.05	11.05	11.05	13.45	13.45	12.82
DERBY	---	---	13.80	13.80	13.80	13.16	13.16	13.33
POINTER	---	---	---	---	---	---	---	13.33
PASSAT	---	7.90	---	---	---	13.07	12.50	12.50
PREMCE	14.36	13.19	13.08	13.40	13.20	12.99	14.01	13.62

GENERAL MOTORS

TIPO (unidades)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
CELEBRITY	9118	3501	5455	6588	5638	3765	4080	5388
CITATION	8002	5256	7527	6526	2344	317	2	000
CUTLASS	000	000	000	000	1407	7570	9152	13442
CAPRICE	2445	168	47	10	4	000	000	000
CORDOBA	594	000	000	000	000	000	000	000
MONTECARLO	2160	3194	1053	35	000	000	000	000
CENTURY	000	2127	4368	5635	1970	2792	2050	4046
TOTAL VENTAS	22319	14246	18450	18794	11363	14444	15284	22876
RENDIMIENTOS (km/l)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
CELEBRITY	9.11	9.11	9.47	9.14	10.21	12.46	11.65	12.27
CITATION	9.48	9.48	9.45	9.60	10.67	8.07	8.07	---
CUTLASS	---	---	---	---	11.50	11.50	11.42	10.93
CAPRICE	7.07	7.07	7.15	7.15	7.15	---	---	---
CORDOBA	---	---	---	---	---	---	---	---
MONTECARLO	7.07	7.07	7.15	7.15	7.15	---	---	---
CENTURY	---	---	8.74	8.57	10.25	11.98	9.26	10.07
PREMCE	8.58	7.40	9.15	9.12	10.47	11.77	11.19	11.10

TIPO (unidades)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
CELEBRITY	267	1	000	000	000	000	000	000
CUTLASS	6614	10940	12534	9337	7291	2652	4441	35
CENTURY	4084	4108	4848	4340	3373	896	786	000
CHEVY	000	000	000	000	000	1046	16833	31609
CHEVY A/	000	000	000	000	17510	358	234	000
NEON	000	000	000	000	15891	6888	4380	000
CAVALIER	13212	18419	25780	31329	26259	10419	10728	13322
OLDSMOBILE 88 A/	000	741	890	6	301	80	2	000
REGAL A/	000	000	000	000	682	443	1078	000
BONEVILLE SSE A/	000	000	000	000	1005	157	1056	917
CADILLAC DE VILLE A/	789	708	185	369	1218	393	1258	1271
TOTAL VENTA	24966	34917	44237	45381	73530	23332	40796	47154
RENDIMIENTOS (km/l)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
CELEBRITY	11.14	11.55	11.81	11.68	11.69	---	---	---
CUTLASS	8.79	9.11	9.11	9.11	9.11	11.72	---	---
CENTURY	8.62	9.20	9.20	9.20	9.20	11.41	---	11.41
CHEVY	---	---	---	---	---	15.67	15.67	15.67
CHEVY A/	---	---	---	---	15.67	15.67	15.67	15.67
CAVALIER	9.39	9.42	9.42	9.42	9.42	14.31	14.31	14.31
OLDSMOBILE 88 A/	---	11.09	11.09	11.09	11.09	11.09	11.09	11.09
REGAL A/	---	---	---	---	9.00	9.00	9.00	9.00
BONEVILLE SSE A/	---	---	---	---	9.00	11.09	11.09	11.09
CADILLAC DE VILLE A/	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34
PREMCE	8.83	9.14	9.30	9.26	10.33	11.66	12.43	12.59

FORD

TIPO (unidades)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
FAIRMONT	16107	10123	000	000	000	000	000	000
TOPAZ	000	1227	15842	23001	13177	10589	19116	33714
GRAND MARQUIS	13355	9483	4666	000	000	000	000	000
COUGAR	000	000	844	9134	4202	3954	2961	1419
TAURUS	000	000	000	000	000	000	6855	9012
MUSTANG	7205	6720	5196	000	000	000	000	000
THUNDERBIRD	000	000	313	5994	2137	1981	3069	3656
TOTAL VENTA	36667	27553	26861	38129	19516	16524	32001	47801
RENDIMIENTOS (km/l)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
FAIRMONT	8.50	8.50	---	---	---	---	---	---
TOPAZ	---	12.99	12.99	13.52	13.52	12.81	16.67	16.67
GRAND MARQUIS	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03	---	---	---
COUGAR	---	---	9.65	9.65	9.65	9.65	9.16	9.16
TAURUS	---	---	---	---	---	---	11.70	12.00
MUSTANG	7.48	7.48	8.10	8.10	8.10	---	---	---
THUNDERBIRD	---	---	11.22	11.22	11.22	10.39	9.78	9.78
ESCORT	---	---	---	---	---	17.79	---	---

PREMCE	7.76	7.95	10.88	12.23	12.43	11.76	14.25	15.04
---------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

TIPO (unidades)	1990	1991	1992	1993	1994	1995
TOPAZ	31885	25261	29818	25372	7530	0
GRAND MARQUIS	0	2738	15290	7417	6633	3552
COUGAR	6553	7030	4788	4687	1153	433
TAURUS	2739	2058	0	0	0	0
MUSTANG	---	---	---	---	---	---
THUNDERBIRD	---	---	---	---	---	---
ESCORT	0	0	0	0	14311	6292
GUIA 4 PTAS	3470	13653	14400	11162	0	0
CONTOUR	0	0	0	0	0	1300
MYSTIQUE	0	0	0	0	4048	6042
SABLE	0	0	0	0	1032	912
lincoln town car a/	940	915	303	386	269	111
MARK VIII	0	0	0	0	339	145
TOTAL VENTA	45587	51655	64599	49024	35315	18787
RENDIMIENTOS (km/l)	1990	1991	1992	1993	1994	1995
TOPAZ	12.715	12.715	12.715	12.715	12.715	12.715
GRAND MARQUIS	---	---	---	---	---	---
COUGAR	11.92	11.92	11.92	11.92	11.92	11.92
TAURUS	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	10.3
MUSTANG	---	---	---	---	---	---
THUNDERBIRD	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	12
GUIA 4 PTAS	10	10	10	10	10	10
PREMCE	11.92	10.85	8.98	10.00	13.10	12.50

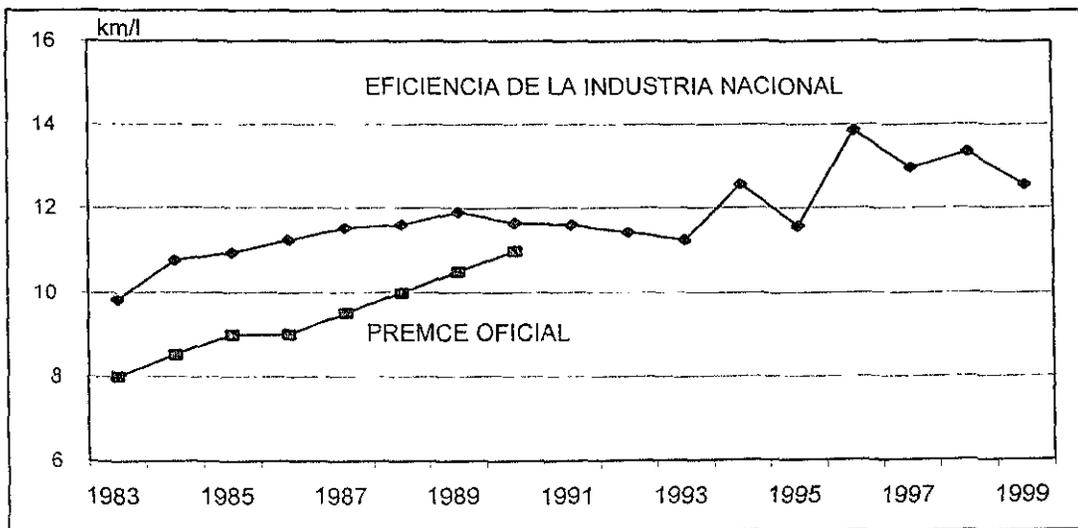
Tabla 6. Rendimiento total de los autos nuevos que se vendieron en el país

Rendimiento autos nuevos 83	9.81
Rendimiento autos nuevos 84	10.75
Rendimiento autos nuevos 85	10.96
Rendimiento autos nuevos 86	11.23
Rendimiento autos nuevos 87	11.53
Rendimiento autos nuevos 88	11.61
Rendimiento autos nuevos 89	11.91
Rendimiento autos nuevos 90	11.66
Rendimiento autos nuevos 91	11.60
Rendimiento autos nuevos 92	11.42
Rendimiento autos nuevos 93	11.23
Rendimiento autos nuevos 94	12.57
Rendimiento autos nuevos 95	11.56
Rendimiento autos nuevos 96	13.85
Rendimiento autos nuevos 97	12.96
Rendimiento autos nuevos 98	13.34
Rendimiento autos nuevos 99	12.56

Fuente: Datos del propio estudio

Estos rendimientos se refieren a unidades nuevas, es necesario recordar que la eficiencia se encuentra en función del tiempo, es decir, varían de acuerdo al uso, mantenimiento y políticas del gobierno (ejemplo la verificación obligatoria obliga a un mantenimiento de la unidad, el cambio de vehículos para uso de transporte público, etc.).

Figura 24. Eficiencias de vehículos nuevos en México



Fuente: Diario Oficial y datos del propio estudio

C. Evaluación comparativa de la Normatividad entre México y Estados Unidos

De forma similar a lo que ocurrió con el CAFE y el PREMCE, en México las normas oficiales para tratar de mitigar el impacto de los automóviles desde la fabricación de los mismos tienen rezagos importantes en relación con las normas norteamericanas, más aun si se considera que son las mismas empresas automotrices las que fabrican e importan vehículos aquí y en ese país.

C.1 Períodos mínimos de cumplimiento

Estos períodos mínimos de cumplimiento se utilizan para garantizar que los automóviles en planta y después en circulación cumplan con una regulación estricta durante un intervalo considerable de tiempo, este varía de entre 5 años - 50 mil millas ó 10 años - 100/120 mil millas.

Tier 1, Tier 2 y vehículos de bajas emisiones

La EPA (Environmental Protection Agency) establece estándares de emisiones de escape para vehículos en planta de Estados Unidos más estrictos que los de México. Los que se encuentran vigentes actualmente (conocidos como Tier 1), se implementaron desde 1994 y modificaron algunos requerimientos que imperaban en la legislación anterior. El periodo mínimo de cumplimiento de los niveles máximos de contaminantes se incrementó de 50 mil a 100 mil millas rodadas (120 mil para camionetas), lo que implica una fuerte renovación tecnológica. Las reducciones de emisiones con respecto a la normatividad anterior alcanzaron el 96%.

Estados Unidos reducirá aún más sus niveles máximos de emisiones de escape entre el año 2004 y 2006, cuando entre en vigor nuevos estándares desarrollados bajo el proyecto de Tier 2. Es importante mencionar que las empresas automotrices estadounidenses voluntariamente se están sumando al proyecto de vehículos de bajas emisiones (Low Emissions Vehicles o LEV), surgido en California (CAL LEV) por acuerdo de las empresas automotrices y autoridades de ese estado. Los parámetros del LEV son todavía muy estrictos que los establecidos en Tier1 y se cumplen vía un programa intermedio de

transición (Transitional Low Emissions Vehicles, TLEV). Algunos estados del noreste incorporarán estos estándares en sus modelos de 1999 y en el año 2001 se hará a nivel nacional. A través de la adhesión de la mayor parte de las empresas automotrices a este programa voluntario se espera abatir significativamente la contaminación atmosférica de esa nación, y armonizar los parámetros de fabricación de motores en California y el resto del país disminuyendo costos de manufactura, diseño y control. En el Contexto del LEV, existe ya definición para los parámetros de un programa voluntario aún más riguroso, conocido como Ultra Low Emissions Vehicles (ULEV), el cual se aplica ya en California.

Los automóviles LEV son 70% menos contaminantes que los modelos actuales. Se obtienen reducciones significativas de óxidos de nitrógeno y gases orgánicos no relacionados con el metano (non methanic organic gases, NMOG). También se reduce la proporción de benceno, formaldehído y acetaldehído, considerados como carcinogénicos (tabla 7).

La normatividad en Estados Unidos fija estándares para todos los programas mencionados, lo que incrementa su complejidad.

Tabla 7. Estándares de emisiones de escape (g/milla) para automóviles de pasajeros^a

	Gasolina / NG / Metanol / Etanol* / Diesel / LPG				Diesel	
	THC	CO	NOx**	PM**	NOx	PM
Tier 1	0.41	3.4 (4.2)	0.4 (0.6)	0.08 (0.10)	1.0 (1.25)	0.08 (0.10)
TLEV	0.41	3.4 (4.2)	0.4 (0.6)	0.08 (0.10)	0.4 (0.6)	0.08 (0.08)
LEV	0.41	3.4 (4.2)	0.2 (0.3)	0.08 (0.10)	0.2 (0.3)	0.08 (0.08)
ULEV	0.41	1.7 (2.1)	0.2 (0.3)	0.08 (0.10)	0.2 (0.3)	0.04 (0.04)
Tier 2***	0.41	3.4 (4.2)	0.1 (0.15)	0.01	0.1 (0.15)	0.01 (0.01)

* La norma de etanol no existe para vehículos Tier 1.

** Se excluye a vehículos diesel

*** Proyectado para el año 2006

THC: Total de hidrocarburos

PM: material particulado

Período mínimo de cumplimiento: 5 años /50,000 millas, (10 años/100,000 millas), 10 años/120,000 millas
a . se omiten algunos datos y detalles técnicos

Fuente: Environmental Protection Agency (EPA), Internet, 1998

Realizando una comparación se puede observar las diferencias entre los niveles máximos permisibles (expresados en gramos por kilómetro para tener un mismo patrón de comparación) entre la norma nacional NOM 042 (ver anexo C) para vehículos nuevos y la norma vigente de Tier 1, los programas voluntarios y la norma Tier 2 (que se implementará entre 2004 y 2006) de Estados Unidos.

Tabla 8. Vehículos Nuevos
Normas de México y Estados Unidos para regular emisiones
De escape de automóviles de pasajeros
(gramos/km)

País	Norma	THC	CO	NOx
México	NOM 042	0.25	2.11	0.62
Estados Unidos	Tier 1	0.25	2.11	0.25
	TLEV	0.25	2.11	0.25
	LEV	0.25	2.11	0.12
	ULEV	0.25	1.05	0.12
	Tier 2	0.25	2.11	0.06

Para la legislación norteamericana sólo se muestran los límites de los primeros 5 años u 80 mil km (50 mil millas)

Fuente: NOM 042 en Diario Oficial y resto EPA

En lo que se refiere a automóviles, los límites de la NOM 042 son iguales a los de Tier 1 para hidrocarburos y monóxido de carbono, no así para los óxidos de nitrógeno, donde esta norma permite emitir casi tres veces más. Los máximos permisibles de este último contaminante también difieren de los otros programas voluntarios norteamericanos. Destacan los límites de monóxido de carbono de ULEV y de NOx de Tier 2, mucho más estrictos que los de la NOM 042 (tabla 8).

Conclusiones

Las crisis petrolera que se presentaron en 1973 y 1979 desencadenaron una serie de acciones orientadas a la introducción de programas de ahorro y uso eficiente de la energía en Occidente, especialmente, en el área del transporte: reducción en el tamaño de los automóviles y del número de cilindros, inversión pública en los transportes colectivos, el CAFE, etc.

De forma paralela a este ahorro energético se incorpora una nueva variable que es el medio ambiente. México al ser un país productor de petróleo no enfrentó una crisis

energética, pero si económica y tuvo que conjugar de manera intempestiva medio ambiente, ahorro, desarrollo y energía. Bajo esta nueva concientización, el gobierno decide actualizar la Constitución, incluyendo argumentos sobre medio ambiente y desarrollo, destacando el artículo 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.

Con respecto al ahorro y uso eficiente de la energía, en México no existe un esfuerzo sistemático y sostenido para conservar productos petrolíferos en el Sector Transporte. El Decreto de Rendimiento publicado en 1981, tuvo una duración únicamente de 10 años, no existió un seguimiento real ni una continuidad en las políticas de racionalidad energética para el Sector Transporte, y mitigar así el impacto que causa este sector al medio ambiente y reducir las externalidades que genera (salud-economía-social-importaciones, etc.)

El programa original esperaba en un marco 10 años aumentar el rendimiento de los nuevos vehículos en un 46%, la meta se rebasó a partir de aquí la participación del gobierno por lograr nuevas metas ha sido incipiente, por lo que es necesario que México inicie las bases de una política de racionalidad energética concreta y establezca otras líneas que permitan una continuidad en la racionalidad energética del Sector.

Estableciendo en el mediano y largo plazo una gestión adecuada de demanda de combustibles (proyecciones, planeación y continuidad) y mantener y aumentar un rendimiento energético en el parque en circulación, disminuyendo así los costos externos que provoca la contaminación debida al Sector. Teniendo en cuenta que el mercado automotor se libera en el 2005, se requiere una regulación adicional que evite que el promedio de rendimiento del parque disminuya y sabiendo que las acciones orientadas a un cambio tecnológico no son inmediatas, pero en el largo plazo su impacto si es definitivo.

4/ Variables que influyen en el Consumo de Gasolinas de Autos Privados en México

Anteriormente, en los capítulos del 1 al 3, se estableció el marco de referencia histórico siguiendo la relación existente entre consumo de energía y emisiones de “gases invernadero” desde una perspectiva enfocada en el Transporte, en particular a los automóviles. En este capítulo se realiza el análisis exhaustivo de factores que determinan el consumo de gasolina de los automóviles en México del lado de la demanda y se obtiene una serie de variables que se utilizarán posteriormente para construir un modelo

Introducción

El Sector Transporte ha sido objeto de estudio desde hace muchos años, sin embargo, las actuales condiciones económicas y políticas, nacionales y mundiales, demandan estudiarlo con otros enfoques, o por lo menos, cuestionar los hasta ahora utilizados.

En ese sentido, es importante señalar que en México el Transporte se ha orientado hacia el uso del automóvil lo que representa un alto consumo energético para el país¹. Los automóviles representan aproximadamente el 67% del parque en circulación y más del

¹ Diversos estudios señalan que consumen más del 70% del total de gasolinas [CONAE, 1990, SEMIP, 1992, ICATEC, 1984], lo que representa alrededor del 46% del consumo nacional de energía del Sector

95% de los vehículos de pasajeros [INEGI, 1994], su consumo energético tiene un impacto real en la demanda final del sector, es por ello que determinar las variables que afectan su consumo permitirían modificar los patrones de demanda y con esto reducir su efecto al medio ambiente.

El presente capítulo realiza un análisis de las variables que pueden incidir de forma directa e indirecta en el consumo de gasolinas de los automóviles en México. Este análisis parte de la base de que dicho consumo responde tanto a variables económicas como a características de la estructura social y política del país.

La hipótesis fundamental con respecto a las posibles variables que dan origen a la demanda de gasolinas son aquellas que conforman la estructura del parque (ventas, PIB, población, eficiencia, etc.) y aquellas que conforman el marco para su desarrollo (leyes, políticas, etc.). Teniendo como punto clave, el establecer una metodología para determinar el rendimiento y la edad del parque en circulación.

B. Análisis de Variables

El análisis que se presenta a continuación pretende definir como se genera la demanda de gasolinas en México, en su dimensión como parte de un sistema integrado dentro de un país, de un desarrollo y de una cultura, entendiendo el comportamiento histórico para tratar de definir su comportamiento futuro.

La investigación parte del estudio de variables a nivel macro como el parque total, el PIB y la población para particularizar en cada uno, es decir, de un nivel general como es el parque total, se pasa a un nivel micro como serían las ventas, la composición de la flota, la edad de las unidades, su eficiencia, el uso, etc.; partiendo así con cada variable.

B.1. Parque en circulación.

B.1.1 Desarrollo histórico

En 1998 se encontraban registrados más de 13 millones de vehículos automotores en el país, de los cuales el 68% correspondía a automóviles, aproximadamente 32% a camiones de carga y menos del 1% a los autobuses de pasajeros.

Lo anterior significa que en 1998 había aproximadamente un automóvil por cada 10 habitantes, un autobús por cada 886 habitantes y un camión de carga por cada 28 habitantes. Esto quiere decir que el índice de motorización para este mismo año era de 1 vehículo automotor por cada 7 habitantes.

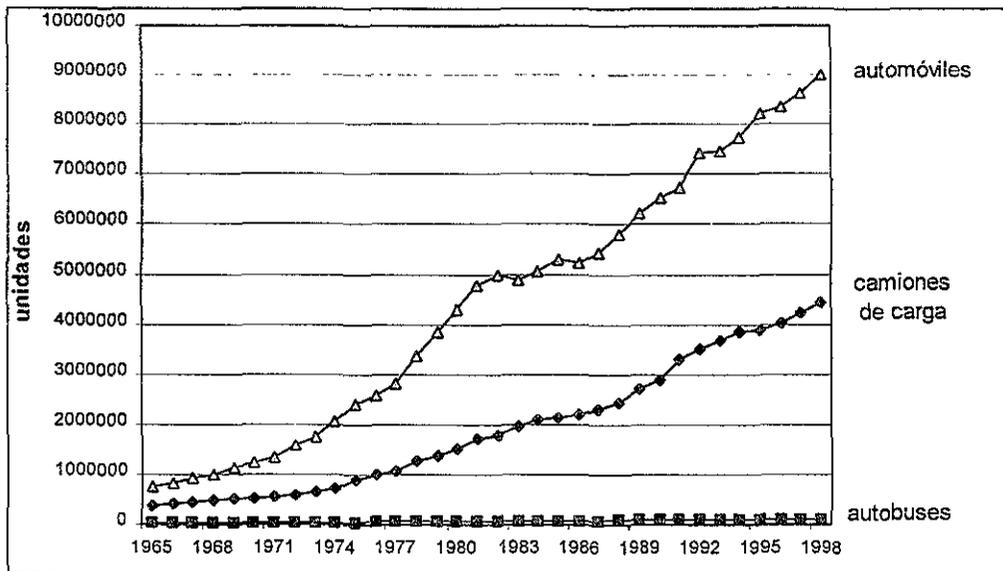
El país por lo tanto observó una acelerada motorización entre 1970 y 1998, ya que el parque creció de 1.7 a 13.9 millones de vehículos. El mayor crecimiento se registró en los automóviles entre los años 1970 y 1983 con índices de crecimiento medio anual del 12.4%, mientras que en los autobuses fue de 6.9% y en camiones de carga del 6% [INEGI, 1982, 1997].

En el periodo comprendido de 1970 a 1998, 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 por cada 10 habitantes, ó 1 automóvil por cada 14 habitantes, 1 autobús por cada 897 habitantes y un camión por cada 34 habitantes.

Los automóviles son el modo que mayor incrementó tuvo entre 1986 y 1998, adicionando más de 4.2 millones de unidades, equivalente a un crecimiento anual del 4.7%. Su crecimiento en la flota vehicular ha presentado ciclos teniendo máximos entre 1988 y 1991 con tasas de incremento anual del 8 y 10% con respecto al año anterior. Entre los periodos de 1992-1993 y 1995-1996 se registraron descensos en la tasa media anual, y nuevamente incrementos del 2.3 y 3.3% los siguientes años (figura 25).

Se utiliza una clasificación interna para los automóviles con respecto al uso: los vehículos de uso particular representan un 95.5%, los de uso público un 3.8% y menos del 1% para vehículos de uso oficial.

Figura 25. Parque de Vehículos Registrados (1965-1998)



Fuente: INEGI, 1992, 1998

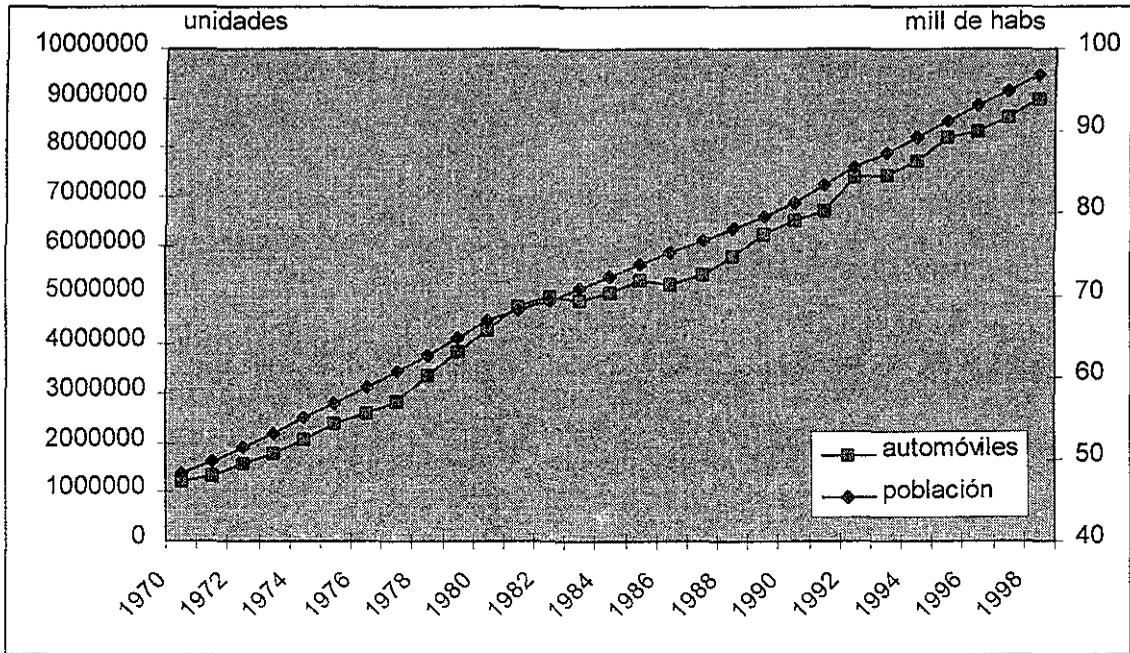
3.1.2. Crecimiento Poblacional

El crecimiento de la población y sus necesidades de movilidad se traducen en un aumento del número de viajes; es decir, de 1970 a 1980 cuando la población aumento en un 38.61% los automóviles lo hicieron en casi un 247%, esta tendencia de crecimiento se observa en menor grado del periodo de 1980-1990 cuando la población aumenta en un 21.54% y los autos en un 52.51% y para la década de los noventas se tiene un crecimiento del 19.18% para la población y 38.28% para los automóviles, con lo cual se observa una correlación entre estas dos variables (figura 26).

Si se relaciona el crecimiento poblacional con el aumento de unidades del parque en circulación se obtiene la tasa de motorización (tabla 9). En México este factor parece

explicar el consumo de energía, si se parte de la hipótesis de una distribución homogénea entre población y automóviles.

Figura 26. Crecimiento poblacional y aumento del parque automotor (1970-1998)



Fuente: INEGI, 1998.

Sin embargo otros factores intervienen en la adquisición de un vehículo, de tal forma, que el incremento de autos depende de otros factores vinculados más bien con el ingreso, el precio de los vehículos, políticas de crédito y la oferta de transporte público.

Tabla 9. Tasa de motorización en el país
PARQUE VEHICULAR Y TASA DE MOTORIZACIÓN EN MÉXICO

AÑO	AUTOMOVILES (UNIDADES)	POBLACIÓN (MILL DE HABS)	TASA DE MOTORIZACIÓN
1978	3788306	62.62	17
1980	4792228	66.84	14
1982	4957526	69.50	14
1984	5028604	72.27	14
1986	5202922	75.14	14
1988	5806984	78.14	13
1990	6512761	81.25	12
1992	7751447	85.62	11
1994	8100257	89.27	11
1996	8742568	93.08	11
1998	9414375	96.84	10

Fuente: INEGI, Informe de Gobierno, Datos del propio estudio.

Con respecto a este último punto, si se analiza la tasa de motorización para autobuses y se observa la relación que existe entre el transporte público y el transporte privado, se tiene que en México existe un rezago en transporte público, ya que de 1978 a 1998 se tiene en promedio 1 autobús por cada 870 habitantes.

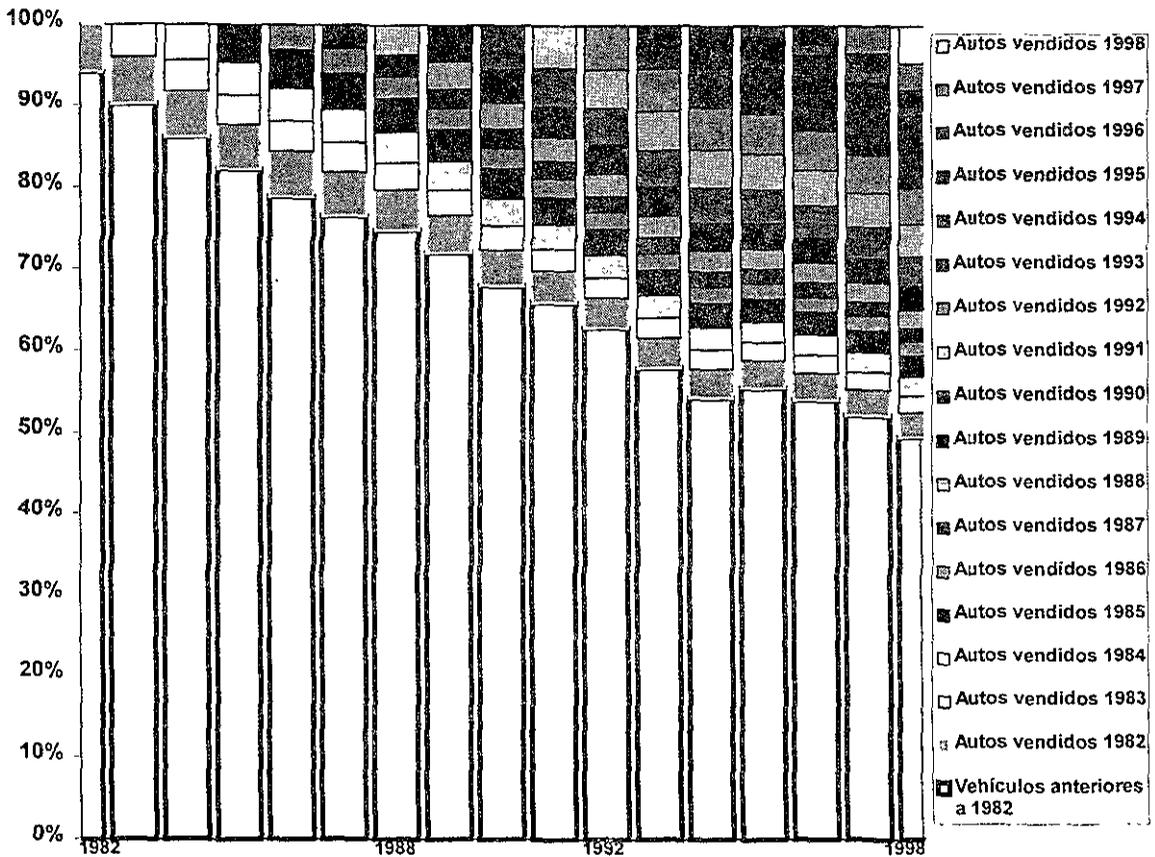
Un estudio realizado en la Ciudad de México donde se compara la participación del transporte público eficiente (metro, trolebús y tren ligero) contra otros medio de transporte se obtienen los siguientes datos: Los taxis y microbuses (que en su mayoría consumen gasolina) representan el 4% del total del parque vehicular que circula por la Ciudad de México, y transportan alrededor de 16 millones de personas, su influencia ha sido tal, que ha desplazado en importancia al metro y otros medios de transporte [Mar, 2000]. De lo anterior se desprende que posiblemente el crecimiento del número de automóviles, sea respuesta a la falta de una oferta adecuado de transporte público.

3.1.3. Ventas de automóviles nuevos

Otra de las variables que influye en el parque en circulación y es determinante para la renovación del mismo, son las ventas de vehículos nuevos lo que permite conocer la composición de la flota. Aproximadamente de 1982 a 1998, 3.9% del total del parque son vehículos nuevos, lo que representa un porcentaje pequeño y tendrían que pasar 30 años para una renovación del parque si se considera que una parte importante de los vehículos que entraron en 1982 continúan en circulación (figura 27).

La evolución de las ventas domésticas de vehículos muestra un comportamiento similar al de la economía nacional, al combinar años de crecimiento con años de recesión. Entre 1986-1987 cuando el PIB creció tan sólo en un 2%, las ventas de vehículos disminuyeron en un 4.4%. De esta forma, entre 1992-1993, mientras el PIB creció tan sólo 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%. En 1995 las ventas de automóviles caen en casi un 70% y el PIB registro un descenso de 6.19% con respecto al año anterior.

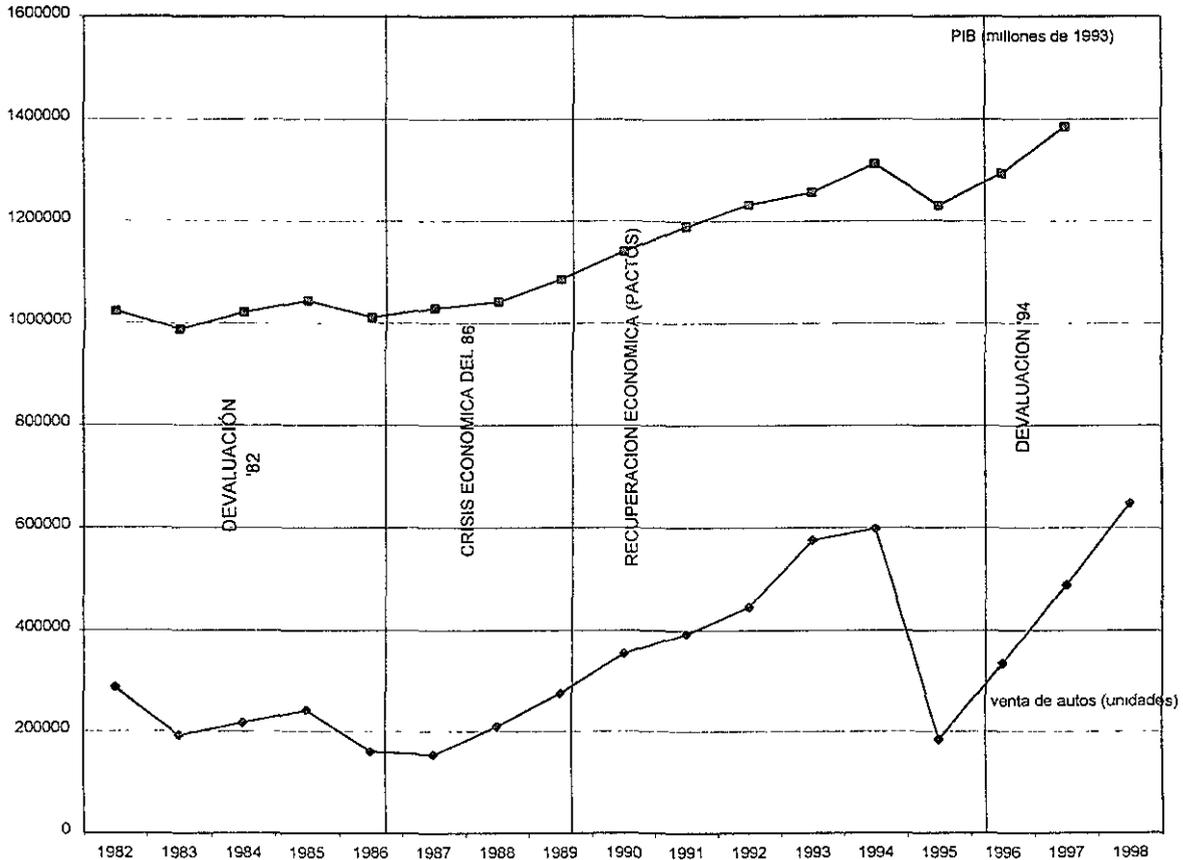
Figura 27: Estructura del parque automotriz en México en base adición de ventas a partir de 1982



Fuente: INEGI, 1982-1998

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 y 1998 cuando representaron cerca del 9.7% de las ventas totales. Por su parte los automóviles compactos registraron su máximo en 1989 y 1995, con un 38%. El año de mayor venta de automóviles populares fue en 1990, cuando representaron el 60% de las ventas. Los importados comienzan a comercializarse en México a partir de 1990, manteniendo una participación de entre 1 y 1.5% durante 1990-1998.

Figura 28. Ventas internas de automóviles vs. Crecimiento económico



Fuente: INEGI, varios años

El aumento de ventas en los diferentes años se debe, además del crecimiento económico que registro el país y de la recuperación del poder adquisitivo de algunos sectores de la población (figura 28), a factores como:

- a) El saneamiento de las finanzas públicas, que resultó en una mayor disponibilidad de créditos para el sector privado
- b) El programa “Hoy No Circula” permanente. El mayor incremento de ventas se registra en el periodo 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 nuevos vendidos durante este período correspondió al Distrito Federal y al Estado de México [INEGI, 1996].

- c) Algunas de las acciones gubernamentales para modernizar y hacer menos contaminantes el transporte público (por ejemplo, en el Distrito Federal la renovación del parque vehicular de los taxis).

3.1.4. Estructura del parque vehicular

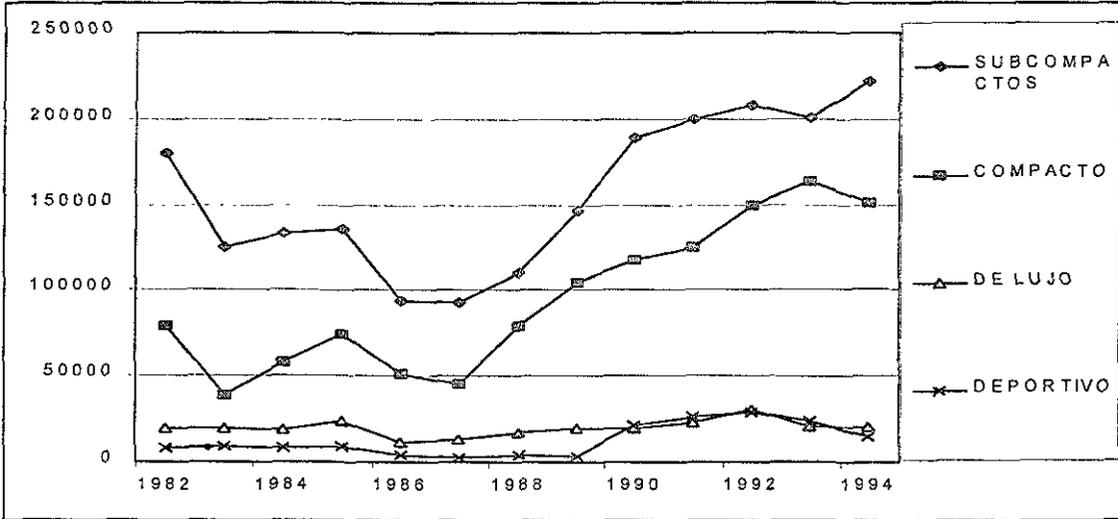
La opción de compra de un tipo de vehículo no se explica únicamente año con año por los altibajos de la economía. Otras variables a considerar para entender el comportamiento en la compra de vehículos nuevos son el precio de los vehículos, opciones de financiamiento, variantes culturales y por supuesto políticas de transporte (figura 29).

Si se parte de que la adquisición de nuevos vehículos se encuentra determinada por el precio del automóvil, entre 1970 y 1980, el índice de precios implícito del PIB se incrementó en un 17.6% anual en promedio, mientras que el correspondiente a la rama de automóviles creció en un 16.4% anual durante el mismo periodo. Sin embargo, se aprecian cambios significativos durante el periodo de 1970-1980 cuando los precios de los vehículos estuvieron sujetos a control oficial, por un lado, y posteriormente hubo una liberación de los mismos. Mientras en el periodo de 1970 a 1976 el PIB creció a un ritmo del 13.7% anual, la rama automotriz lo hizo al 1.5%, debido a la paridad existente entre el peso y el dólar, con lo que los costos del material importado no influía en el precio final de la unidad.

En contraste de 1977 a 1981, el PIB creció a una tasa del 21.8% y la industria automotriz al 34.5% anual, esto se debió a un incremento de precios a raíz de la publicación de un decreto que liberaba los precios de los automóviles del control oficial. En la década de los noventa se tienen cambios bruscos en la venta de automóviles, ya que de 1992 a 1993 la industria automotriz mexicana se encontraba en el lugar 12 a nivel internacional, las ventas entre 1990 y 1994 aumentaron en un 69%, el PIB para el mismo periodo aumento en un 15%. El cambio de gobierno inicio con una crisis económica nacional y en 1995 las ventas caen en un 69%, el PIB registra una tasa de crecimiento negativa del 8%. Las ventas a partir de 1996 han seguido un proceso de recuperación, pero el aumento en lo

que va del sexenio ha sido únicamente del 8%, mientras que en periodo anterior estas aumentaron en más del 100%.

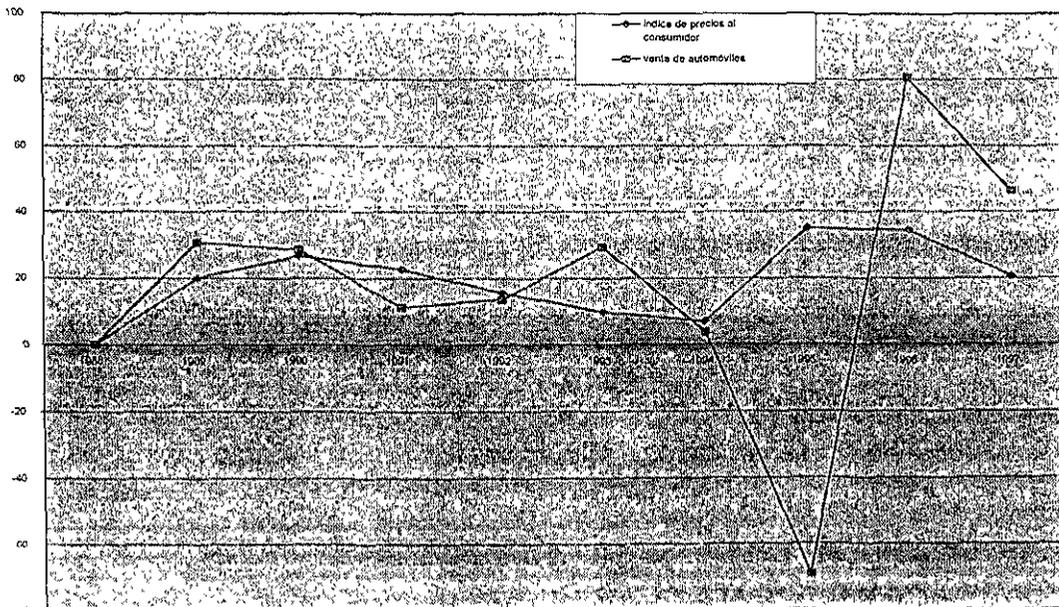
Figura 29. Estructura de ventas en México



Fuente: INEGI, varios años.

Durante 1998 la venta de vehículos ascendió a 661,827 unidades, lo cual representa un crecimiento con respecto a 1997. Del total de unidades vendidas 426,000 fueron automóviles, 214,742 camiones comerciales y 21,080 camiones pesados. Es interesante resaltar el hecho de que la venta de autos de lujo sigue en ascenso (figura 29).

Figura 30: Índice de precios al consumidor y venta de automóviles. (variaciones año con año)

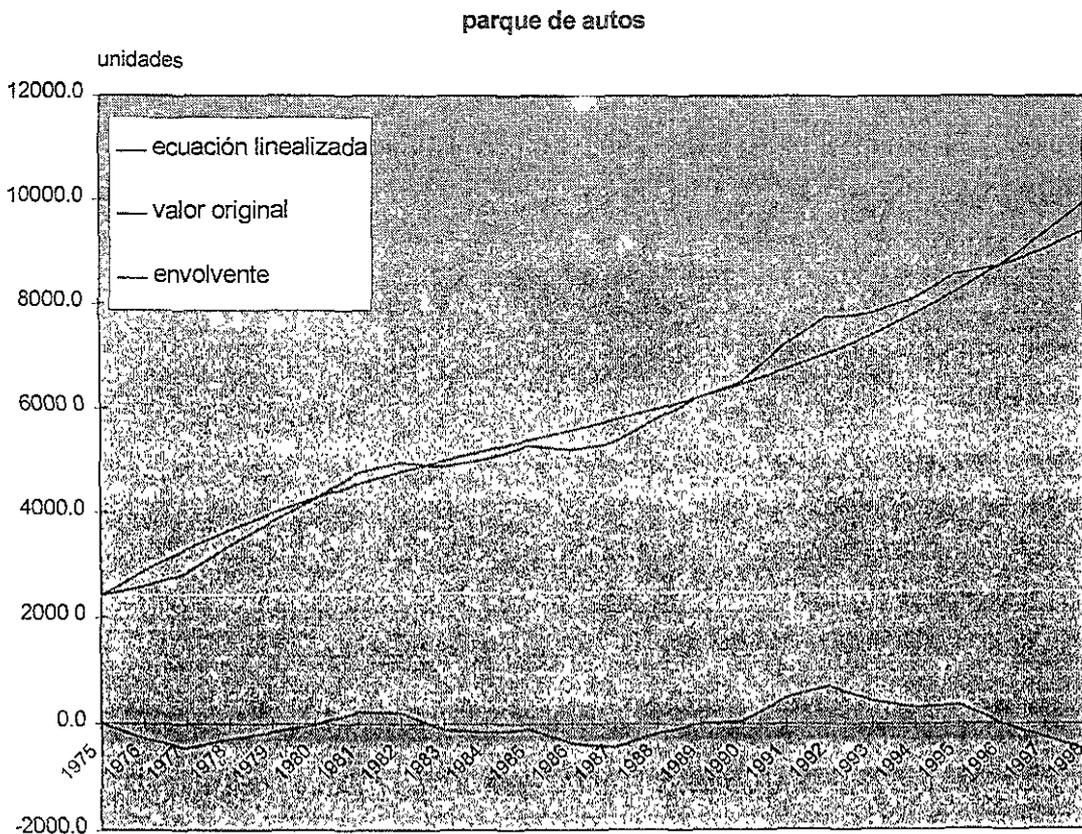


Fuente: Datos del propio estudio

Existe un punto importante en el parque automotor y es el porcentaje de vehículos que se retiran de circulación y que según aseguradoras son el 10% entre los que son robados, accidentados y los que por fallas mecánicas dejan de circular. No son exclusivamente vehículos nuevos, es un porcentaje sobre el total del parque [Expansión, 1996].

El análisis anterior permite explicar el porque el crecimiento del parque vehicular no se comporta de forma lineal como sería en la representación de la ecuación lineal, las oscilaciones se deben a cambios dentro del país que pueden ser económicos, políticos y culturales (figura 30 y 31). Por ello resulta importante hacer un estudio año con año de la situación del país y de la influencia de cada variable.

Figura 31. Ecuación linealizada y cambios de tendencia del parque automotor



Fuente: INEGI y datos del propio estudio

Quedando el parque en circulación (P) como función del crecimiento poblacional (Pb), las ventas (V), de políticas (Pol.) que tengan alguna influencia en el parque en circulación y el

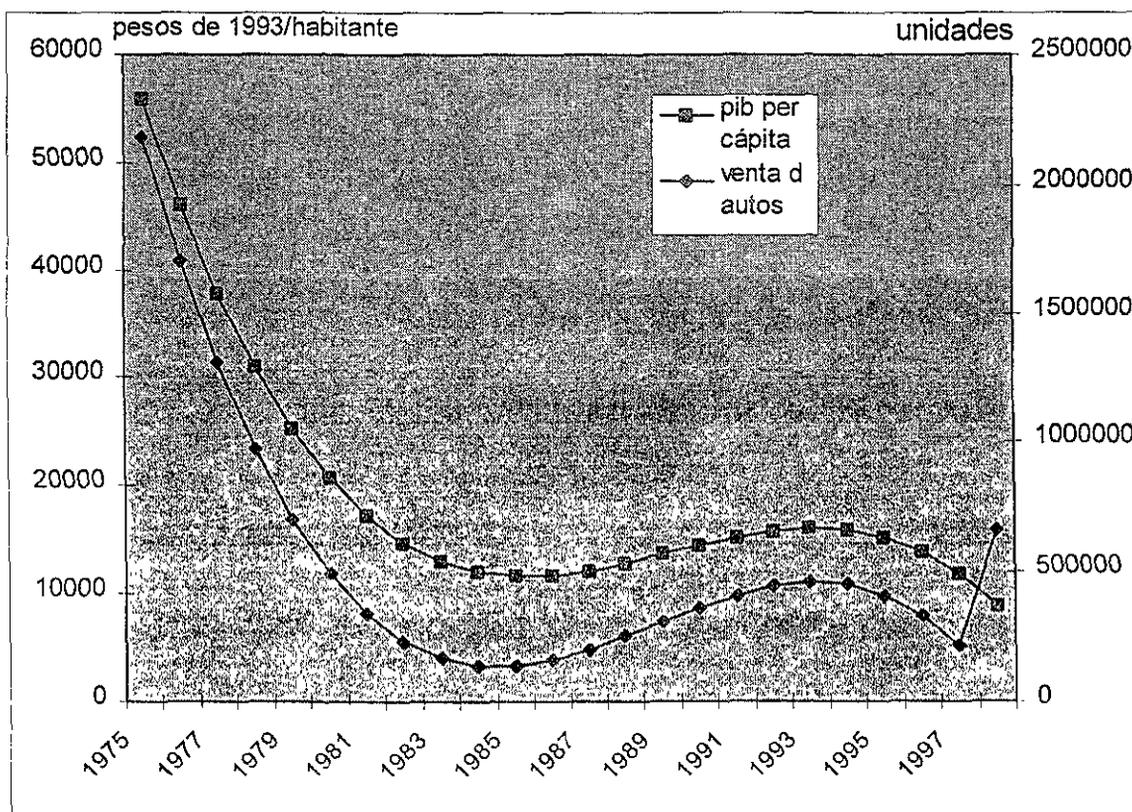
PIB quién marca una de las pautas tanto para la adquisición de vehículos nuevos como para la venta de autos usados.

$$P = P(P_b, V, Pol_1, PIB)$$

$$V = V(PIB, Pol_2)$$

Al realizar un análisis para determinar que tanto influye una variable con respecto a otra (figura 32), esto se puede observar de forma gráfica al estudiar sólo la tendencia eliminando los cambios que surgen por factores externos.

Figura 32: Variaciones entre dos variables



Fuente: Datos del propio estudio

3.2. Eficiencia energética.

3.2.1 Desarrollo histórico

La evolución de la industria automotriz a tenido dos directrices en los últimos 30 años: la primera de ellas fue la crisis del petróleo de 1973 y de forma paralela la preocupación por

el medio ambiente. La trayectoria que seguía la historia del automóvil cambio de rumbo drásticamente, la necesidad de vehículos que consumieran menos gasolina introdujo una serie de nuevas tecnologías que permitieron que los vehículos fueran más eficientes y abrió un nuevo campo de investigación para tratar de mitigar su efecto al medio ambiente. Esta evolución se analiza en este capítulo resaltando los componentes claves del automóvil que inciden en su rendimiento. Posteriormente se estudia como ha evolucionado el rendimiento en el parque nacional, teniendo como punto clave el establecer una metodología para determinar el rendimiento del total del parque en circulación haciendo énfasis al periodo en que estuvo en vigencia el PREMCE en México, determinando así su impacto en el rendimiento total de los automóviles en el país.

3.1.2. Variables que afectan la eficiencia

Características tecnológicas del vehículo

Partes del automóvil y su rendimiento

Las investigaciones encaminadas a incrementar la eficiencia de los procesos en los que se utilizan los productos derivados del petróleo, han dado como resultado que en el transporte se utilicen cada vez más avances tecnológicos, siendo algunos de ellos: aumento de la eficiencia del motor, disminución de peso, uso de la aerodinámica, transmisiones con relaciones de velocidad, etc.

A pesar de los avances en tecnología existen puntos en los cuales se tiene que mejorar el automóvil para aumentar su eficiencia y existen otros que por seguridad de los pasajeros le resta eficiencia energética (tabla 10, esto se analiza en el Anexo D).

Los principales requerimientos de energía del automóvil son:

- ✓ Pérdidas mecánicas por fricción
- ✓ Pérdidas en la transmisión
- ✓ Arrastre aerodinámico
- ✓ Fuerzas de inercia
- ✓ Resistencia al rodamiento

- ✓ Accesorios
- ✓ Pérdidas de bombeo

Tabla 10. Coeficiente de sensibilidad estimada en la economía de combustible

Variable	F/E Sensibilidad
Reducción de arrastre	0.66
Pérdida de bombeo	0.23
Pérdidas por fricción	0.23
Tren motriz	0.78
Accesorios	0.22

Fuente: CONAE, 1998

Reducción del peso: Los efectos de la reducción del peso sólo por sustitución de materiales como el uso del nuevo material HSLA, o de aleaciones de aluminio en rines y radiadores y por el uso de plásticos

Reducción de peso debido a la tracción delantera: El tren motriz es más eficiente, mejor diseño y más optimizado y el motor transversal es más compacto.

Fuerza Aerodinámica: La fuerza de arrastre es medido a través del coeficiente de arrastre C_d , este coeficiente en los automóviles varía de 0.3 a 0.37. Para el año 2005 el coeficiente podría disminuir a 0.27. Si se logran mejoras en el diseño este podría ser de 0.20.

A bajas velocidades el coeficiente de arrastre tiene poco efecto sobre la economía de combustible. La resistencia aerodinámica depende del diseño y de los materiales utilizados.

Resistencia al rodamiento: Las llantas radiales de la primera generación reducen la resistencia al rodamiento en 25 y 35%. Las llantas de la segunda generación con "polímeros en solución" han reducido la resistencia al rodamiento en otro 20 ó 25%. Algunos fabricantes han introducido las llantas de tercera generación las cuales reducen en un 15 a 20% el coeficiente de rodamiento.

Los prototipos especiales para vehículos eléctricos muestran reducción en los coeficiente de rodamiento de hasta un 50% con respecto a las llantas comunes.

Mejoras en el motor: La eficiencia es controlada por la relación de compresión la cual es limitada por el octanaje. Se puede mejorar la eficiencia al reducir las pérdidas por bombeo y las pérdidas por fricción tanto en los pistones en el tren de válvulas y en el cigüeñal.

Pérdidas por bombeo: Durante la mayor parte de la operación el ahogador se encuentra abierto solo el 15 a 20% máximo, para reducir el trabajo de bombeo, una estrategia es incrementar la potencia de salida de la máquina y reducir el tamaño de la misma.

Otros métodos incluye un árbol de levas a la cabeza o 4 válvulas por cilindro o el uso de turbocargadores.

Reducción en la fricción: La fricción representa el 25% del combustible consumido en ciudad y en carretera, esto se puede reducir si se usa un aceite de buena calidad o al rediseñar algunas partes críticas como por ejemplo los nuevos pistones y anillos.

Fuerzas potenciales de reducción en la fricción: pistón con dos cilindros, válvulas y resortes de titanio y/o reducción en la altura de las válvulas.

Otras tecnologías: como incluir más velocidades en las cajas automáticas como manuales. Incluyendo accesorios como: fanclutch, alternador con control de carga, bomba de aceite de bajo nivel y/o bomba de dirección hidráulica eléctrica

3.2 Políticas públicas directas que afectan la eficiencia

PREMCE

Con base a lo anterior y tomando en cuenta los lineamientos políticos establecidos en México desde 1981 donde se establece un rendimiento mínimo promedio por empresa (PREMCE –ver capítulo 3) y cuyas metas eran:

Tabla 11. Rendimientos metas

AÑO	PREMCE (km/l)
1982	8
1984	9
1986	9.5
1988	10.5
1990	11

Fuente: Diario Oficial, 1981

De igual forma el decreto establecía que a partir de 1984 se prohibía la fabricación y venta de autos con 8 cilindros, así como la venta de vehículos importados. Con base en lo anterior se puede calcular el rendimiento de los vehículos nuevos año por año de acuerdo a datos de las diferentes empresas automotrices (figura 31).

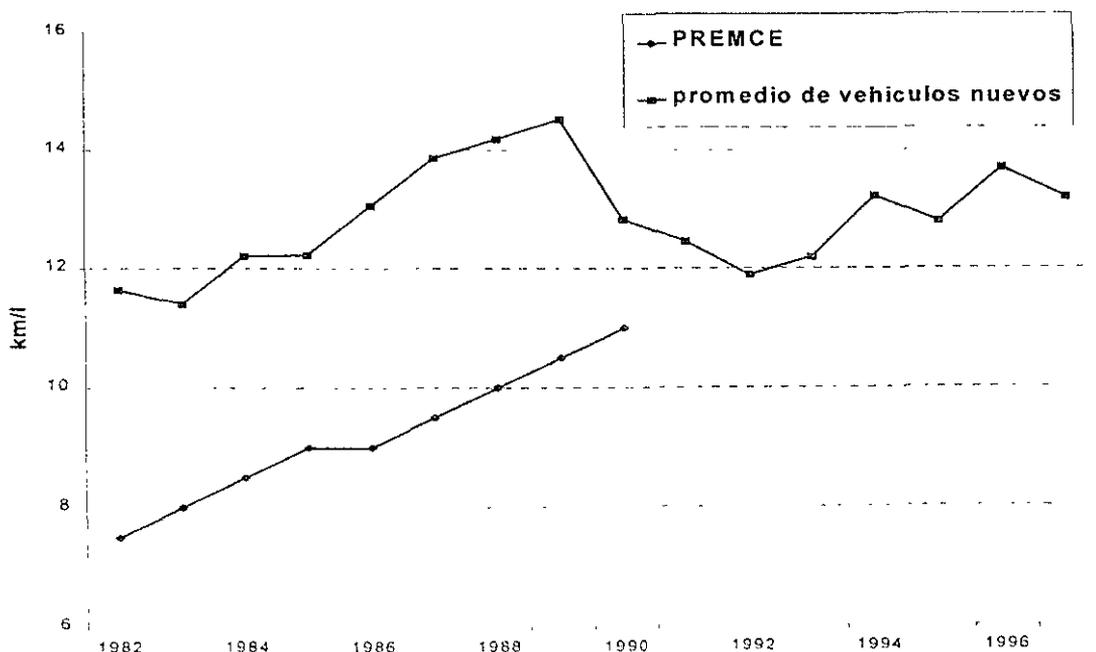
El promedio de rendimiento por empresa (PREMCE) se obtiene de sumar las ventas de cada modelo (VPM) multiplicado por su rendimiento (RC) entre las ventas totales de la empresa

$$PREMCE = \frac{\sum^n (VPM * RC)}{VTE} \dots \dots \text{(km/l)}$$

de forma similar se hace para obtener el promedio de la eficiencia (REN) de todos los autos nuevos que se vendieron en el país (VT)

$$REN = \frac{\sum_{i=1}^n (VTE * PREMCE)}{VT} \dots \dots \text{(km/l)}$$

Figura 31: Rendimiento de autos nuevos en México y PREMCE



Fuente: Datos del mismo estudio

3.3 Marca y cilindraje,

La reducción de los consumos específicos de los vehículos, se debe a los avances logrados ya que actualmente las compañías automotrices ofrecen vehículos más ligeros, con formas aerodinámicas y de menores dimensiones. La figura siguiente muestra la evolución que ha tenido en México el PREMCE por compañía automotriz.

Para el calculo de las eficiencias se estima a través de la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\sum V_i E_i}{V_T}$$

es decir, las ventas de cada vehículo se multiplica por su eficiencia y se divide entre las ventas totales de la marca (llamase Ford, Chrysler, etc.) y se obtiene la suma en total que representa la eficiencia particular de la marca en ese año (tabla 11 y 12).

Esto se hace de forma consecutiva con todo el mercado automotriz para obtener el promedio ponderado de la eficiencia de los vehículos nuevos, en cierto año.

Ejemplo

Año 1983, 1985, 1987 Marca: Chrysler

Ventas particulares:

Tabla 11 y 12 para la marca Chrysler

VENTAS POR TIPO	1983	1985	1987
DART K	12671	17436	9884
VOLARE K	4466	9498	6331
SPIRIT	0	0	0
SHADOW	0	0	0
LE BARON	4768	5651	638
NEW YORKER	0	3084	1425
PHANTOM	0	0	4421
SUPER BEE/MAGNUM K	2261	3127	765
VENTAS TOTALES	24166	38796	23464

Fuente: INEGI, 1988, 1998

RENDIMIENTOS (km/l)	1983	1985	1987
DART K	12.41	13.12	13.91
VOLARE K	12.41	13.11	14.13
LE BARON	11.85	13.27	11.68
NEW YORKER		13.12	11.68
PHANTOM			12.38
SUPER BEE/MAGNUM K	11.32	14.32	14.31

Fuente. Diario Oficial, 1983, 1985, 1987

Aplicando la fórmula se obtienen los siguientes rendimientos para esta marca específica

	1983	1985	1987
Rendimiento promedio (km/l)	12.20	13.24	13.50

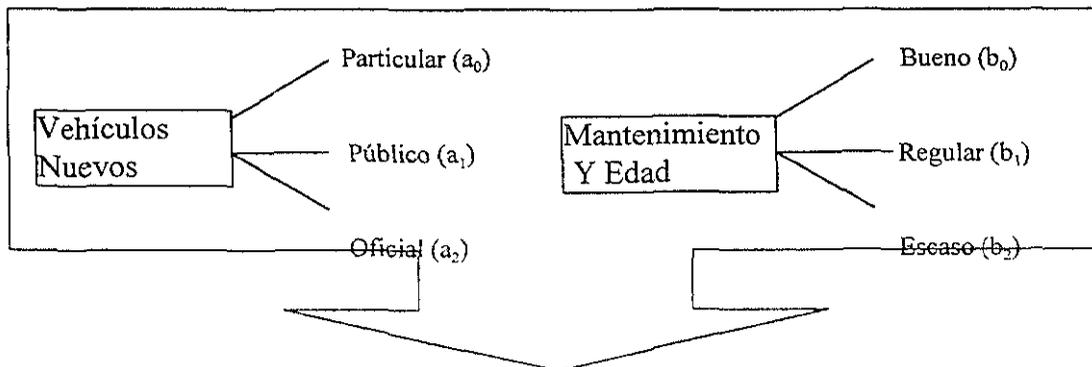
De forma similar se realizan los cálculos por cada marca del mercado automotriz nacional y se aplica nuevamente la fórmula para calcular la eficiencia total de los vehículos nuevos (tabla 13 y figura 33).

Tabla 13. Rendimiento autos nuevos

Rendimiento autos nuevos 83	9.81
Rendimiento autos nuevos 84	10.75
Rendimiento autos nuevos 85	10.96
Rendimiento autos nuevos 86	11.23
Rendimiento autos nuevos 87	11.53
Rendimiento autos nuevos 88	11.61
Rendimiento autos nuevos 89	11.91
Rendimiento autos nuevos 90	11.66
Rendimiento autos nuevos 91	11.60
Rendimiento autos nuevos 92	11.42
Rendimiento autos nuevos 93	11.23
Rendimiento autos nuevos 94	12.57
Rendimiento autos nuevos 95	13.56
Rendimiento autos nuevos 96	13.85
Rendimiento autos nuevos 97	12.96
Rendimiento autos nuevos 98	13.34

Fuente: Datos del propio estudio

Estos rendimientos se encuentran en función del tiempo, es decir, varían de acuerdo al uso, mantenimiento y políticas del gobierno (ejemplo la verificación obligatoria obliga a un mantenimiento de la unidad, el cambio de vehículos para uso de transporte público, etc.). Para evaluar estos puntos se considerarán los datos de CONAE sobre uso del automóvil, datos del Departamento del Distrito Federal sobre el programa de verificación obligatoria y el régimen bajo el que se integran los nuevos vehículos al parque (oficiales, públicos y particulares) según INEGI.

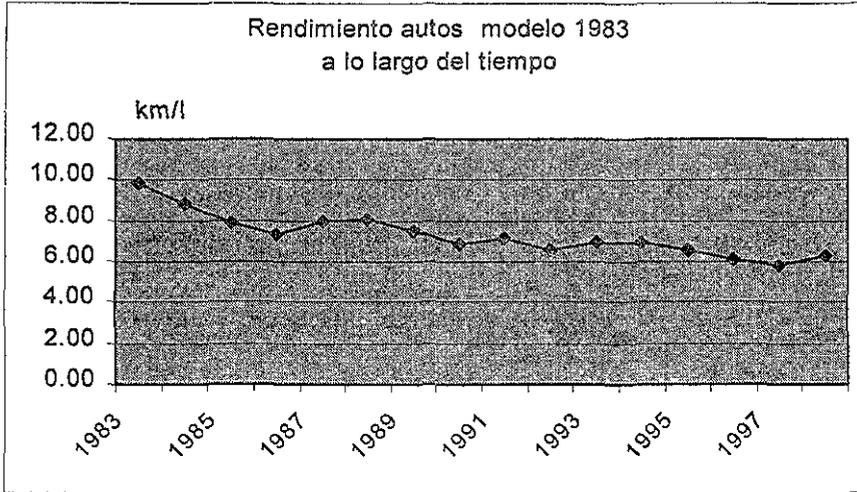


DISMINUYE LA EFICIENCIA DEL VEHÍCULO

Políticas que afecten de forma directa e indirecta el rendimiento
(PREMCE, verificación obligatoria, uso de vehículos específicos para ciertas funciones, etc.)

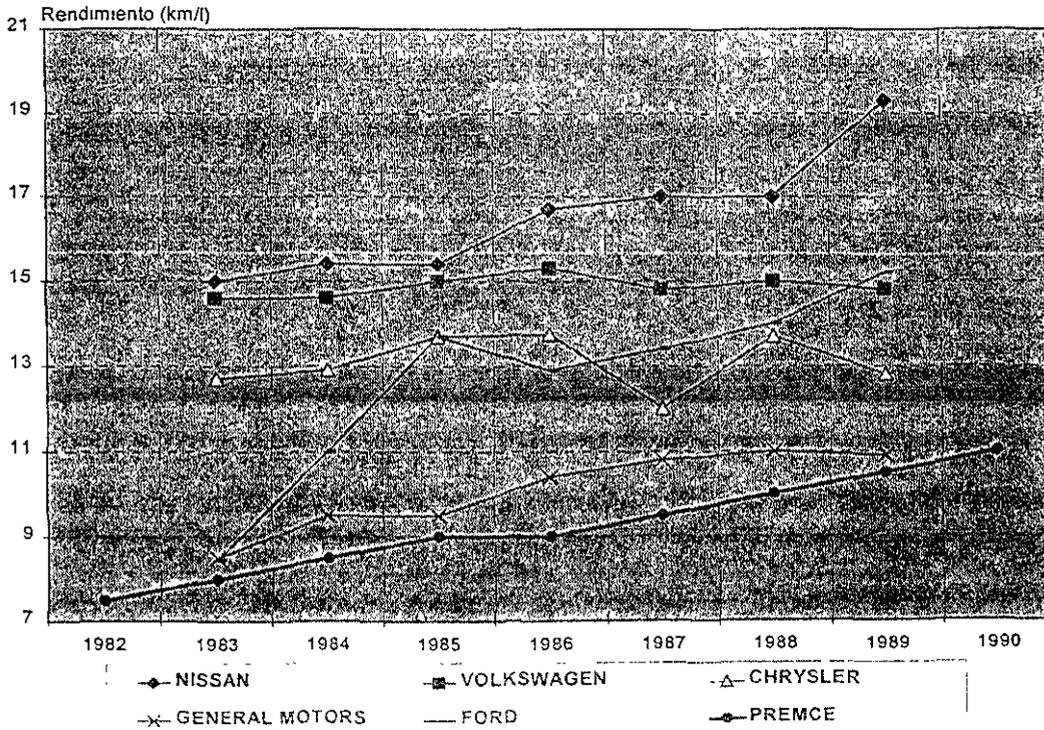
De acuerdo a lo anterior un vehículo de 1983 tendría un comportamiento así (figura 32):

Figura 32. Evolución de la eficiencia de un vehículo



Fuente: Datos del propio estudio.

Figura 33: PREMCE por empresa (1982-1990)



3.3 Rendimiento

Al analizar el rendimiento tanto de vehículos nuevos como usados, es importante el conocimiento de la cantidad relativa de aire/combustible presente en la mezcla. Este punto permite calcular como afectan las condiciones de altura el rendimiento nominal que presenta las compañías automotrices y realizar un cálculo más aproximado de la eficiencia real de los vehículos.

Se han realizado pruebas que demuestran esta pérdida de potencia en diferentes vehículos como se observan en las gráficas siguientes:

$$S = \frac{\rho_{\text{CA Méxicos}}}{\rho_{\text{nivel del mar}}} = \frac{\frac{P_{CM}}{RT}}{\frac{P_{NM}}{RT}} = \frac{P_{CM}}{P_{NM}} \approx \frac{0.78 \text{ kPa}}{101.3 \text{ kPa}} \approx 0.78$$

si se considera

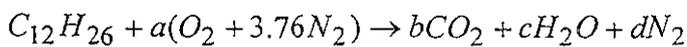
$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{NM}{v} = N \frac{M}{v} \begin{array}{l} \text{constantes} \\ \text{varía} \end{array}$$

se modifica la relación aire combustible

n - Dodécano $h^{of} = -291,010$ [kJ/kmol]

$C_{12}H_{26}$

Reacción teórica



$$C : 12 = b$$

$$N : 3.76 * 2 * a = 2d$$

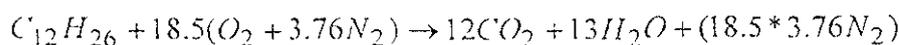
$$H : 26 = 2c$$

$$O : 2a = 2b + c$$

$$a = 0.5(24 + 13) = 18.5$$

$$b = 12$$

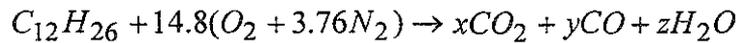
$$c = 13$$



si sólo se reciben

$$\bar{N} = 18.5 * 0.8 = 14.8$$

será una deficiencia de aire del 80%



$$4.6CO_2 + 7.4CO + 13H_2O + (14.8 * 3.76N_2)$$

asumiendo que la temperatura de entrada es igual a la temperatura de salida, es decir, 25°C.

La energía desarrollada por un kmol de combustible

a) Nivel del mar estequiométrica

$$H_{\text{react}} = -291,010[\text{kJ/kmol}] * 1[\text{kmol}] = 291,010 \text{ kJ}$$

$$H_{\text{prod}} = 12(-393,520 [\text{kJ/kmol}]) + 13(-241,820) = 7,865,900 \text{ kJ}$$

$$\text{Sistema adiabático } Q = 0 ? W = -7,574,890 [\text{kJ}]$$

b) Ciudad de México

$$H_{\text{react}} = -291,010[\text{kJ/kmol}] * 1[\text{kmol}] = 291,010 \text{ kJ}$$

$$H_{\text{prod}} = 4.6(-393,520) + 7.4(-110,530) + 13(-241,820) = -5,771,774 [\text{kJ/kg}]$$

$$W = 5.5 \text{ GJ}$$

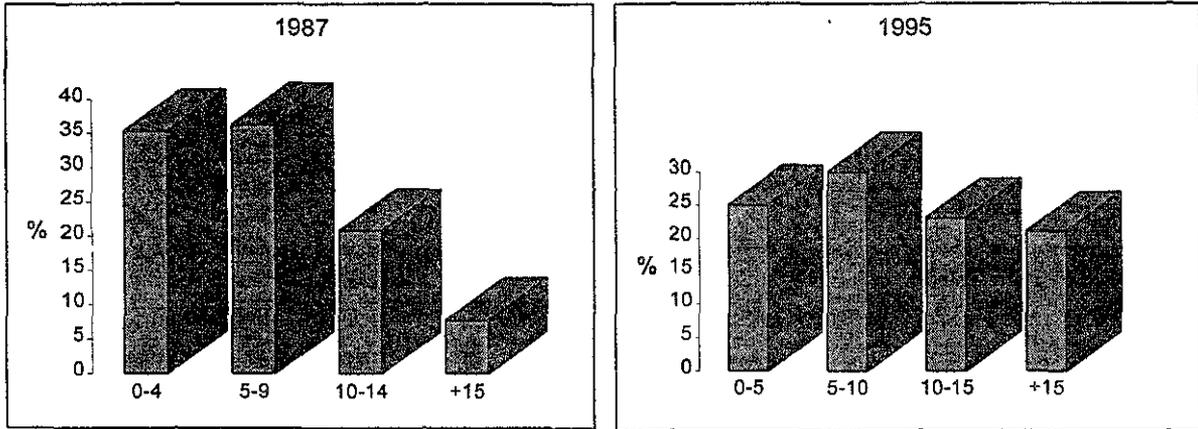
Donde la potencia o trabajo en la Cd. De México representa tan sólo el 74% de la potencia que se obtiene en la altura al nivel del mar.

3.4 Edad y Mantenimiento

No obstante, de las mejoras obtenidas en el rendimiento de autos nuevos, se calcula que el rendimiento promedio de la flota total en circulación en 1987 fue de 6.6 km/l [SEMIP, 1990]. Esto se debe a la edad del parque en circulación, cuya antigüedad promedio se calcula en el mismo estudio de más de 8 años. Para 1990 se calculó que el 35.3% de los automóviles en circulación tiene de 0-4 años de edad; 36.2% de 5-9 años; 20.8% de 10-14 años y 7.7% más de 15 años [SEMIP, 1990].

De forma similar se han realizado otros estudios que demuestran que una parte importante del parque tienen más de 10 años de antigüedad, como se observa en la figura 34.

Figura 34: Edad estimada de autos en circulación en México.



Fuente: SEMIP, 1990. Bancomext, 1997

Para conocer la eficiencia del parque en circulación, es necesario considerar que tipo de automóviles conforma el parque, el tipo de tecnología y mantenimiento

3.4.1 Factores externos

El tipo de entorno donde viven las personas es sumamente importante porque la ubicación influye en los patrones de consumo. La localización también ayuda a delimitar el tipo de impacto ambiental que desencadena la actividad humana. Los cambios demográficos más rápidos en el mundo ocurren en ciudades. Estas estructuras, además de ser espacios económicos, físico, políticos, administrativos y culturales, constituyen ecosistemas artificiales, en los que se condensa la vida cotidiana de la sociedad, donde se construye y reconstruye el hábitat de la especie humana.

En la modalidad de expansión a partir de la ciudad central, en el caso de los países subdesarrollados, se incorporan pueblos o ciudades periféricos y este proceso el transporte juega un papel predominante en el desarrollo urbano [Icasuriaga, 1992], será el enlace entre centros habitacionales, de trabajo, de diversión, de estudio, etc.

3.4.2 Urbanización

El transporte es uno de los principales elementos de la estructura urbana y su funcionamiento está condicionado a los procesos de crecimiento demográfico y físico. Se

comporta de manera similar al modelo de crecimiento y urbanización que ha tenido la ciudad.

En los años setentas, en México se inicia una dinámica de crecimiento urbano, se había llegado a un punto de inflexión en la primera mitad de la década de 1970-1980, en el que proceso de concentración urbana disminuía significativamente su velocidad, las migraciones campo-ciudad con destino a la metrópoli principal, se reducían en términos relativos y las tasas de crecimiento de algunas ciudades medias como Guadalajara y Monterrey se elevaban por encima de la capital.

A finales de los setentas, se establece en México una política urbana nacional que tiene como objetivo central " la descentralización de la vida nacional y el desarrollo regional" con dos vertientes estratégicas fundamentales: por un lado, revertir la tendencia concentradora de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y por el otro reforzar el rol de un conjunto de ciudades intermedias [Aguilar, 1991].

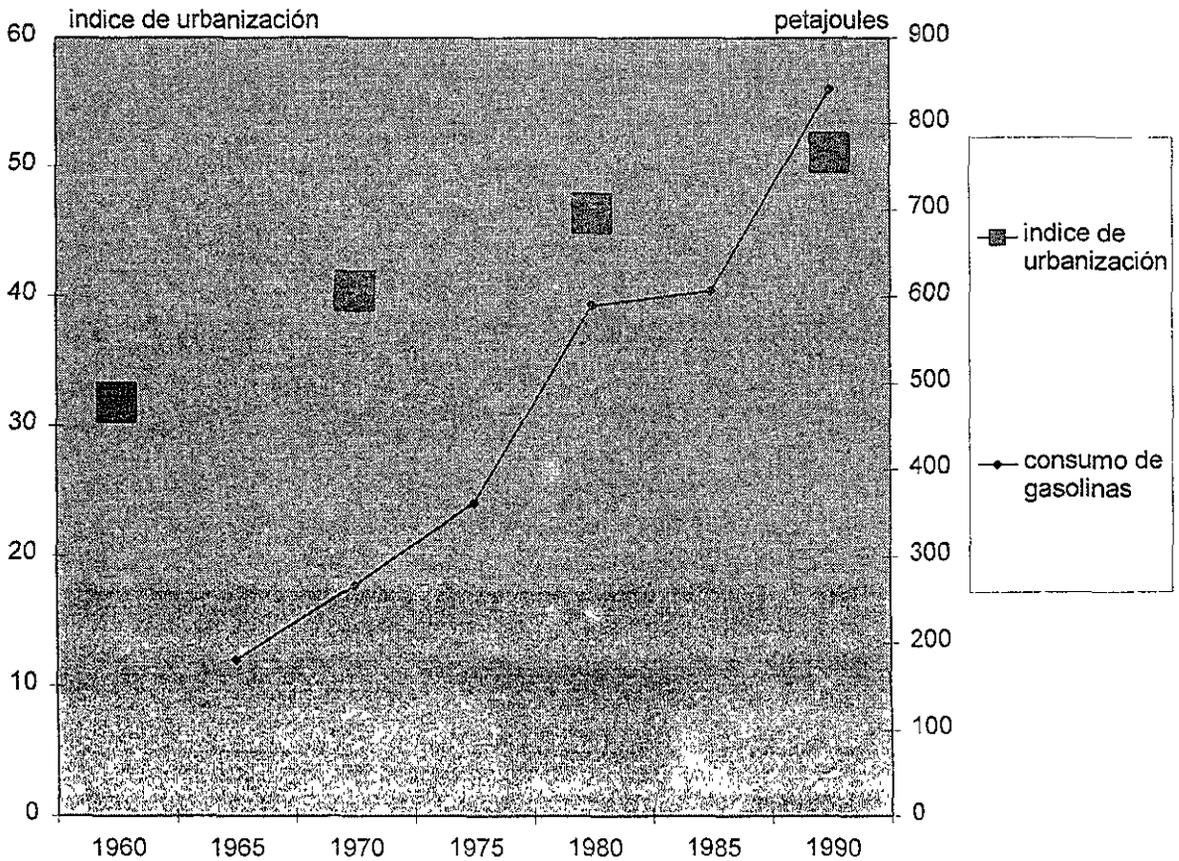
Esta política tenía como objetivo resolver los problemas de desajuste entre la oferta y demanda de servicios de infraestructura y equipamiento. El problema central de este tipo de expansión es la separación física cada vez mayor entre los distintos usos del suelo, la cual provoca mayores desplazamientos y tiempos de recorrido en los servicios de transporte.

En las tres últimas décadas, México ha experimentado el ciclo económico de auge, crisis y recuperación, esto como comentario de que el periodo de auge culmina en 1980 con un país más urbano, donde 37.6 millones de mexicanos (56.2% de la población total) viven en un sistema de 219 ciudades. Puebla se incorpora a las ciudades de más de un millón de habitantes y surgen cuatro con más de 500,000 haciendo que el estrato de metrópolis eleve su importancia dentro de la población urbana nacional a 58.1%, mientras que las de más de un millón lo hacen a 51.3% [Garza, 1999].

Se tiene por tanto, que el crecimiento acelerado de la economía mexicana entre 1960 y 1980 ocurre con un significativo proceso de concentración en unas cuantas metrópolis del país, entre las que destaca con mucho la Ciudad de México, que en 1980 tenía 13

millones de habitantes. En 1990 la población urbana nacional era de 49.6 millones de personas, el grado de urbanización avanzó a 60.8% y se tenían ya 309 ciudades; esto es, con o sin crisis, la urbanización del país continua (figura 34).

Figura 34. Urbanización y consumo de gasolina



Fuente: INEGI, 1998

La década de los noventa presenta una tendencia de cambio de concentración de una a varias áreas metropolitanas. En el sexenio de Carlos Salinas después de superar la crisis de su gobierno elevando el PIB a una tasa promedio anual de 3.5% entre 1990 y 1994, con valores extremos de 5.1% en 1990 y 1.9% en 1993. En 1994, último año de su administración, el PIB creció a 4.4% pero el inicio del periodo de Ernesto Zedillo se inicia una nueva crisis y dicha tasa se derrumba a -6.1%.

Durante esta recuperación económica relativa, el número de ciudades se eleva a 350 con una población total de 58.7 millones de habitantes, aumentando el grado de urbanización a 64.4%. La población total del país pasa de 81.2 a 91.2 millones [INEGI, 1999]; de los 10

nuevos millones de personas, 9.1 se ubican en ciudades, por lo que 91% de la expansión demográfica ocurre en el México urbano.

Las ciudades pequeñas aumentan a 241 y absorben 0.7 millones, las intermedias aumentan ligeramente a 85 y reducen su población en -0.8 millones, mientras que las metrópolis pasan a 24 y aumentan su población total en 9.2 millones de habitantes. El porcentaje de estas últimas se eleva a 67.5% mientras que en las intermedias baja a 22.35. De tal forma, que entre 1990 y 1995 el desarrollo urbano de México se concentra en 24 metrópolis, con un patrón de concentración policéntrico.

Es interesante destacar que en las zonas centrales de las ciudades, en donde existen decrementos de población, no disminuyen las necesidades de transporte; por el contrario, aumentan por los nuevos usos comerciales y administrativos del suelo.

3.4.3 Señalización

Un factor importante para una ciudad eficiente energéticamente es el equipamiento de la red de transporte y específicamente los semáforos, por ejemplo, en países como Canadá y Estados Unidos se han reportado reducciones de consumo de energía desde un 20 hasta un 40% en las zonas donde se tienen sincronizados los semáforos, una reducción similar en la contaminación generada, un aumento real de las velocidades, una disminución de los alcances y mejoramiento del tiempo de recorrido [Arenas, 1990].

3.5 Precio de la gasolina

3.5.1 Desarrollo histórico

Dentro de las políticas establecidas durante las crisis energéticas de 1973 y 1981, hubo una que consistía en aplicar un impuesto más alto al precio de las gasolinas para desalentar su consumo [De Buen, 1987]. Esta medida partía de la hipótesis de que el consumo de gasolinas tiene una relación directa con el precio del combustible, y este también será el punto de partida a estudiar en este apartado.

El comportamiento de las ventas de combustibles tienen una relación directa con la evolución de la actividad económica general, la producción industrial y el desarrollo en

general de un país, estas también se ven influenciadas por otros factores como la apertura de la economía al exterior y a las reglamentaciones en materia de protección ambiental.

En México se experimentaba una abundancia de recursos entre 1975 y 1980, es por ello que dentro de los planes nacionales no existían políticas o acciones que tuvieran como objetivo una ahorro sustancial de energía. Después de experimentar una continua expansión, las gasolinas automotrices disminuyeron sus ventas en 1983, debido a la crisis financiera y económica de 1981-1982. Como resultado de lo anterior y del programa de ajuste subsecuente, entre 1983 a 1986 el PIB registra una tasa de crecimiento media anual negativa del 0.23% y la producción manufacturera permanece estancada; las ventas de vehículos se desploman 47% entre 1982 y 1987, en términos generales, los precios de los combustibles se ajustaron a un ritmo menor a la inflación. El resultado fue un crecimiento anual del consumo de combustibles automotrices de 0.7% en el periodo de 1984 a 1986.

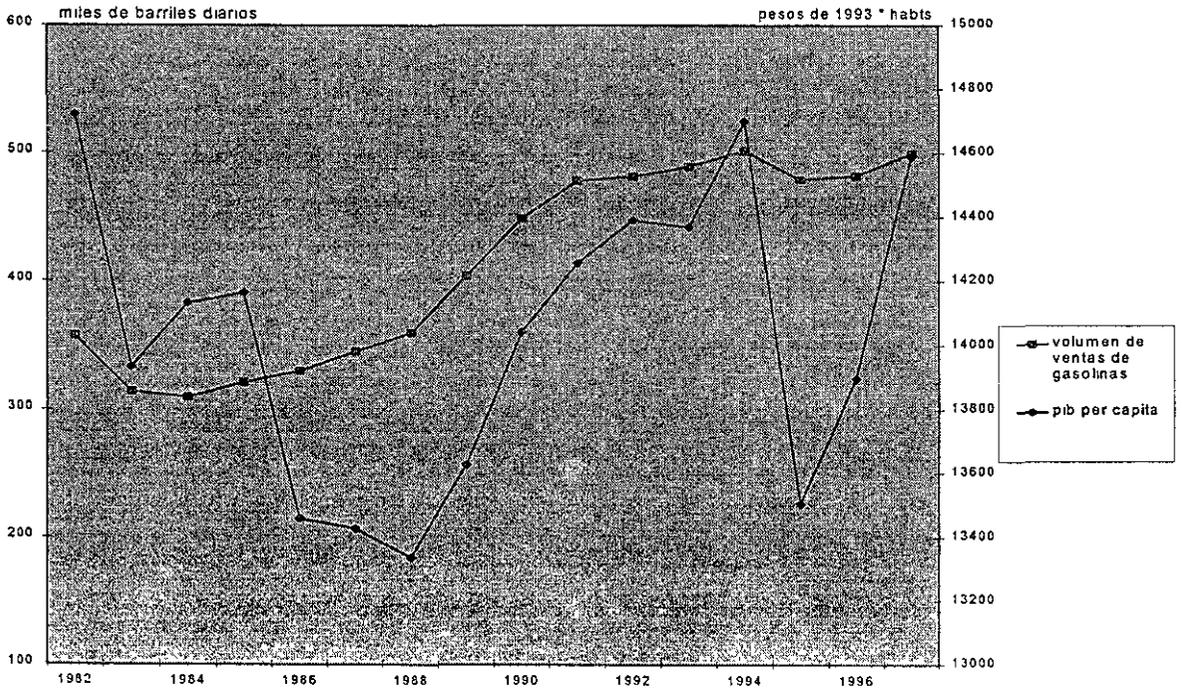
De 1987 a 1991 las ventas de gasolinas crecen un 7.6% registrando una de las fases de mayor crecimiento. Durante este periodo, el crecimiento del PIB y de la actividad industrial tienden a acelerarse, mientras que los precios de los combustibles caen durante este periodo, aunque a diferentes tasas.

El precio de la gasolina sin plomo se ajusta al alza en 1990 lo que se traduce en una marcada preferencia de los consumidores por la gasolina con plomo. Con excepción de la gasolina Nova, en este periodo los precios de los combustibles no parecen ser un elemento que desestime la demanda en forma sensible, a pesar de que crecen en términos reales. Aun así, sus niveles en 1993 tienden a ser inferiores a los prevalecientes antes de que se suscribiera el primer pacto.

En 1994 las ventas de gasolinas automotrices crecieron 2.5% con respecto al año anterior, alcanzando por primera vez en el país un promedio de 502 mbd. En el Valle de México las ventas aumentaron 4.3% y representaron 23% del total; en la frontera norte su incremento fue de 4.2%, mientras que en la Zona Metropolitana de Monterrey mantuvieron el mismo nivel del año anterior. La tendencia hacia un mayor consumo de

gasolina Pemex Magna fue el resultado de una política de precios vigentes que fue reduciendo la diferencia de precios entre esta gasolina y la Nova, y también por la incorporación obligada de convertidores catalíticos en vehículos nuevos.

Figura 35. Volumen de venta de gasolinas y PIB per capita



Fuente: Anuario Estadístico Pemex, 1988, 1998. SE, 1997

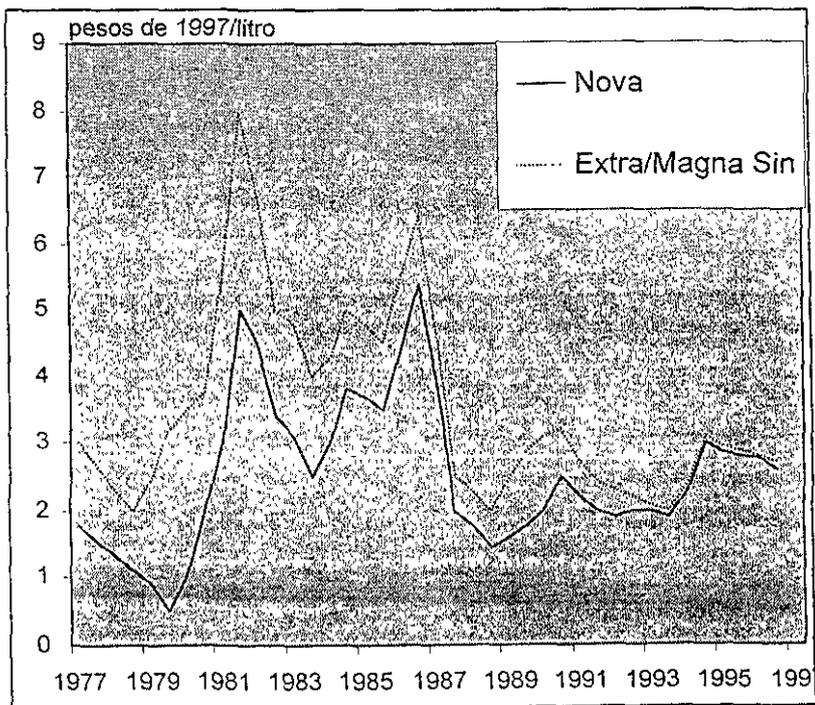
La contracción de la actividad económica observada en 1995, los aumentos de precios y diversos cambios estructurales y tecnológicos, afectaron la demanda de combustibles en general (figura 35). Las ventas de automóviles y camiones se vieron severamente afectadas por la recesión, con decrecimientos del orden del 72 y 84% respectivamente.

Así mismo, durante 1995, el flujo vehicular en autopistas concesionadas disminuyó un 45%. Estos indicadores se reflejaron en el consumo de gasolina y diesel. En 1995 se vendieron en el país 479 mbd de gasolinas automotrices, volumen similar al de 1991 y 34% menor que el año anterior. Las ventas de Nova decrecieron 18% en tanto que Pemex Magna aumentó un 12%.

Durante los primeros meses de 1995 el gobierno tenía un mecanismo para establecer los precios de los combustibles, este se modificó a partir de marzo, donde se establecía que estos se encontrarían ligados al mercado internacional, con un tipo de cambio máximo de 6 pesos por dólar [Reforma, 1995]. En este mes, los precios de los combustibles automotrices registraron un aumento del 35% en todo el país, en abril, se inicia un deslizamiento a una tasa mensual del 0.797%. Los precios reales de la gasolina y el diesel aumentaron entre un 7 y 8% respectivamente (figura 36).

La recuperación económica de 1996 se vio reflejada al aumentar el volumen de ventas en un 3.1% con respecto al año anterior (figura 37). En 1997, el consumo de gasolinas creció un 3.7% y alcanzó un nivel cercano al de 1994, se comercializaron 500 mbd de gasolinas con una participación promedio de 83.8% de gasolinas sin plomo.

Figura 36. Precio de las gasolinas

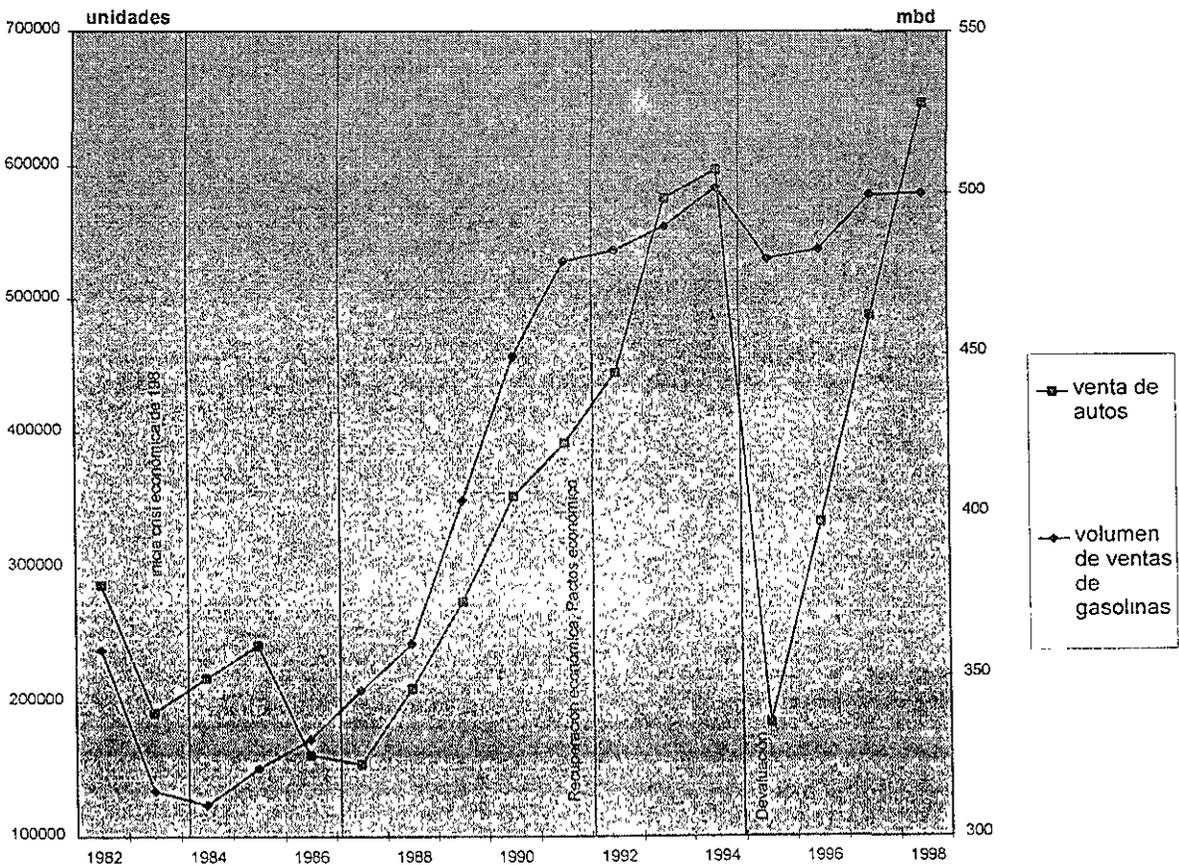


Fuente: Anuario Estadístico de Pemex, 1998

El consumo de gasolinas en 1997 creció en 3.7% con respecto al año anterior, se vendieron 500 mbd de gasolinas con una participación promedio de 83.8% de gasolinas sin plomo, es decir, Pemex Magna y Pemex Premium. Los precios de los combustibles automotrices se mantuvieron constantes en términos reales.

Los cambios a gasolinas reformuladas desplazando el consumo de la gasolina Nova, generó un déficit de octano y una mayor importación de gasolinas terminadas y componentes de alto octano [González, 1998].

Figura 37. Venta de gasolinas y venta de automóviles (1982-1998)



Fuente: Anuario Estadístico de Pemex, 1998 INEGI, 1998 AMIA, 1998

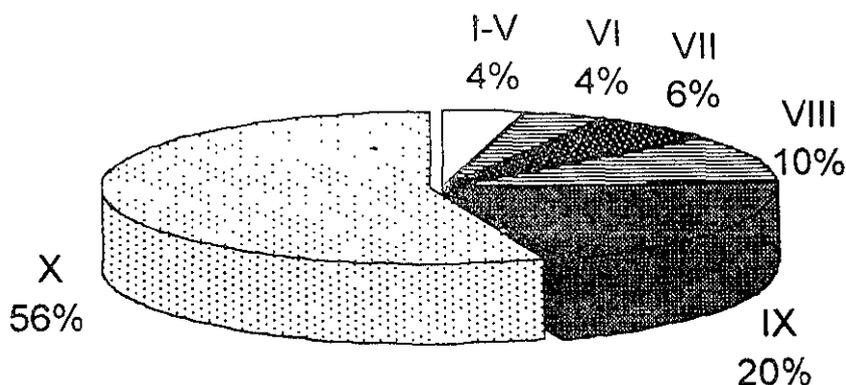
3.6 Kilómetros recorridos

La distancia media es un indicador que hace referencia a la utilización del automóvil y depende del uso del vehículo. Este factor puede depender de cuatro variables:

- El uso del automóvil (particular, oficial o transporte concesionado)
- Precio de los combustibles (ingreso)
- Eficiencia del vehículo
- Crecimiento de las ciudades (distancia entre centros de trabajo o de estudio y centros residenciales)

Al analizar el parque en circulación se tienen tres tipos de uso: particular, oficial y transporte concesionado. Este uso determinara los kilómetros que se recorren al año por unidad, de acuerdo a estudios realizados por CONAE, SE e II, se tiene que para transporte particular la cifra de 18,335 km/año, para transporte concesionado 73,000 km/año y el transporte oficial que abarca patrullas, vehículos diplomáticos, etc. se tiene una cifra intermedia de 40,000 km/año.

Figura 38: Distribución del Gasto de Gasolinas por nivel de Ingreso (deciles)



Como se analizó anteriormente el precio de la gasolina tiene un impacto sobre el volumen de ventas en el corto plazo que puede manifestarse en la disminución de la utilización del automóvil, pero también es necesario tener presente la distribución del ingreso de la población tiene una influencia decisiva sobre el consumo de combustibles, ya que dentro de la distribución del ingreso de los hogares, según INEGI solamente el 4.37% de la población encuestada percibe 8 ó más salarios mínimos, y absorbe el 14.37% del ingreso, en tanto que el 95.63% de la muestra percibe menos de 8 salarios mínimos por concepto de su ingreso monetario corriente y absorbe el 85.6% del ingreso (figura 38).

También de acuerdo a trabajos realizados en Estados Unidos, señalan que el consumidor utiliza su auto por factores como la necesidad de transportarse a centros de trabajo o escuela, diversión, compras, etc.; y por otros que son más difíciles de medir como el confort y seguridad

3.7. Condiciones de manejo

En cuanto a la operación de un vehículo, existen varios factores que influyen el consumo energético. Entre ellos cabe destacar:

1. La velocidad de operación;
2. El nivel de ocupación del transporte
3. Las características de la red de comunicaciones terrestres.

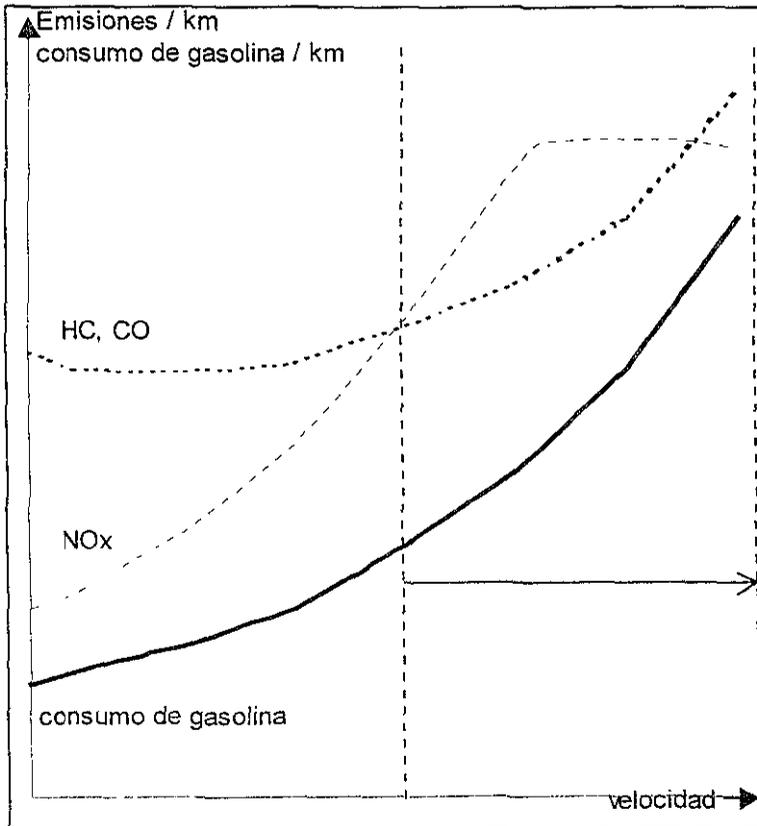
Con respecto al primer punto, cabe señalar que el consumo específico de energía de un vehículo varía con la velocidad del mismo. Las curvas técnicas de un motor indican que el consumo específico disminuye progresivamente a medida que aumenta la velocidad, hasta alcanzar un mínimo a partir del cual se incrementa nuevamente. Por esta razón, en las zonas urbanas un desplazamiento constante, evitando paradas continuas, a una velocidad promedio que no sea excesivamente baja, contribuye a un uso más eficiente de la energía consumida por los vehículos y evita que se reduzca el rendimiento del motor (figura 39).

Esta consideración general, se ve matizada por las características del motor, según se trate de un motor que opera con gasolina o diesel.

En cuanto al grado de aprovechamiento de la capacidad del transporte, es un factor de operación que afecta la relación entre el consumo de combustible, el peso desplazado y la distancia recorrida, incidiendo por tanto, en la eficiencia del sistema de transporte.

Esta capacidad en las zonas urbanas (Cd. de México) es en promedio de 1.5 pasajeros por vehículo viaje. En estas condiciones un automóvil de 6 cilindros consume aproximadamente 2 litros de gasolina en un recorrido de 12 km, lo que representa 1.54 litros por pasajero. Si la ocupación promedio de los automóviles fuera de 4 pasajeros, el consumo para las mismas condiciones sería de 0.5 litros por pasajero.

Figura 39. Velocidad y emisiones contaminantes



Con respecto al punto 3 de las características de la red, es un punto importante en el volumen de energía que se requiere para el desplazamiento urbano e interurbano y repercute en la eficiencia del uso de los recursos energéticos, así como en la calidad de vida de la población. Un sistema poco eficiente no sólo genera pérdidas por el mal uso de

la energía, sino que afecta a la productividad global de la fuerza de trabajo al requerir más tiempo para el simple desplazamiento a los centros de producción y al deteriorar las condiciones de vida.

La ineficiencia de la red urbana en México es evidente, entre otros aspectos, las bajas velocidades de desplazamiento. Existen varias causas que se pueden mencionar como: la falta de sincronización en los semáforos, las actitudes al conducir, los horarios de trabajo, etc.

Como ejemplo de lo anterior en horas pico, el primer cuadro del D.F., la velocidad promedio es de 6 km/h, esto sumado a otros problemas tiene como consecuencia una pérdida de aproximadamente 2.6 millones de litros por día, o sea, el 15% del consumo total diario de gasolinas, además si se tiene en cuenta que hay al menos 200 días al año con problemas de congestionamiento, el consumo se eleva a 520 millones de litros [Guzmán, 1985].

Con respecto a lo anterior, la hipótesis es que la distancia media anual (d) que recorre un automóvil dependerá de la eficiencia del vehículo (η), del precio de la gasolina (pg), del uso que tenga el vehículo (u) y de políticas de urbanización (Pol_3).

$$D = D(\eta, pg, u, Pol_3)$$

Donde la eficiencia dependerá a su vez del mantenimiento (mat), el rendimiento del vehículo (RVP) y del tipo de combustible que empleé (C).

$$\eta = \eta(mat, RVP, C)$$

De igual forma el rendimiento del vehículo (RVP) dependerá de la marca (m).

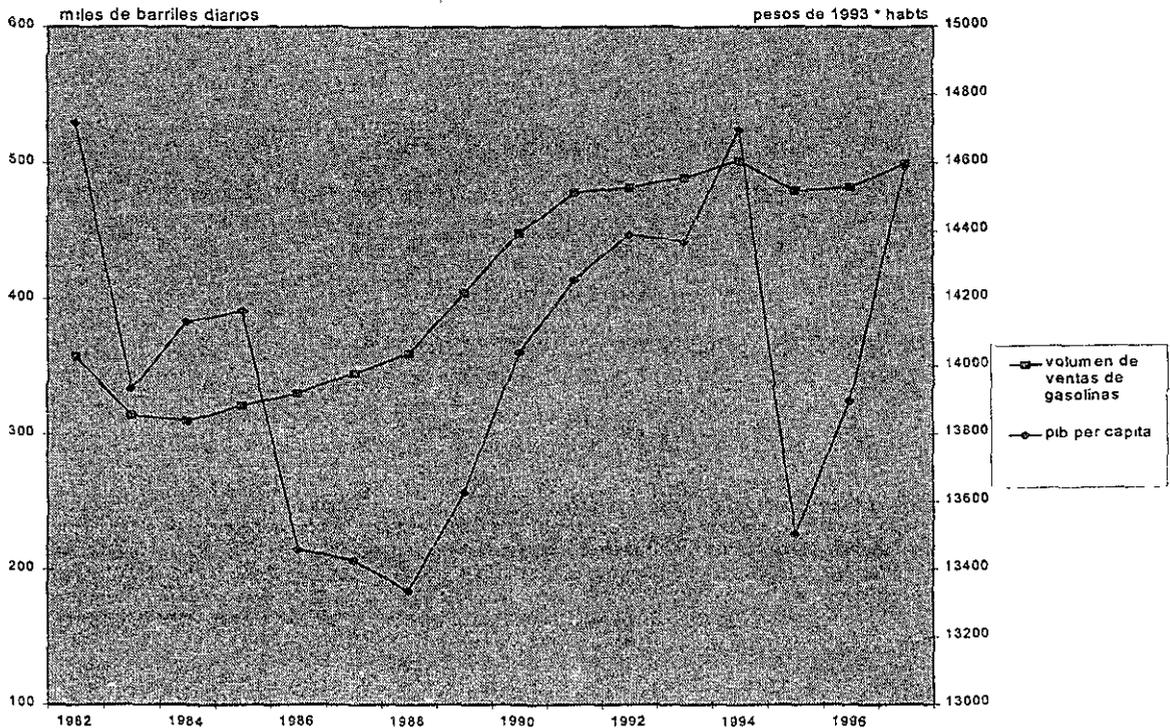
$$RVP = f(\text{marca, cilindraje, mantenimiento, uso})$$

El consumo de gasolina (pg) dependerá del ingreso destinado para el consumo de gasolinas (PIB_c) y de políticas que involucre el consumo de petrolíferos como por ejemplo políticas de ahorro y conservación energéticas (Pol_4).

$$pg = pg(PIB_c, Pol_4)$$

Es decir el consumo de gasolina tendría una relación con el PIB como se observa en la figura 40.

Figura 40. Consumo de gasolina y crecimiento económico



Fuente: INEGI, Pemex, varios años

Conclusiones

El transporte es parte fundamental del desarrollo de un país, es el enlace entre los diversos sectores que integran una economía y parte esencial del desarrollo sociocultural de una nación. Por ello, el análisis del sector no puede ser unidimensional, tiene que involucrarse con variables tanto económicas, culturales, urbanas, sociales, entre muchas otras.

En este sentido, es importante señalar que nuestro sistema de transporte generalmente se analiza desde una óptica reduccionista e individualizada, a partir de esto no se logra entender todo el campo de acción bajo el cual se rige el desarrollo del sector transporte mexicano y estudiarlo bajo un contexto real del lugar donde se esta gestando su desarrollo.

De los datos analizados e interrelacionados sobresalen aquellos en los cuales se aprecia la importancia del automóvil dentro de la flota vehicular nacional, donde se establece que el 74.5% del total de los vehículos registrados son automóviles, 24.2% son camiones de carga y tan sólo el 1.0% restante son autobuses [Chías, 1995]. En un estudio elaborado sobre la perspectiva geográfico nacional del transporte determinan que en México los autos particulares representan el 95.3% en las macrociudades, 96.6% en las grandes ciudades y 97% en las ciudades medias¹; con estos datos se puede tener una visión del impacto que tienen los automóviles dentro del sector transporte nacional y dentro de la sociedad mexicana.

A partir de la información que se obtuvo en este capítulo, se observa la complejidad que encierra el Transporte dentro de la sociedad ya que existe una relación biunívoca entre su crecimiento y el crecimiento del país.

¹ Se consideran macrociudades aquellas que tienen más de un millón de habitantes, ciudades grandes las que tienen entre 500 mil y un millón y medias entre 100 mil y 500 mil habitantes.

5/ Modelo

En los capítulos del 1 al 3, se estableció el marco de referencia histórico siguiendo la relación existente entre consumo de energía y emisiones de “gases invernadero” desde una perspectiva enfocada en el Transporte, en particular a los automóviles. En la segunda parte, capítulo 4, se realiza el análisis de factores que determinan el consumo de gasolina de los automóviles en México y se obtiene una serie de variables que pueden utilizarse para construir un modelo de acuerdo a la realidad nacional.

En este capítulo se desarrolla un primer modelo lineal para el consumo de gasolinas automotrices enfocado desde la demanda y de acuerdo a las características de México, teniendo como base el análisis exhaustivo de las variables que afecta su consumo, estableciendo una metodología de interrelación entre los diferentes factores que forman parte del proceso y definir cual es su influencia en el ciclo, realizando una primera aproximación lineal que corresponda a su comportamiento.

A. Antecedentes

A nivel nacional agregado, el análisis y pronóstico de la demanda de la energía en México ha sido realizado en repetidas ocasiones en forma más o menos parcial, según el objetivo del estudio general y la institución que lo realiza. Robert Pindyck, del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), en 1979 desarrolló un modelo para determinar las reacciones a largo plazo del consumo de gasolinas debidas a alteraciones en los niveles de precio de los energéticos y por la actividad económica. Una de las conclusiones fue la falta de información para realizar este tipo de estudios. Los resultados que obtuvo fueron una elasticidad precio de corto plazo con valores que fluctúan entre -0.051 a -0.137 y la de largo plazo entre -1.13 y -1.94 .

En el Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE), el Grupo de Economía de Energéticos realizó una recopilación de los estudios existentes sobre demanda de energía, dentro de esta serie destaca el desarrollado para demanda de gasolinas de Petróleos Mexicanos (Pemex), utiliza la variables tiempo y precio de las gasolinas para estimar una regresión múltiple. El mismo grupo desarrolla unos modelos y utiliza para el estudio el precio promedio real por barril, el PIB per cápita y el número de vehículos en circulación; obteniendo una elasticidad precio de la demanda de -0.1378 .

Un estudio realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo en 1981, obtuvo funciones de demanda para diversos refinados del petróleo, entre ellas una para la gasolina. Consideran la demanda anual de gasolinas en función del precio real de las mismas y del PIB real, ambas con año base de 1970; la elasticidad precio resultante fue de -0.1797 . En 1982, Berndt y Botero realizan un modelo para el cálculo de combustibles automotrices en México, el cual tiene la siguiente ecuación:

$$G_t = B0 + (PREL_t)^{B1} + (PIBR_t)^{B2} + B3 * G_{t-1}$$

donde PREL es el precio real y G el consumo de gasolinas y presenta resultados de elasticidades de -0.25 y -1.15 para corto y largo plazo.

Los modelos desarrollado por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (hoy SECOFI), se basaron en un modelo econométrico del lado de la oferta, elaborado para apoyar las actividades de planeación. Para ello combinan la estimación de funciones econométricas con el uso de coeficientes de insumo producto, es decir, explica el consumo de gasolinas a través de ponderar los precios de los combustibles, el parque en circulación y una posible sustitución de combustibles.

Otro modelo fue el realizado por Samaniego (1984), donde separa los combustibles y emplea la demanda de combustible (G), la tasa de utilización (U) y el acervo (S), representada por la siguiente ecuación:

$$G(t)=U(t)*S(t) \quad (1)$$

En el primer modelo se supone que tanto U como S son funciones de variables exógenas y de G rezagada, es decir:

$$U(t) = h(X_1(t), G(t-1))$$

$$S(t) = g(X_2(t), G(t-1))$$

donde X_1 y X_2 representan variables exógenas. Si se toman logaritmos en (1) y se supone que tanto $h(\cdot)$ como $g(\cdot)$ son funciones del tipo de elasticidad constante, el modelo finalmente queda de la siguiente forma:

$$\ln(G(t)) = A_0 + \sum_{i=1}^k A_i \ln(X_i(t)) + B \ln(G(t-1))$$

Las variables exógenas que se probaron en el modelo fueron las siguientes:

- Precio de los combustibles
- Ingreso real
- Precio de los vehículos
- Parque automotriz

El segundo modelo es una modificación de un modelo lineal con ajuste parcial, pero en el que se permite que los ajustes de la demanda ante variaciones en los precios se realicen con distinta velocidad de aquellos que se deben a las modificaciones en el ingreso. Su formulación es la siguiente:

$$G(t) = A_0 + A_1 * \sum_{i=0}^{\infty} L^i Y(t-1) + A_2 * \sum_{i=0}^{\infty} W^i P(t-i) + E(t)$$

donde L y W están entre cero y uno. El parámetro L mide la velocidad de ajuste de la demanda a variaciones en el ingreso y W las correspondientes a los precios. En este caso, los resultados que obtuvo fueron elasticidad en el precio de la gasolina en el corto plazo de -0.11 y en el largo plazo -0.24 .

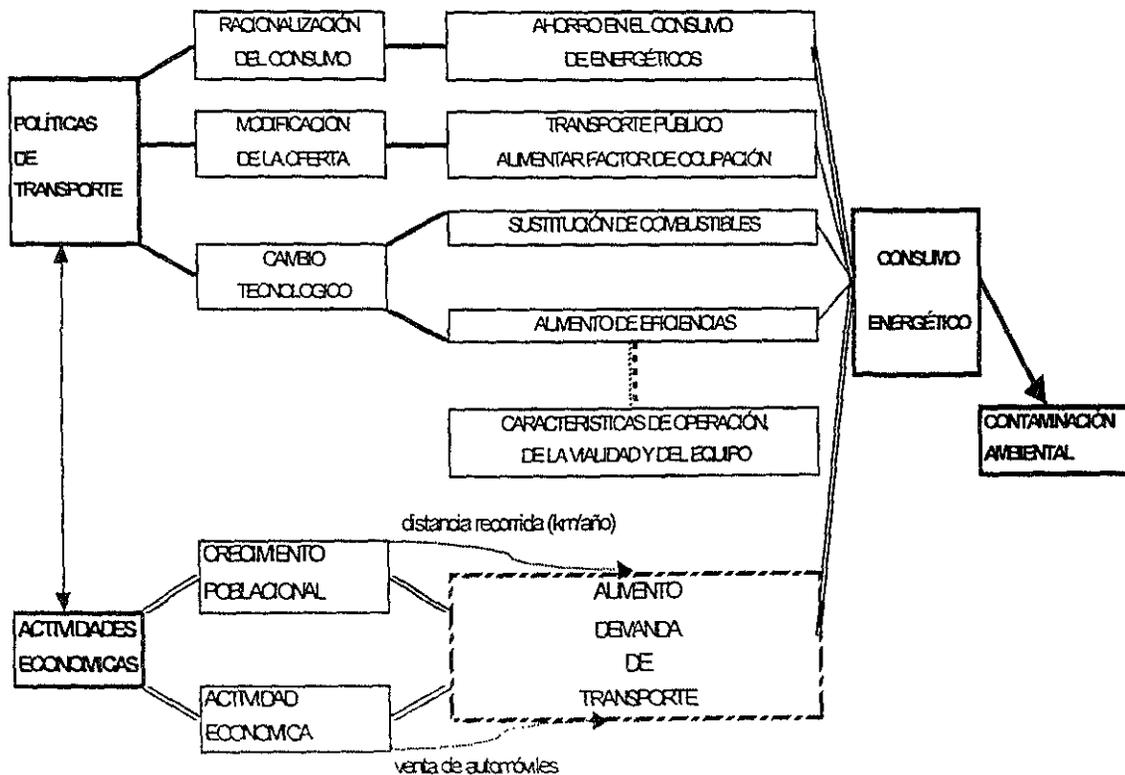
De los modelos mencionados anteriormente las variables que se presentan son el precio de la gasolina, el PIB, el PIB per cápita, el parque y las ventas. En este estudio se

pretende realizar un análisis más profundo sobre todo del lado de la demanda, es decir, para determinar la demanda de gasolina se emplearan entre otras variables como la distancia recorrida, la eficiencia energética, la calidad de los combustibles, las ventas de autos, etc., de hay que la hipótesis de estudio sea relacionar estas variables con la realidad del país. Este último punto es importante, el extrapolar modelos de otros países implica suponer que el comportamiento de las sociedades es el mismo, lo cual parte de una falacia ya que el comportamiento de ciertas variables implica cuestiones políticas, sociales y culturales.

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 las personas con la tecnología que provee los servicios necesarios o deseados. En el caso del transporte el esquema de estudio es el siguiente:

Figura 41. Esquema de demanda de energía



Debido a la gran complejidad que implica el manejo de estas variables y sus interrelaciones, se tendrá que trabajar a través de modelos matemáticos, ya que estos permiten sistematizar y automatizar estos procesos.

El principio general de estos modelos es el que la localización de las necesidades en el espacio determina la demanda por transporte; luego las relaciones demanda/oferta en transporte determinan las condiciones de accesibilidad entre zonas y éstas a su vez, afectan la localización de actividades; este proceso tiene tres actividades básicamente:

- i. Realizar un diagnóstico de la situación real, identificando el desempeño y los puntos críticos del sistema;
- ii. Realizar predicciones a futuro bajo diversos escenarios de crecimiento y estrategias de desarrollo en base a programas gubernamentales y de diversas políticas;
- iii. Evaluar comparativamente las estrategias para seleccionar la más adecuada.

C. Modelo

Con base al análisis anterior de cada variable, podemos describir tres grupos de demanda que son autos particulares, de transporte público y oficiales $[CE(g)]$; dos variables a nivel macro que es la población y el PIB, que a su vez involucra el precio de la gasolina y la elasticidad precio-consumo del año anterior $[A(g)]$ y tres sectores que afecta el consumo de forma directa como es la eficiencia, el tipo de gasolina, la distancia $[F(g)]$. Todo esto bajo el marco que se rige la economía mexicana, es decir, un ciclo sexenal de cambios $[S]$.

De acuerdo a la metodología descrita anteriormente tendremos una matriz de análisis de 7×7 :

$$CE(g) = \begin{bmatrix} A(g) \\ F(g) \end{bmatrix}$$

Aquí g es un vector de precio-consumo de 7 por 1, donde se analiza la relación existente entre los cambio del precio y la demanda de gasolinas. Por lo tanto la lista de variables que inciden en el consumo de gasolinas, de acuerdo al. capítulo anterior son las siguientes:

Lista de variables

i : tipo de vehículo (particular, oficial, taxi, etc.)

t : año en estudio

S : variable de cambio sexenal

PV: parque vehicular

D : distancia promedio anual

RVP : rendimiento vehicular promedio en un año

C : poder calorífico superior del combustible

g : tipo de combustible (nova, magna, premium)

pg : precio de la gasolina

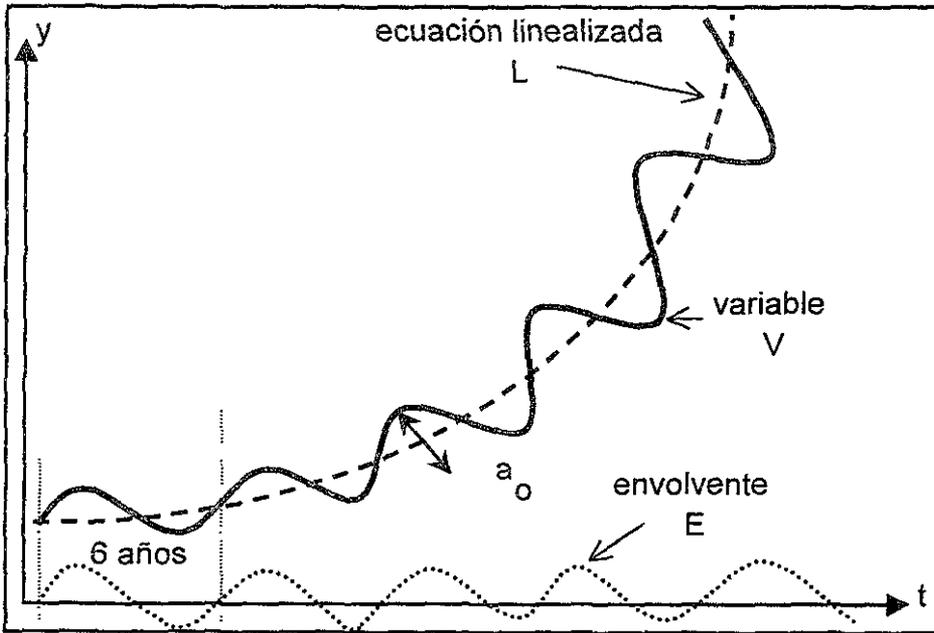
z : elasticidad precio-consumo año anterior

La función de demanda de gasolina de cada uno de estos grupos se deriva resolviendo un problema de maximización de una función tipo Cobb-Douglas sujeta a una restricción de tiempo (sexenio). Para obtener la función de cada grupo, de forma esquemática, las variables serán analizadas de la siguiente forma:

1. Seleccionar una variable denominada V (PIB, Ventas, etc.);
2. Graficar los datos de la variable;
3. Con la gráfica identificar cual sería el comportamiento de la variable V suponiendo que no existieran cambios drásticos en su comportamiento, es decir, se gráfica su comportamiento suponiendo que no existe ninguna variable exógena que motive un cambio, suavizar la línea con el método de mínimos cuadrados, a esta curva se le llamara ecuación linealizada (L) y representa el comportamiento de la variable sin recibir influencia de otras variables.
4. Las oscilaciones que presenta la variable se le llamara envolvente (E) y representa las oscilaciones del comportamiento de la variable debido a otros factores como variaciones económicas, cambios políticos, patrones culturales, etc.

- Con base en lo anterior se estudia que factores provocaron estas oscilaciones en las variables, es decir, se identificara que variable incide de forma directa o indirecta con nuestra variable en estudio V (figura 42).

Figura 42. Representación gráfica para el estudio de las variables

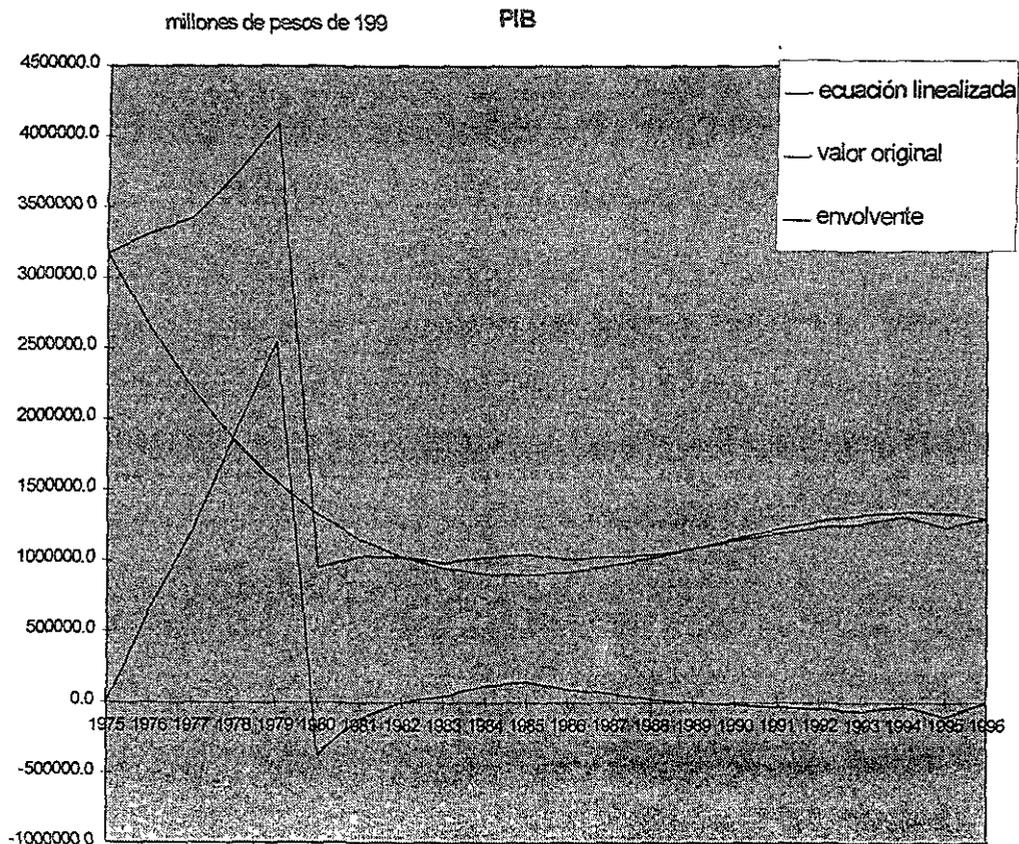


$$y = at^2 + a_0 \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{6}\right)$$

Primer análisis: ¿Cómo influye el PIB en el consumo de gasolinas automotrices?

El PIB no presenta variaciones importantes, al ser una variable macroeconómica su desarrollo no se encuentra en relación directa con alguna variable del transporte, lo importante es tener en cuenta que el PIB si tiene una relación con las otras variables que determinan el consumo de gasolinas, es por ello que resulta esencial involucrarlo con otras variables (figura 43 y tabla 14).

Figura 43. Producto Interno Bruto en México



Fuente: Balance Nacional de Energía, varios años.

Tabla 14. Datos para obtener la ecuación representativa del PIB

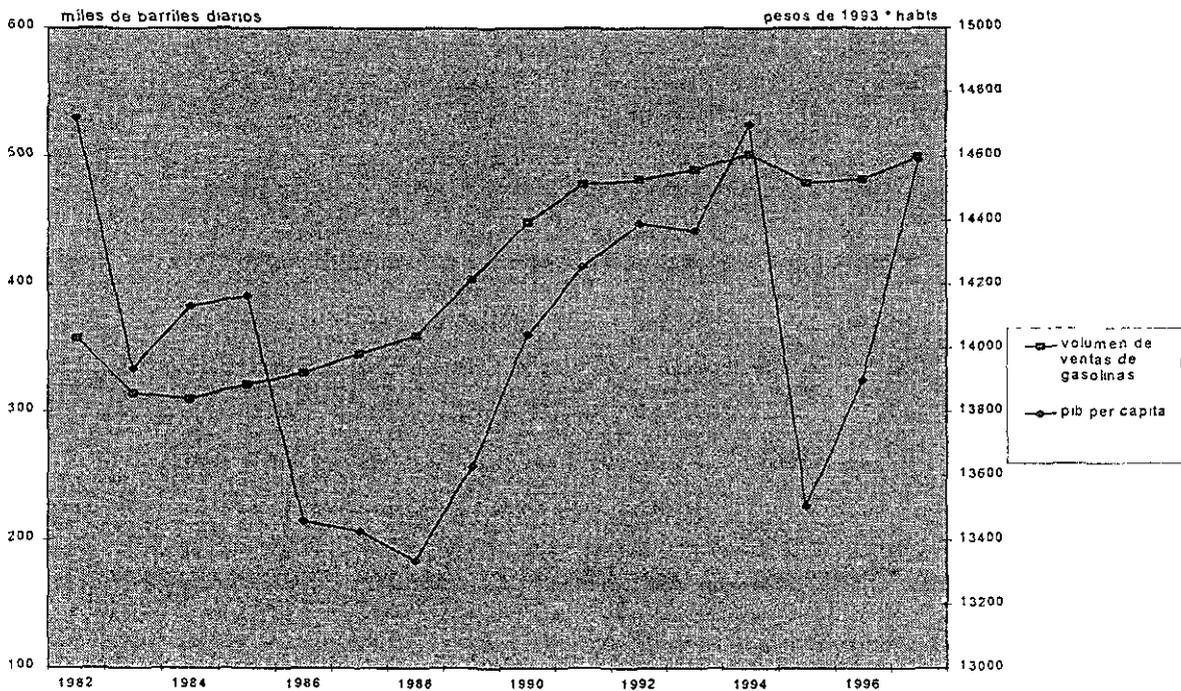
Año	ecuación linealizada	valor original	envolvente	
1975	3171404.0	3171404.0	0.0	
1976	2650802.8	3311499.0	660696.2	cambio
1977	2211477.0	3423780.0	1212309.0	sexenal
1978	1847384.6	3730446.0	1883061.4	
1979	1552519.9	4092231.0	2539711.1	
1980	1320853.0	947779.1	-373073.9	
1981	1146359.9	1028743.0	-117616.9	
1982	1023017.0	1023017.0	0.0	devaluación
1983	944800.3	987597.3	42797.0	
1984	905685.9	1021316.4	115630.5	
1985	899650.1	1043817.9	144167.8	
1986	920669.0	1011278.4	90609.4	crisis
1987	962718.7	1028846.3	66127.6	económica
1988	1019775.3	1042066.1	22290.8	
1989	1085815.1	1085815.1	0.0	Pactos
1990	1154814.1	1140847.5	-13966.6	
1991	1220748.6	1189017.0	-31731.6	
1992	1277594.7	1232162.3	-45432.4	
1993	1319328.4	1256196.0	-63132.4	
1994	1339926.0	1312200.4	-27725.6	devaluación
1995	1333363.7	1230925.0	-102438.7	
1996	1293617.5	1293617.5	0.0	
1997	1214663.6	1385162.0	170498.4	

Segundo análisis: ¿cómo afecta el precio de la gasolina en el consumo energético?

Dentro de las políticas establecidas durante las crisis energéticas de 1973 y 1981, hubo una que consistía en aplicar un impuesto más alto al precio de las gasolinas para desalentar su consumo [De Buen, 1987]. Esta medida partía de la hipótesis de que el consumo de gasolinas tiene una relación directa con el precio del combustible, y este también será el punto de partida a estudiar en este apartado.

Realizando un análisis de lo que paso en el país y el consumo de gasolinas, se tiene: En México se experimentaba una abundancia de recursos entre 1975 y 1980, es por ello que dentro de los planes nacionales no existían políticas o acciones que tuvieran como objetivo una ahorro sustancial de energía. Después de experimentar una continua expansión, las gasolinas automotrices disminuyeron sus ventas en 1983, debido a la crisis financiera y económica de 1981-1982. Como resultado de lo anterior y del programa de ajuste subsecuente, entre 1983 a 1986 el PIB registra una tasa de crecimiento media anual negativa del 0.23% y la producción manufacturera permanece estancada; las ventas de vehículos se desploman 47% entre 1982 y 1987, en términos generales, los precios de los combustibles se ajustaron a un ritmo menor a la inflación. El resultado fue un crecimiento anual del consumo de combustibles automotrices de 0.7% en el periodo de 1984 a 1986.

Figura 44. Volumen de venta de gasolinas y PIB per capita



Fuente: Anuario Estadístico Pemex, 1988, 1998. SE, 1997

De 1987 a 1991 las ventas de gasolinas crecen un 7.6% registrando una de las fases de mayor crecimiento. Durante este periodo, el crecimiento del PIB y de la actividad industrial tienden a acelerarse, mientras que los precios de los combustibles caen durante este periodo, aunque a diferentes tasas (figura 43).

El precio de la gasolina sin plomo se ajusta al alza en 1990 lo que se traduce en una marcada preferencia de los consumidores por la gasolina con plomo. Con excepción de la gasolina Nova, en este periodo los precios de los combustibles no parecen ser un elemento que desestime la demanda en forma sensible, a pesar de que crecen en términos reales. Aun así, sus niveles en 1993 tienden a ser inferiores a los prevalecientes antes de que se suscribiera el primer pacto.

En 1994 las ventas de gasolinas automotrices crecieron 2.5% con respecto al año anterior, alcanzando por primera vez en el país un promedio de 502 mbd (figura 44). En el Valle de México las ventas aumentaron 4.3% y representaron 23% del total; en la frontera

norte su incremento fue de 4.2%, mientras que en la Zona Metropolitana de Monterrey mantuvieron el mismo nivel del año anterior. La tendencia hacia un mayor consumo de gasolina Pemex Magna fue el resultado de una política de precios vigentes que fue reduciendo la diferencia de precios entre esta gasolina y la Nova, y también por la incorporación obligada de convertidores catalíticos en vehículos nuevos.

Figura 44. Venta de gasolinas en el país



Fuente: Anuario Pemex, varios años

La contracción de la actividad económica observada en 1995, los aumentos de precios y diversos cambios estructurales y tecnológicos, afectaron la demanda de combustibles en general. Las ventas de automóviles y camiones se vieron severamente afectadas por la recesión, con decrecimientos del orden del 72 y 84% respectivamente.

Así mismo, durante 1995, el flujo vehicular en autopistas concesionadas disminuyó un 45%. Estos indicadores se reflejaron en el consumo de gasolina y diesel. En 1995 se vendieron en el país 479 mbd de gasolinas automotrices, volumen similar al de 1991 y 34% menor que el año anterior. Las ventas de Nova decrecieron 18% en tanto que Pemex Magna aumentó un 12%.

Durante los primeros meses de 1995 el gobierno tenía un mecanismo para establecer los precios de los combustibles, este se modificó a partir de marzo, donde se establecía que estos se encontrarían ligados al mercado internacional, con un tipo de cambio máximo de 6 pesos por dólar [www.cafe]. En este mes, los precios de los combustibles automotrices registraron un aumento del 35% en todo el país, en abril, se inicia un deslizamiento a una tasa mensual del 0.797%. Los precios reales de la gasolina y el diesel aumentaron entre un 7 y 8% respectivamente.

La recuperación económica de 1996 se vio reflejada al aumentar el volumen de ventas en un 3.1% con respecto al año anterior. En 1997, el consumo de gasolinas creció un 3.7% y alcanzó un nivel cercano al de 1994, se comercializaron 500 mbd de gasolinas con una participación promedio de 83.8% de gasolinas sin plomo.

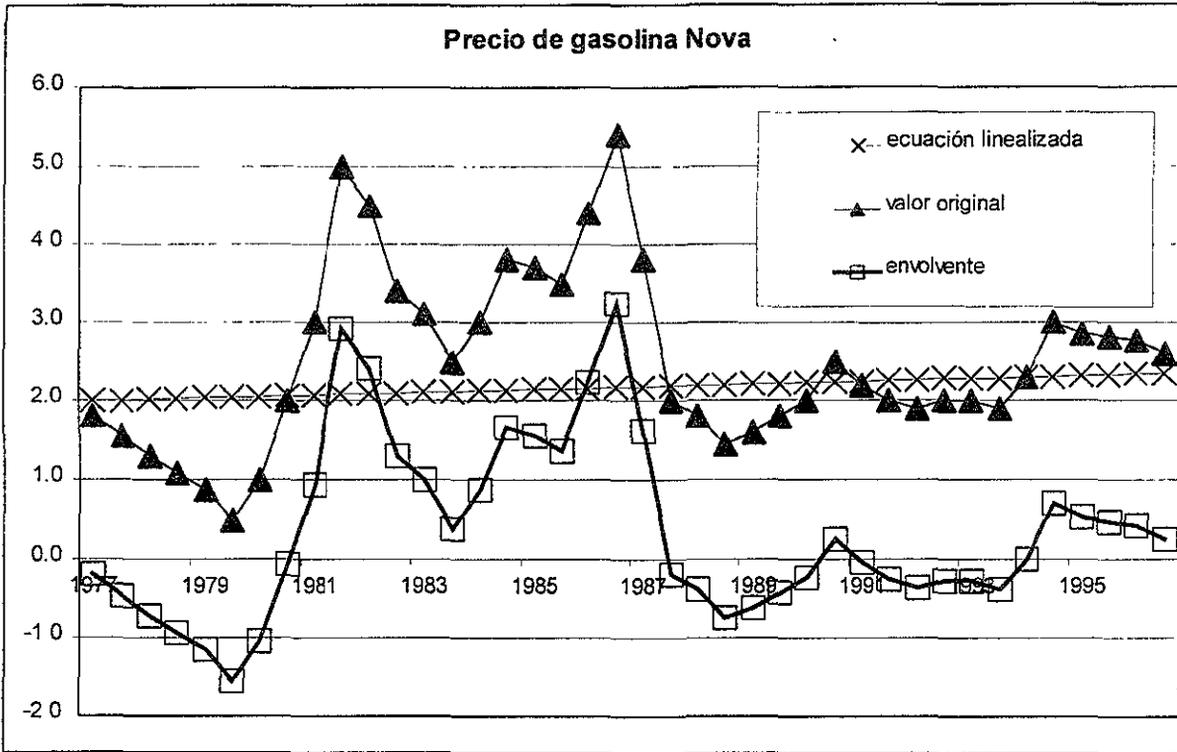
Ahora analizando el precio de la gasolina como medida única para cambiar el patrón de consumo de energéticos del país (tabla 15), se obtiene:

Tabla 15. Precio al público de diferentes gasolinas

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nova	0.493	0.525	0.710	1.100	1.120	1.230	1.290	2.160	2.800	3.310	---
Extra/Pemex Magnab	0.573	0.618	1.000	1.250	1.220	1.310	1.350	2.240	2.880	3.390	4.250
Pemex Premium	---	---	---	---	---	---	---	---	3.180	3.630	4.680

Fuente: Anuario Estadístico de Pemex, 1998

Figura 45. Variación del precio de la gasolina Nova



De acuerdo a la ecuación la memoria de calculo es la siguiente:

Calculo de la Elasticidad precio - consumo [pg]
 $(0.5739p_5 + 0.3123p_6 + 0.1048p_7 = 1)$

	Normalización	Incremento en el precio	Reducción de consumo	
			en el corto plazo	en el largo plazo
1	0.9180	0.9823	0.9823	0.9313
2	1.0235	0.9711	0.9763	0.9820
3	0.9607	0.9592	0.9600	0.9275
4	1.0170	0.9748	0.9761	0.9716
5	1.0684	0.9763	0.9781	0.9762
6	0.9597	0.9435	0.9640	0.9568
7	1.0791	0.9753	0.9795	0.9845

Fuente: Anuario Estadístico de Pemex, 1998

$$PIB^h = (p_5 w_5^h + p_6 w_6^h + p_7 w_7^h)(I - i^h)$$

Aquí, p_5 , p_6 y p_7 son precios de la gasolina y w_5^h , w_6^h y w_7^h son valores de PIB en años claves, e^h es el cambio de ingresos con respecto al año anterior; h representa el ingreso usado para comprar gasolina de acuerdo al conjunto de bienes del consumidor.

Los resultados obtenidos muestran que de acuerdo a líneas de cálculo establecidas con anterioridad, mientras más próximo a uno no existe una relación biunívoca entre variables, pero es necesario analizar su efecto.

Tercer Análisis: la relación entre el PIB y la compra de vehículos; esta última variable presenta cambios significativos de acuerdo al desarrollo de la economía del país.

La evolución de las ventas domésticas de vehículos muestra un comportamiento similar al de la economía nacional, al combinar años de crecimiento con años de recesión. Entre 1986-1987 cuando el PIB creció tan sólo en un 2%, las ventas de vehículos disminuyeron en un 4.4%. De esta forma, entre 1992-1993, mientras el PIB creció tan sólo 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%. En 1995 las ventas de automóviles caen en casi un 70% y el PIB registro un descenso de 6.19% con respecto al año anterior.

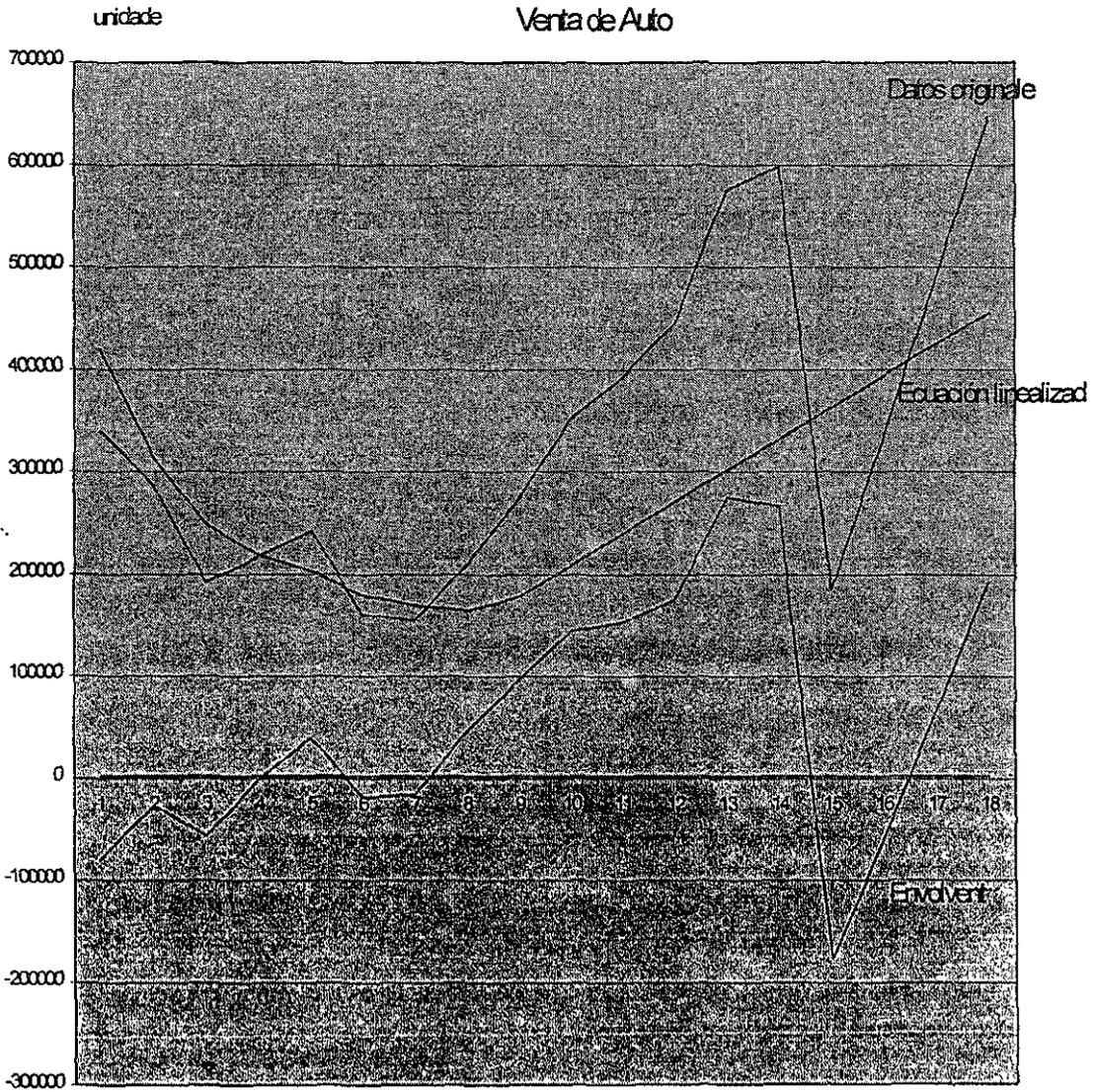
El efecto del estancamiento económico no sólo se advierte en los altibajos de las ventas de vehículos, sino también en la inclinación de los usuarios por adquirir automóviles de menor precio y menor costo de operación. La comercialización de automóviles de lujo y deportivos registró su punto más alto en 1987 y 1998 cuando representaron cerca del 9.7% de las ventas totales. Por su parte los automóviles compactos registraron su máximo en 1989 y 1995, con un 38%. El año de mayor venta de automóviles populares fue en 1990, cuando representaron el 60% de las ventas. Los importados comienzan a comercializarse en México a partir de 1990, manteniendo una participación de entre 1 y 1.5% durante 1990-1998 (tabla 16 y figura 45).

Tabla 16. Datos de ventas de autos nuevos en el país

Año	ecuación linealizada	valor original	envolvente	
1975	237100.0	237100.0	0.0	
1976	1784763.3	212000.0	-1572763.3	cambio
1977	1380848.8	187000.0	-1193848.8	sexenal
1978	1048494.5	242000.0	-806494.5	
1979	781657.4	280000.0	-501657.4	
1980	574294.6	303000.0	-271294.6	
1981	420363.0	340363.0	-80000.0	
1982	313819.7	286761.0	-27058.7	devaluación
1983	248621.7	192052.0	-56569.7	
1984	218726.1	217650.0	-1076.1	
1985	203000.0	242187.0	39187.0	
1986	180000.0	160670.0	-19330.0	crisis
1987	170000.0	154152.0	-15848.0	económica
1988	165000.0	210066.0	45066.0	
1989	178000.0	274505.0	96505.0	Pactos
1990	208777.8	352608.0	143830.2	
1991	239555.6	392110.0	152554.4	
1992	270333.3	445289.0	174955.7	
1993	301111.1	576025.0	274913.9	
1994	331888.9	598089.0	266200.1	devaluación
1995	362666.7	184937.0	-177729.7	
1996	393444.4	333920.0	-59524.4	
1997	424222.2	488441.0	64218.8	
1998	455000.0	646988.0	191988.0	

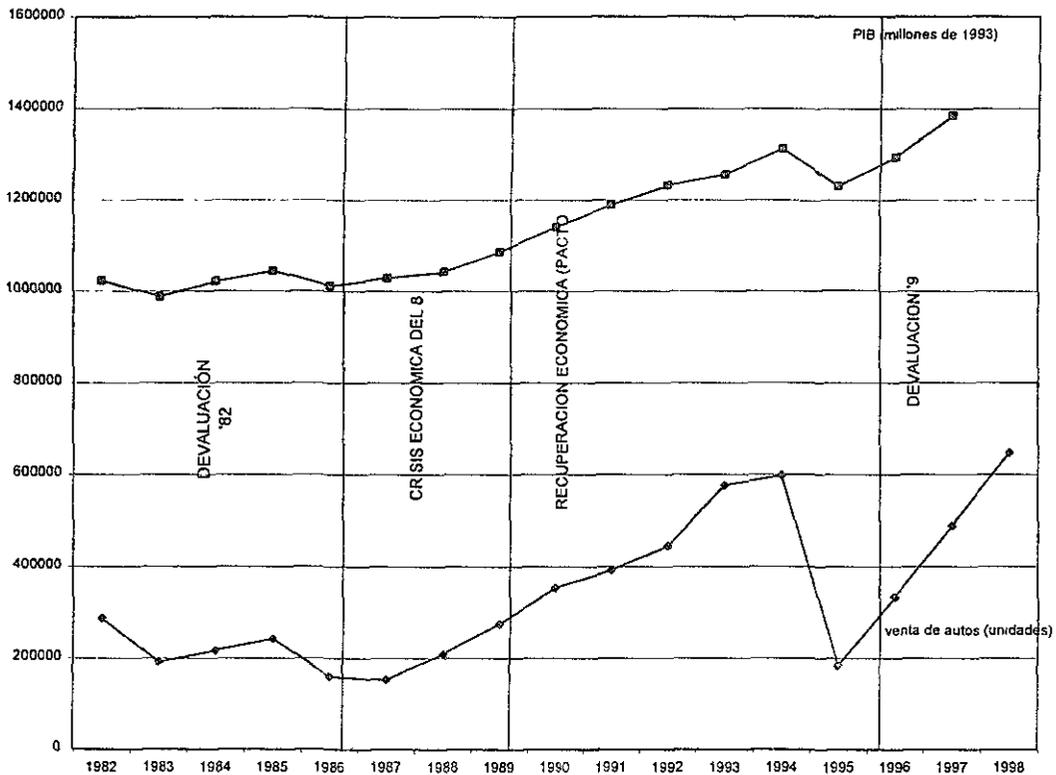
Fuente: AMIA, INEGI

Figura 45. Gráfica del comportamiento de la venta de autos nuevos en México



Fuente: AMIA, INEGI, datos del propio estudio

Figura 46. Ventas internas de automóviles vs. Crecimiento económico



Fuente: INEGI, varios años

Analizando la envolvente de la variable tenemos que el aumento de ventas en los diferentes años se debe, además del crecimiento económico que registro el país y de la recuperación del poder adquisitivo de algunos sectores de la población, a factores como:

- a) El saneamiento de las finanzas públicas, que resultó en una mayor disponibilidad de créditos para el sector privado
- b) El programa "Hoy No Circula" permanente. El mayor incremento de ventas se registra en el periodo 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 nuevos vendidos durante este período correspondió al Distrito Federal y al Estado de México [INEGI, 1996].

c) Algunas de las acciones gubernamentales para modernizar y hacer menos contaminantes el transporte público (por ejemplo, en el Distrito Federal la renovación del parque vehicular de los taxis) (figura 46).

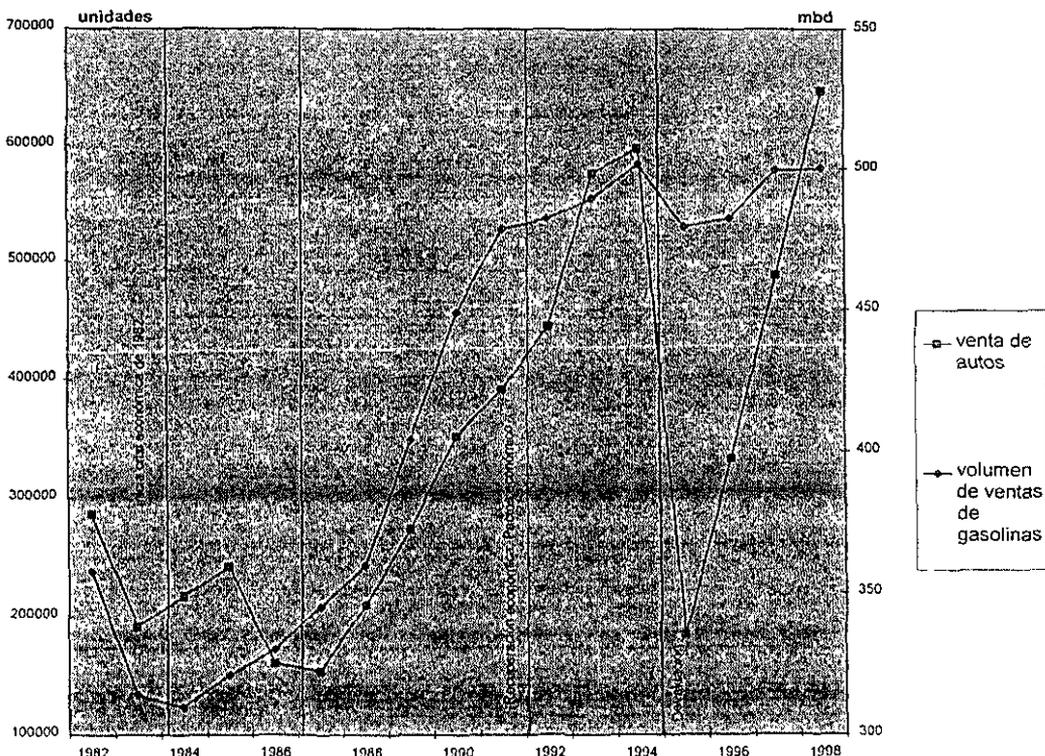
De lo anterior se observa que existe una restricción estructural entre la demanda de automóviles y el crecimiento económico, que se definirá como:

$$\sum_{t=1}^N Autos..nuevos_t PIB_t \dots \geq \dots L \dots t = 1, \dots, T$$

Cuarto análisis: Relación entre venta de automóviles y consumo de gasolinas

Si observamos la gráfica 47, encontramos una relación entre la venta de autos nuevos y el consumo energético del país, pero es necesario recordar que las ventas internas de unidades nuevas es de aproximadamente el 4% del parque total.

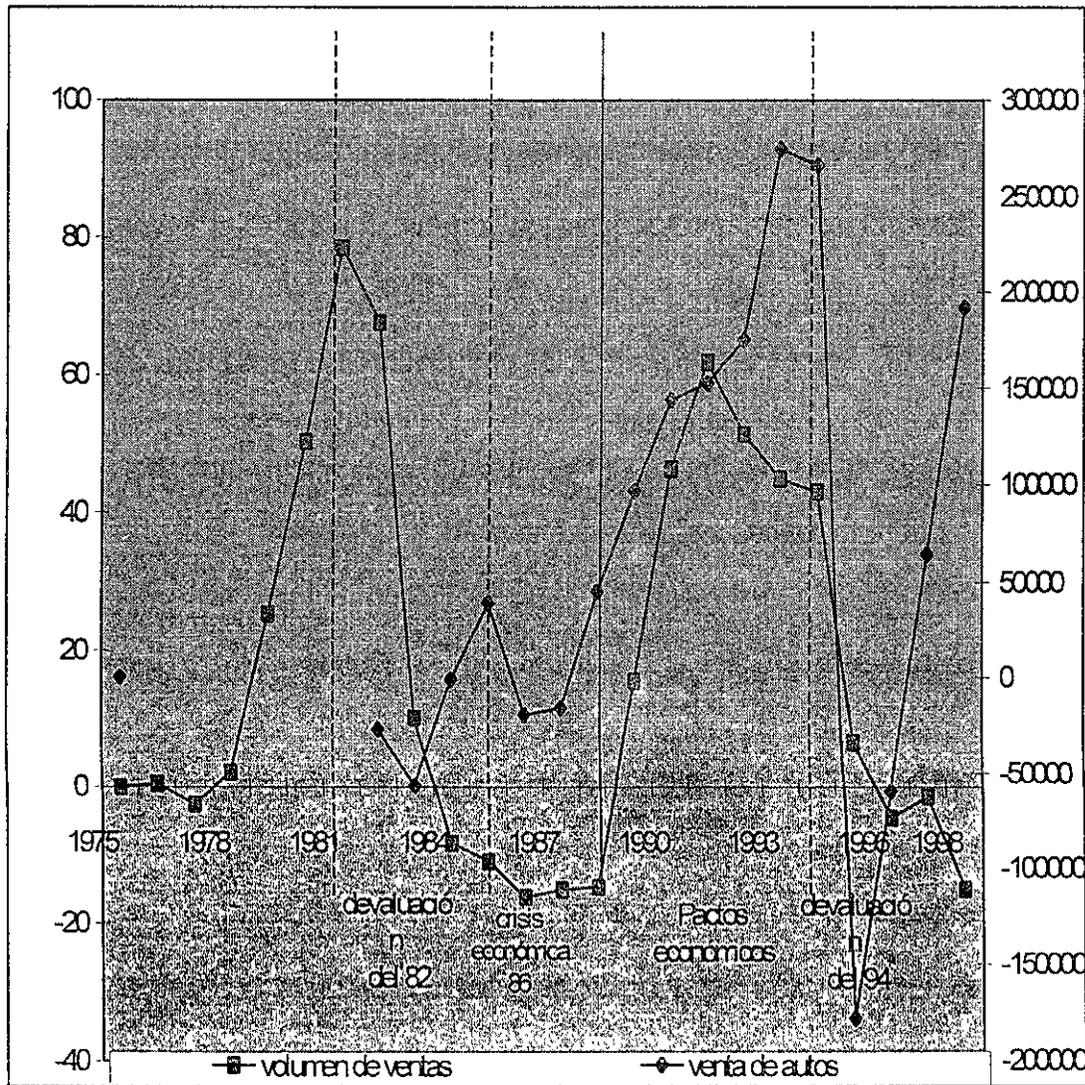
Figura 47. Venta de gasolinas y venta de automóviles (1982-1998)



Fuente: Anuario Estadístico de Pemex, 1998. INEGI, 1998. AMIA, 1998

Analizando sólo las envolventes de estas dos variables, se tiene:

Figura 48. Relación entre el aumento del parque y las ventas de gasolinas



Fuente: AMIA, Pemex

Por lo tanto, una primera aproximación del análisis permite definir que el consumo de gasolina dependiera: del precio del combustible, de la eficiencia del vehículo, del número de autos y la distancia que este recorra, teniendo la siguiente ecuación:

$$CE = \frac{A}{(\text{precio})^z} \left[\frac{\text{No.}d..autos..part * \text{distan}c..autos.par * \text{eficiencia}..autos..part + \text{No.}autos.transp..pub.* \text{distan}.transp.pub * \text{eficiencia}.transp.pub + \dots}{\dots} \right]$$

En México se tienen diferentes tipos de gasolina, por lo tanto se tiene:

$$CE = \left[\frac{A_0}{\text{precio.nova}} (Nap * dap * \text{efi.ap}) \right] + \left[\frac{A_1}{\text{precio.magna}} (Nap * dap * \text{efi.ap}) \right] + \dots + \left[\frac{A_2}{\text{precio.nova}} (Natp * datp * \text{efi.atp}) \right] + \left[\frac{A_3}{\text{precio.magna}} (Natp * datp * \text{efi.atp}) \right] + \dots$$

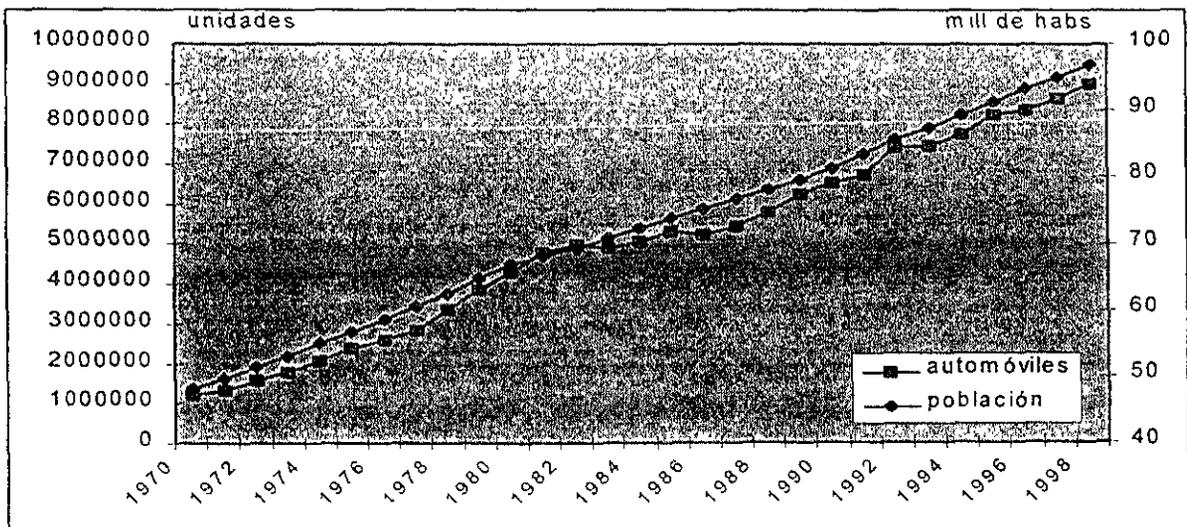
si se considera que la distancia es la misma independientemente del tipo de gasolina que se consume y el número de autos tampoco se afecta por el tipo de combustible, se tiene:

$$CE = dapNap \left[\frac{A_0}{\text{precio.nova}} \text{eficiencia} + \frac{A_1}{\text{precio.magna}} \text{eficiencia} \right] + datpNatp\dots$$

teniendo A₀, A₁, ... como variables macro (PIB, población, etc.).

Para calcular como afecta la población, se repite la misma operación. El crecimiento poblacional, tiene una relación directa con la urbanización del país y el aumento del parque en circulación (figura 49), se tendrá una relación directa entre estas variables, pero alguna variable que afecte en si al aumento de la población no se logro determinar.

Figura 49. Crecimiento poblacional y aumento del parque automotor (1970-1998)

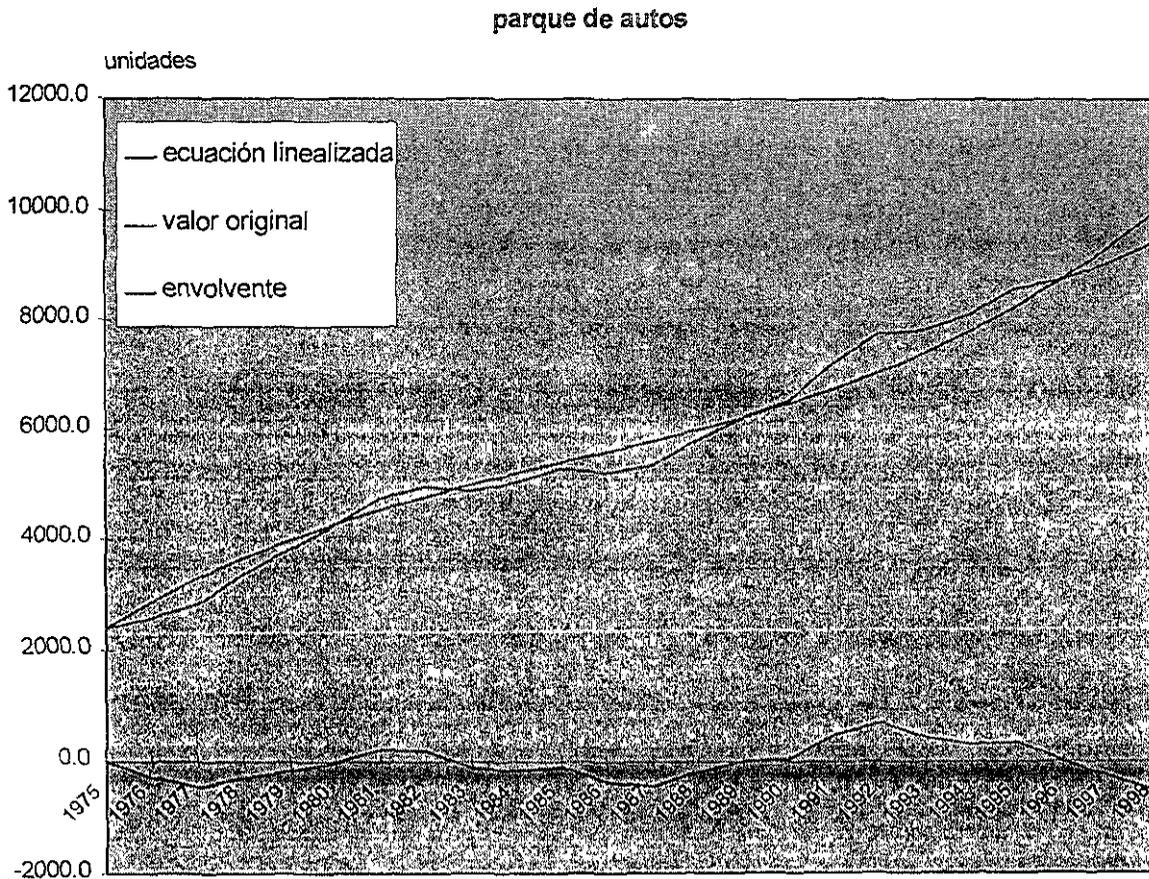


Fuente: INEGI y datos del propio estudio

Sin embargo otros factores intervienen en la adquisición de un vehículo, de tal forma, que el incremento de autos depende de otros factores vinculados mas bien con el ingreso, el precio de los vehículos, políticas de crédito y la oferta de transporte público.

El análisis anterior permite explicar él porque el crecimiento del parque vehicular no se comporta de forma lineal como sería en la representación de la ecuación lineal, las oscilaciones se deben a cambios dentro del país que pueden ser económicos, políticos y culturales (figura 50). Por ello resulta importante hacer un estudio año con año de la situación del país y de la influencia de cada variable.

Figura 50. Ecuación linealizada y cambios de tendencia del parque automotor



Fuente: INEGI y datos del propio estudio

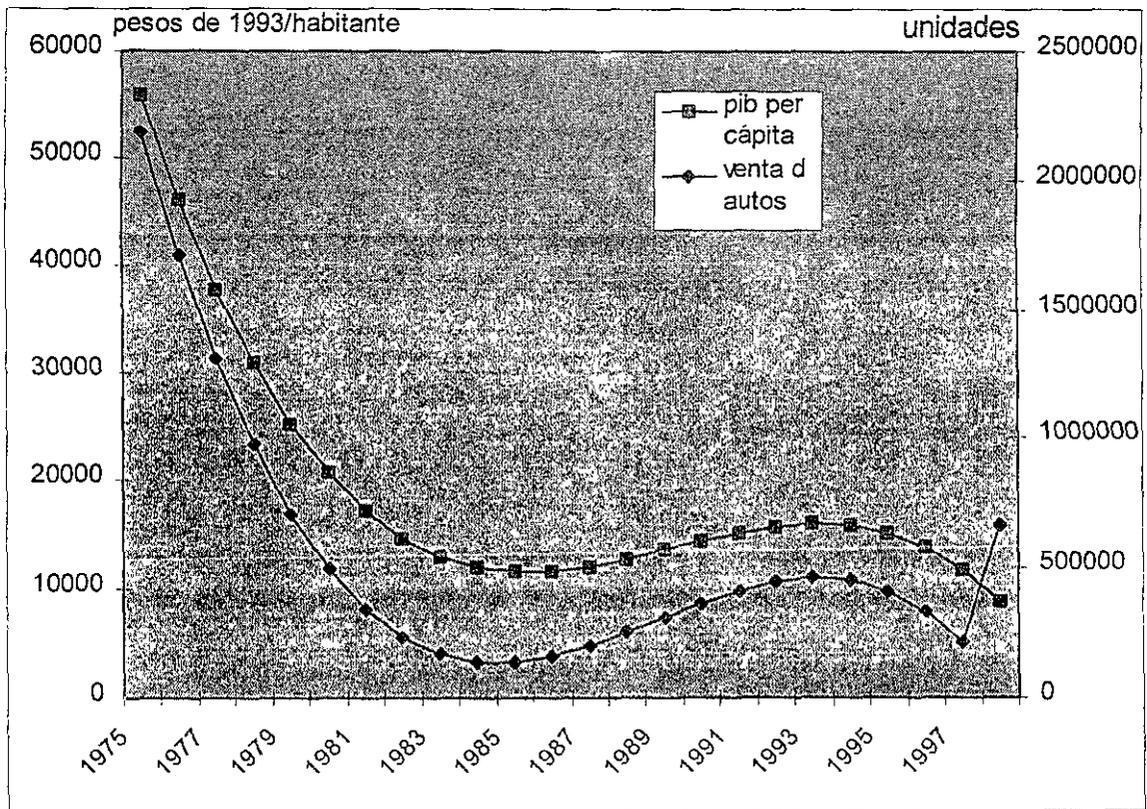
Quedando el parque en circulación (P) como función del crecimiento poblacional (Pb), las ventas (V), de políticas (Pol₁) que tengan alguna influencia en el parque en circulación y el PIB quién marca una de las pautas tanto para la adquisición de vehículos nuevos como para la venta de autos usados.

$$P = P(Pb, V, Pol_1, PIB)$$

$$V = V(PIB, Pol_2)$$

Al realizar un análisis para determinar que tanto influye una variable con respecto a otra, esto se puede observar de forma gráfica 51 al estudiar sólo la tendencia eliminando los cambios que surgen por factores externos.

Figura 51: Variaciones entre dos variables



Fuente: Datos del propio estudio

Con respecto a lo anterior, la hipótesis es que la distancia media anual (d) que recorre un automóvil dependerá de la eficiencia del vehículo (η), del precio de la gasolina (pg), del uso que tenga el vehículo (u) y de políticas de urbanización (Pol_3).

$$D = D(\eta, pg, u, Pol_3)$$

Donde la eficiencia dependerá a su vez del mantenimiento (mat), el rendimiento del vehículo (RVP) y del tipo de combustible que empleé (C).

$$\eta = \eta(mat, RVP, C)$$

De igual forma el rendimiento del vehículo (RVP) dependerá de la marca (m) – ver anexo para calculo de eficiencias.

$$RVP = f(\text{marca, cilindraje, mantenimiento, uso})$$

El consumo de gasolina (pg) dependerá del ingreso destinado para el consumo de gasolinas (PIB_c) y de políticas que involucre el consumo de petrolíferos como por ejemplo políticas de ahorro y conservación energética (Pol_4).

$$pg = pg(PIB_c, Pol_4)$$

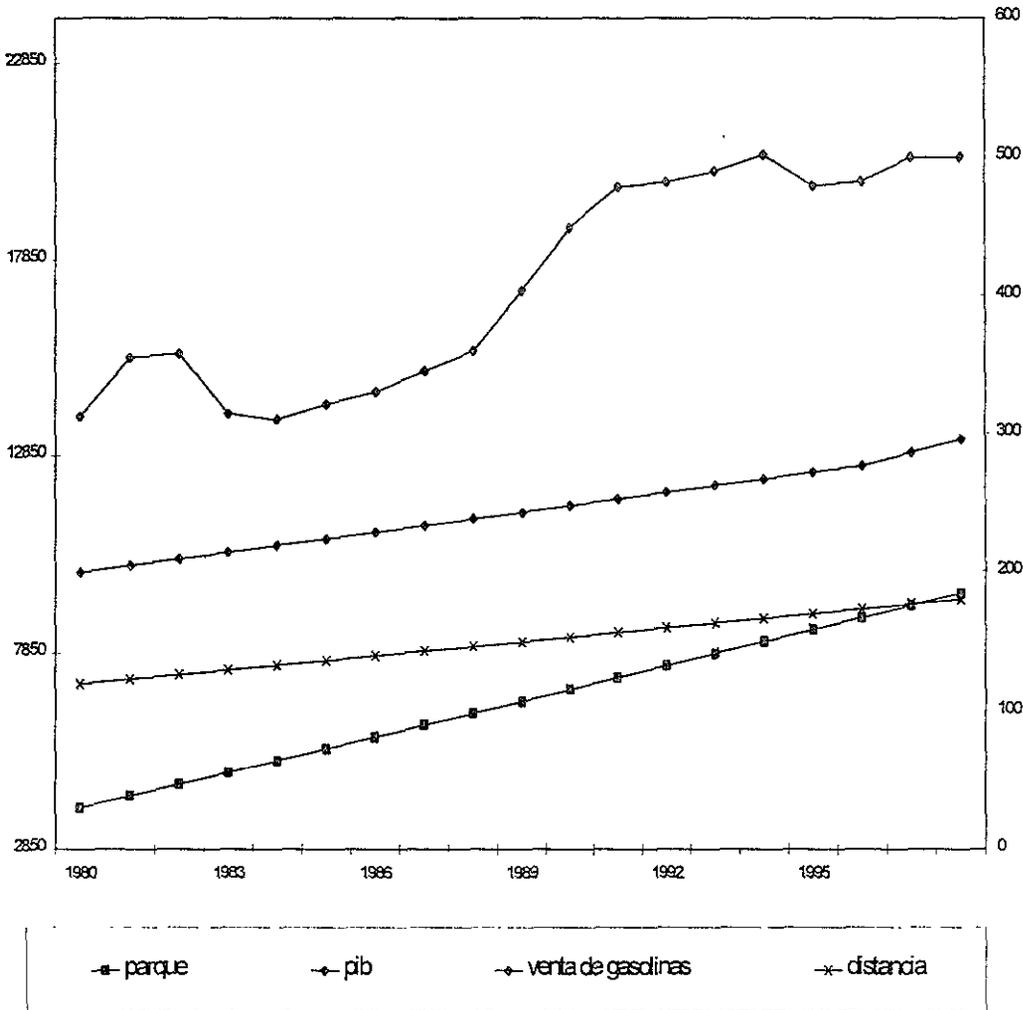
De lo expuesto anteriormente y analizando todo en conjunto, el consumo de gasolinas tienen como primera aproximación una función de variables que depende entre ellas de la siguiente forma que depende del número de vehículos, del ingreso nacional y de la distancia que se recorra (todas estas variables se encuentran normalizadas).

$$CE_{it} = a_0 PV + a_1 PIB + a_2 D + a_3$$

Entonces para el calculo del consumo de gasolinas histórico tenemos los datos que se obtuvieron de diversas fuentes, para los datos que se requerian y no existia fuente oficial, se obtuvo en base a análisis expuesto anteriormente.

De forma gráfica se obtiene:

Figura 52. Representación gráfica de diferentes variables



Pero esta ecuación, representa de forma general a los autos particulares sin desagregar por uso, no toma en cuenta la edad del vehículo, ni la eficiencia, por ello se busca una relación que involucre estas variables.

$$\begin{aligned}
 CE_t = & \text{Número.de.autos.particulares} * [\text{distancia}] * [\text{eficiencia}] + \\
 & \dots + (\text{Num.autos.de.transporte.público} * [\text{distancia}] * [\text{eficiencia}]) + \\
 & \dots + (\text{Num.autos.oficiales} * [\text{distancia}] * \text{eficiencia})
 \end{aligned}$$

En esta ecuación se considera que la suma de los vehículos en cierto tiempo, se obtendrá el consumo total, pero nuevamente no se consideran ciertas variables a nivel macro y micro que afecta a estas de forma directa e indirecta

Sintetizando la ecuación final es la siguiente:

$$CE_{it} = \frac{S}{(pg)^z} [PV * D * (1/RVP) * C_g] + a_0$$

Desagregación de Información

Parque Automotriz Nacional

El parque automotriz nacional se encuentra integrado por tres tipos de vehículos: los de uso particular, los que prestan un servicio de transporte como taxis y por último vehículos

Parque Nacional

	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Automoviles	4256545	5282209	5202922	5336228	5806984	6219104	6839337
Oficiales	15154	21905	23528	23786	23513	27399	32132
De alquiler	117112	157870	178686	194746	214349	249257	283509
Particulares	4124279	5102434	5000708	5117696	5569122	5942448	6523696

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Automoviles	7219887	7749641	8175423	8433709	8587354	8741000	9032315
Oficiales	34637	35515	34364	34940	33595	34200	34815
De alquiler	291428	302864	308600	318350	329510	346500	358100
Particulares	6893822	7411262	7832459	8080419	8207150	8360300	8639400

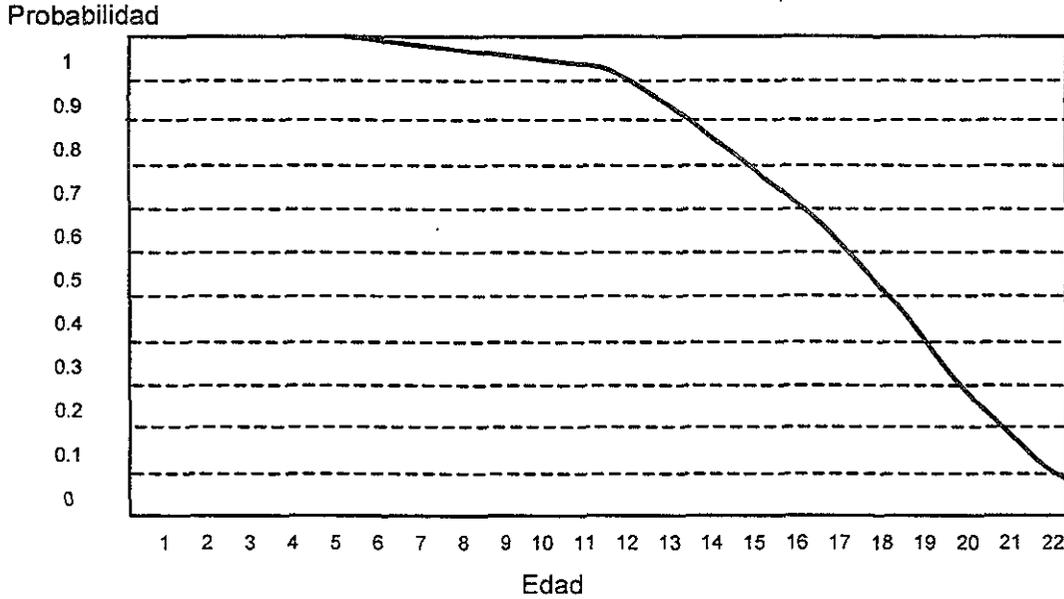
Datos preliminares

oficiales que lo integran las patrullas, vehículo diplomáticos, vehículos pertenecientes a diferentes oficinas oficiales, etc.

Edad y eficiencia.

Para determinar la composición de la flota vehicular por edades se utilizó un procedimiento descrito en otro trabajo de investigación del Instituto de Ingeniería (Robles, 1997), de acuerdo con el cual, un vehículo tiene cierta probabilidad de permanecer en la flota según su edad. A mayor edad menor probabilidad de permanencia. Esta curva de probabilidad se muestra en la figura 53.

Figura 53. Probabilidad de permanencia de autos en la flota vehicular



Fuente: Robles, 1997.

Con los datos de la edad del parque en circulación de AMIA para 1994 (figura 54) y la tabla de probabilidades, se obtiene la edad del parque en circulación, teniendo en consideración los vehículos nuevos que se añaden al parque y la tasa de vehículos accidentados proporcionada por las aseguradoras.

Edad del Parque para un año base:

En las tablas siguientes se observa la marca del vehículo, en la año en que se compro para determinar su edad y de acuerdo con datos de INEGI, se determina su uso, eficiencia y consumo.

EMPRESA MARCA Y MODELO	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

CILINDRADA

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
1 AUTOMOVILES	33235	52997	28354	49090	45775	56588	73951	51511	47227	16426	21200	36865	46599	46586
6 VALIANT SEDAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 VALIANT DUSTER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 DODGE CORONET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 DODGE CHARGER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 DODGE DART	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 DODGE DART	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 VOLARE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 VOLARE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 VOLARE K	12582	14014	10589	291	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 DART K	14541	17081	12526	6091	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 SHADOW	0	0	0	30862	20610	22481	28655	21581	9221	0	0	0	0	0
4 SPIRIT (TODAS SUS VERSIONES)	0	0	0	7083	20817	27597	36266	25386	16524	211	0	0	0	0
4 NEON	0	0	0	0	0	0	0	0	14472	6365	4684	8908	21201	24356
4 LE BARON K	2714	475	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 CIRRUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500	2537	3887	3414	2780
4 STRATUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5846	10407	23520	18254	17490
4 BREEZE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	552	1108	0	0	0
8 VALIANT SUPER BEE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 VALIANT BARRACUDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 MAGNUM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 MAGNUM K	1652	522	628	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 PHANTOM	230	19682	2740	2273	1758	2213	3095	1530	673	0	0	0	0	0
6 INTREPID	0	0	0	0	0	0	0	0	3062	1141	975	212	2529	898
6 CHRYSLER RT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	259	54	53	0
4 SEBRING	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 VIPER	0	0	0	0	0	0	3	21	17	0	0	0	1	1
8 DODGE MONACO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 PLYMOUTH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 LE BARON	0	0	0	0	0	1662	3505	0	0	0	0	0	0	0
8 CORDOBA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 IMPERIAL	0	0	0	0	67	30	0	0	0	0	0	0	0	0
4 NEW YORKER	1515	1223	1871	2490	2523	2604	2396	1253	204	0	0	0	0	0
6 CONCORD	0	0	0	0	0	0	32	1581	2231	455	405	111	0	0
4 NEW YORKER LH	0	0	0	0	0	0	0	160	823	356	824	174	0	0
6 CHRYSLER 300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1147	1063

		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
BOMB MOTOS DE MEXICO															
cilindros	1. AUTOMOVILES	18690	18489	26778	40887	45770	49920	61155	47806	46294	18875	31461	37968	42013	44768
8	FALCON/ MAVERICK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	FAIRMONT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	FAIRMONT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	TOPAZ	11275	8379	16017	28825	27676	21972	26234	22787	6920	0	0	0	0	0
4	ESCORT IMPORTADO	0	0	0	0	0	0	0	0	13195	4459	9338	11996	11768	6984
4	ESCORT NACIONAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1413	2202	4575	3771	2918
4	ESCORT WAGON NACIONAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3236	0
4	ESCORT WAGON IMPORTADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	823	1218	0	0
4	FOCUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8907
6	GHIA	0	0	0	0	3098	12304	13101	10193	5831	0	0	0	0	0
6	MYSTIQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	3732	5639	5018	4535	3117	3200
4	CONTOUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1213	6433	9577	7029	6911
8	MUSTANG NACIONAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	THUNDERBIRD NACIONAL A	0	0	0	0	0	1082	1010	3455	1002	0	0	0	0	0
6	THUNDERBIRD NACIONAL B	1899	1734	2713	3264	4894	2418	2347	0	0	0	0	0	0	0
8	THUNDERBIRD IMPORTADO	0	0	0	0	0	0	0	0	792	97	72	0	0	0
8	MUSTANG IMPORTADO	0	0	0	0	0	0	0	0	4948	1247	1481	894	584	822
8	GALAXIE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	COUGAR NACIONAL A	0	0	0	0	0	1881	1259	4209	1137	0	0	0	0	0
6	COUGAR NACIONAL B	3515	3375	2592	1254	5850	4386	3052	0	0	0	0	0	0	0
6	SABLE	0	0	0	0	0	0	0	0	952	851	1502	1118	776	1336
6	COUGAR IMPORTADO	0	0	0	0	0	0	0	0	1063	404	1	0	0	0
6	LTD/ GRAND MARQUIS NACIONAL	0	0	0	0	0	2483	13876	6810	6162	1679	0	0	0	0
8	TAURUS	0	0	5455	7543	3413	2568	0	0	0	0	0	0	0	0
8	LTD/ GRAND MARQUIS IMPORTADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1633	4091	3322	4544	4078
6	CROWN VICTORIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	394	161
8	LINCOLN TOWN CAR	0	0	0	0	839	825	276	352	248	104	244	197	395	342
8	MARK VIII	0	0	0	0	0	0	0	0	313	135	11	0	0	0
6	CONTINENTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	244	531	229	652
4	FIESTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6171	8459

		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
GENERAL MOTORS DE MEXICO															
	1.AUTOMOVILES	10073	23208	12147	17534	26162	36155	43317	44288	55628	16521	43265	73713	98763	110630
6	CHEVROLET CHEVELLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	CHEVROLET CHEVY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	CITATION	1630	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	OPEL ASTRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	CELEBRITY	4763	16932	3033	4107	211	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	CAVALIER	0	0	0	0	9444	13078	18445	22768	20868	8715	9217	12146	12361	10339
4	SUNFIRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1397	4450	6083	6469
4	CHEVY STATION WAGON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	872
6	CUTLASS	993	3223	4231	4728	5236	9205	10680	8057	6370	2367	4008	32	0	0
6	MALIBU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6589	5709	6402
6	GRAND PRIX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700	2774	1522	1110
4	TIGRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	343
4	GRAND AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3504
4	CAVALIER Z-24	0	0	0	0	1530	2420	3522	4265	2074	584	466	0	0	0
6	EUROSPORT	559	1815	3357	5611	5595	5879	5494	4799	3235	1050	432	0	0	0
6	FIREBIRD TRANSAM	0	0	0	0	0	0	0	231	1836	171	314	278	196	114
6	CAMARO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	621	1451	786	463	214
8	CORVETTE	0	0	0	0	260	897	153	48	196	3	10	119	204	77
8	CHEVROLET IMPALA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	CAPRICE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	MONTECARLO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	CENTURY	2128	1237	1524	3088	3231	3456	4105	3745	2947	800	709	8	0	0
4	OLDSMOBILE 88	0	0	0	0	0	623	758	5	263	71	2	0	0	0
6	REGAL	0	0	0	0	0	0	0	0	596	395	973	0	0	0
6	BONNEVILLE SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	878	140	953	836	321	11
6	IMPALA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1430
8	CADILLAC	0	0	0	0	655	596	158	318	1064	351	1135	1159	1056	713
4	OPEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	CHEVY NACIONAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	934	15193	28818	50439	52928
4	CHEVY IMPORTADO	0	0	0	0	0	0	0	0	15298	320	211	0	0	0
4	CHEVY MONZA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6092	15719	20408	26104
NISSAN MEXICANA															
	1.AUTOMOVILES	37328	46282	51159	63144	72806	75696	83492	71638	88409	24799	38042	63165	104416	103200
4	TSUBAME (TODAS SUS VERSIONES)	6116	4340	5149	6129	6081	5706	264	7038	7156	1762	2250	2291	2463	2263
4	SENTRA NACIONAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	933	12689	18596	27144	28155
4	HARD TOP SAKURA	1504	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	HATCH BACK SAMURAI	0	4048	3234	2649	1205	1234	486	0	0	0	0	0	0	0
4	LUCINO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231	1648	1664	1560	1224
4	240 SX	0	0	0	0	0	0	336	2	0	0	0	314	305	2
6	300 ZX	0	0	0	0	98	479	709	53	88	0	17	0	0	0
4	ALTIMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	435	1156	6604	3504
6	MAXIMA	0	0	0	0	361	907	1520	128	88	446	915	1681	1310	1661
4	INFINITI	0	0	0	0	0	0	0	0	176	43	25	380	1057	759
4	DATSUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	STATION WAGON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	TSURU (TODAS SUS VERSIONES)	29708	39892	42776	54367	65061	67270	79176	64417	80902	21185	20063	37102	63973	65632
4	SENTRA IMPORTADO	0	0	0	0	0	0	1001	0	0	0	0	0	0	0

Vehículos nuevos

La venta de vehículos, determina la estructura del parque en circulación, si se parte de que los vehículos nuevos no dejan de circular, se puede determinar cuanto tiempo tardara la flota mexicana en renovarse teniendo como base las unidades que se vendieron con una eficiencia controlada por el Estado Mexicano, se tienen los siguientes datos:

ESTRUCTURA PARQUE VEHICULAR	1985	1986	1987	1988	1989
Autos nuevos vendidos en 1982	286761	286761	286761	286761	286761
Autos nuevos vendidos en 1983	192052	192052	192052	192052	192052
Autos nuevos vendidos en 1984	217650	217650	217650	217650	217650
Autos nuevos vendidos en 1985	242187	242187	242187	242187	242187
Autos nuevos vendidos en 1986		160670	160670	160670	160670
Autos nuevos vendidos en 1987			154152	154152	154152
Autos nuevos vendidos en 1988				210066	210066
Autos nuevos vendidos en 1989					274505
Autos nuevos vendidos en 1990					
Autos nuevos vendidos en 1991					
Autos nuevos vendidos en 1992					
Autos nuevos vendidos en 1993					
Autos nuevos vendidos en 1994					
Autos nuevos vendidos en 1995					
Autos nuevos vendidos en 1996					
Autos nuevos vendidos en 1997					
Autos nuevos vendidos en 1998*					
PARQUE TOTAL	5282209	5202922	5336228	5806984	6219104
Autos de 1985 que se integran al parque	242187	402857	557009	767075	1041580
En porcentaje	4.58	7.74	10.44	13.21	16.75

ESTRUCTURA PARQUE VEHICULAR	1990	1991	1992	1993	1994
Autos nuevos vendidos en 1982	286761	286761	286761	286761	286761
Autos nuevos vendidos en 1983	192052	192052	192052	192052	192052
Autos nuevos vendidos en 1984	217650	217650	217650	217650	217650
Autos nuevos vendidos en 1985	242187	242187	242187	242187	242187
Autos nuevos vendidos en 1986	160670	160670	160670	160670	160670
Autos nuevos vendidos en 1987	154152	154152	154152	154152	154152
Autos nuevos vendidos en 1988	210066	210066	210066	210066	210066
Autos nuevos vendidos en 1989	274505	274505	274505	274505	274505
Autos nuevos vendidos en 1990	352608	352608	352608	352608	352608
Autos nuevos vendidos en 1991		392110	392110	392110	392110
Autos nuevos vendidos en 1992			444323	444323	444323
Autos nuevos vendidos en 1993				398743	398743
Autos nuevos vendidos en 1994					598089
Autos nuevos vendidos en 1995					
Autos nuevos vendidos en 1996					
Autos nuevos vendidos en 1997					
Autos nuevos vendidos en 1998*					
PARQUE TOTAL	6512761	7219887	7749641	8175423	8433709
Autos de 1985 que se integran al parque	1394188	1786298	2230621	2629364	3227453
En porcentaje	21.41	24.74	28.78	32.16	38.27

ESTRUCTURA PARQUE VEHICULAR	1995	1996	1997
Autos nuevos vendidos en 1982	286761	286761	286761
Autos nuevos vendidos en 1983	192052	192052	192052
Autos nuevos vendidos en 1984	217650	217650	217650
Autos nuevos vendidos en 1985	242187	242187	242187
Autos nuevos vendidos en 1986	160670	160670	160670
Autos nuevos vendidos en 1987	154152	154152	154152
Autos nuevos vendidos en 1988	210066	210066	210066
Autos nuevos vendidos en 1989	274505	274505	274505
Autos nuevos vendidos en 1990	352608	352608	352608
Autos nuevos vendidos en 1991	392110	392110	392110
Autos nuevos vendidos en 1992	444323	444323	444323
Autos nuevos vendidos en 1993	398743	398743	398743
Autos nuevos vendidos en 1994	598089	598089	598089
Autos nuevos vendidos en 1995	184937	184937	184937
Autos nuevos vendidos en 1996		325154	325154
Autos nuevos vendidos en 1997			482146
Autos nuevos vendidos en 1998*			
PARQUE TOTAL	8587354	8741000	9032315
Autos de 1985 que se integran al parque	3412390	3737544	4219690
En porcentaje	39.74	42.76	46.72

En esta tabla se observa que tendrían que pasar más de 12 años para que en la mitad los vehículos que circularan fueran posteriores a 1984, es decir aproximadamente tendría que pasar 28 años para que en la flota nacional existieran vehículos posteriores a 1984, con esto se demuestra la obsolescencia tecnológica del parque en circulación

Tabla 17. Ventas internas de la industria automotriz

Año	Ventas Totales
1982	286761
1983	192052
1984	217650
1985	242187
1986	160670
1987	154152
1988	210066
1989	274505
1990	352608
1991	392110
1992	444323
1993	398743
1994	598089
1995	184937
1996	325154
1997	482146
1998*	464152

*Dato preliminar

Para determinar la eficiencia de un vehículo es necesario tener en cuenta que: la evolución de un vehículo depende del uso y cuidado que le tenga el usuario; por ello se presenta una primera tabla donde se describe los cambios que se tienen en la eficiencia de un vehículo partiendo del supuesto que cada 5 años se le presta un servicio completo de mantenimiento y se le otorga un servicio de acuerdo a lo solicitado por las agencias para mantener a la unidad en buen estado.

Tabla 18. Evolución del rendimiento de un automóvil a partir de su venta

Evolución del rendimiento de un vehículo a partir de su venta								
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Rendimiento autos nuevos 83	9.81	9.32	8.83	7.85	6.87	6.38	8.63	8.14
Rendimiento autos nuevos 84		10.75	10.21	9.68	8.60	7.53	6.99	9.46
Rendimiento autos nuevos 85			10.96	10.41	9.86	8.77	7.67	7.12
Rendimiento autos nuevos 86				11.23	10.67	10.11	8.98	7.86
Rendimiento autos nuevos 87					11.53	10.95	10.38	9.22
Rendimiento autos nuevos 88						11.61	11.03	10.45
Rendimiento autos nuevos 89							11.91	11.31
Rendimiento autos nuevos 90								11.66
Rendimiento autos nuevos 91								
Rendimiento autos nuevos 92								
Rendimiento autos nuevos 93								
Rendimiento autos nuevos 94								
Rendimiento autos nuevos 95								
Rendimiento autos nuevos 96								
Rendimiento autos nuevos 97								
Rendimiento autos nuevos 98								
Resto del parque (Conae)	7.50	7.60	7.70	7.75	7.75	7.75	7.75	7.75

Evolución del rendimiento para un vehículo a partir de su venta								
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Rendimiento autos nuevos 83	7.16	6.67	5.89	7.77	7.42	6.73	5.96	5.52
Rendimiento autos nuevos 84	8.92	7.85	7.31	6.45	8.51	8.14	7.38	6.53
Rendimiento autos nuevos 85	9.64	9.10	8.00	7.45	6.58	8.68	8.29	7.52
Rendimiento autos nuevos 86	7.30	9.88	9.32	8.20	7.64	6.74	8.89	8.50
Rendimiento autos nuevos 87	8.07	7.49	9.80	9.57	8.42	7.84	6.92	8.82
Rendimiento autos nuevos 88	9.29	8.13	7.55	9.87	9.64	8.48	7.89	6.97
Rendimiento autos nuevos 89	10.72	9.53	8.34	7.74	10.12	9.89	8.69	8.10
Rendimiento autos nuevos 90	11.08	10.49	9.91	8.75	10.26	9.68	8.86	8.71
Rendimiento autos nuevos 91	11.60	11.02	10.44	9.86	8.70	10.21	9.63	8.82
Rendimiento autos nuevos 92		11.42	10.85	10.28	9.71	8.57	10.05	9.48
Rendimiento autos nuevos 93			11.23	10.67	10.11	9.55	8.42	9.88
Rendimiento autos nuevos 94				12.57	11.94	11.31	10.68	9.43
Rendimiento autos nuevos 95					11.56	10.98	10.40	9.83
Rendimiento autos nuevos 96						13.85	13.16	12.47
Rendimiento autos nuevos 97							12.96	12.31
Rendimiento autos nuevos 98								13.34
Resto del parque (Conae)	7.75	7.63	7.63	7.68	7.68	7.70	7.70	7.70

Posteriormente con los datos del parque se parte de que el usuario puede otorgar tres tipos de mantenimiento (bueno, regular o escaso) y dependiendo del uso que tenga la unidad (particular, oficial o público) será su evolución de eficiencia, por lo tanto se tiene:

$$\begin{aligned}
 C_{e_i} &= (\text{número de autos particulares} * \text{distancia} * \text{eficiencia}) + \\
 &= + (\text{numero de autos de transporte público} * \text{distancia} * \text{eficiencia}) + \\
 &= + (\text{números autos oficiales} * \text{distancia} * \text{eficiencia})
 \end{aligned}$$

En esta ecuación se considera que la suma de los vehículos en cierto tiempo, se obtendrá el consumo total, pero nuevamente no se consideran ciertas variables a nivel macro y micro que afecta a estas de forma directa e indirecta.

Sintetizando la ecuación final es la siguiente:

$$CE_u = \frac{S}{(pg)^2} [PV * D * (1/RVP) * C_x] + a_0$$

teniendo en consideración que las relaciones anteriores se obtienen los siguientes resultados, con base a los datos anteriormente expuestos:

Tabla 15. Consumo desagregado por uso
(miles de barriles diarios)

Tipo de vehículo	1980	1983	1986	1989	1990	1992	1994	1996	1997	1998
Automóviles										
Nova	205.39	214.52	220.35	214.39	238.72	187.49	113.84	56.64	21.06	0.00
Extra/Magna	18.94	3.73	5.59	25.01	28.40	50.31	177.56	210.17	285.19	342.77
Oficiales y públicos										
Nova	42.79	64.82	41.76	65.52	91.93	86.18	70.27	41.54	16.38	0.00
Extra/Magna	3.95	1.13	1.60	7.64	10.94	11.44	41.51	49.62	71.30	86.97
Otros										
Nova	37.08	29.32	57.89	80.08	112.35	105.33	85.89	90.62	40.56	0.00
Extra/Magna	3.42	0.51	0.58	9.34	13.37	39.95	11.53	32.11	62.91	81.86

Fuente: Datos del propio estudios

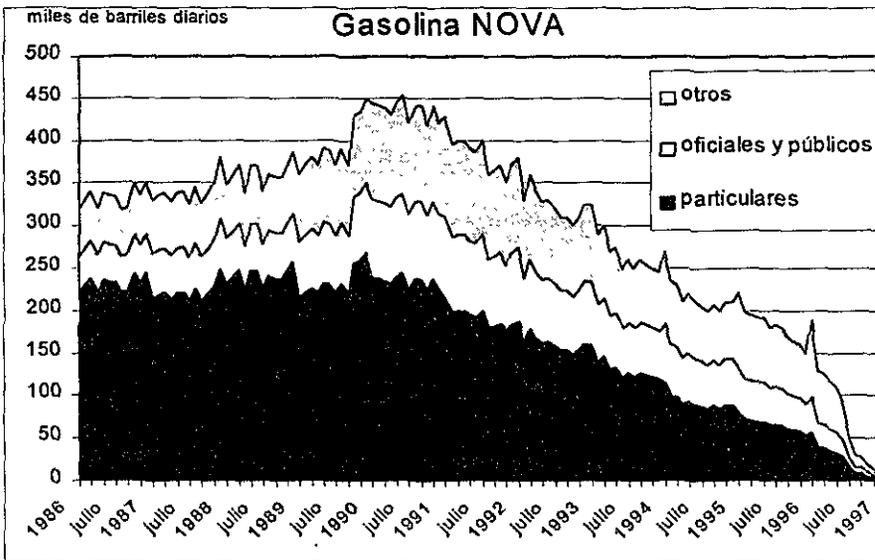
Conclusiones

De acuerdo a los capítulo anteriores, se puede realizar un primer diagnóstico del consumo de energía debido a los automóviles a nivel nacional, teniendo como principal objetivo determinar la estructura de la demanda de energía a un nivel de agregación tal, que se pueda interpretar el consumo en términos del servicio que está proporcionando, de su eficiencia y de su participación relativa en el consumo total.

El rápido incremento en el número de vehículos particulares, combinado con el crecimiento urbano y el de la población, han dado lugar a una creciente demanda de transporte. Si bien estos vehículos son cada vez más eficientes en cuanto a consumo de energía, estos beneficios se contrarrestan con el creciente uso y dependencia de los mismos.

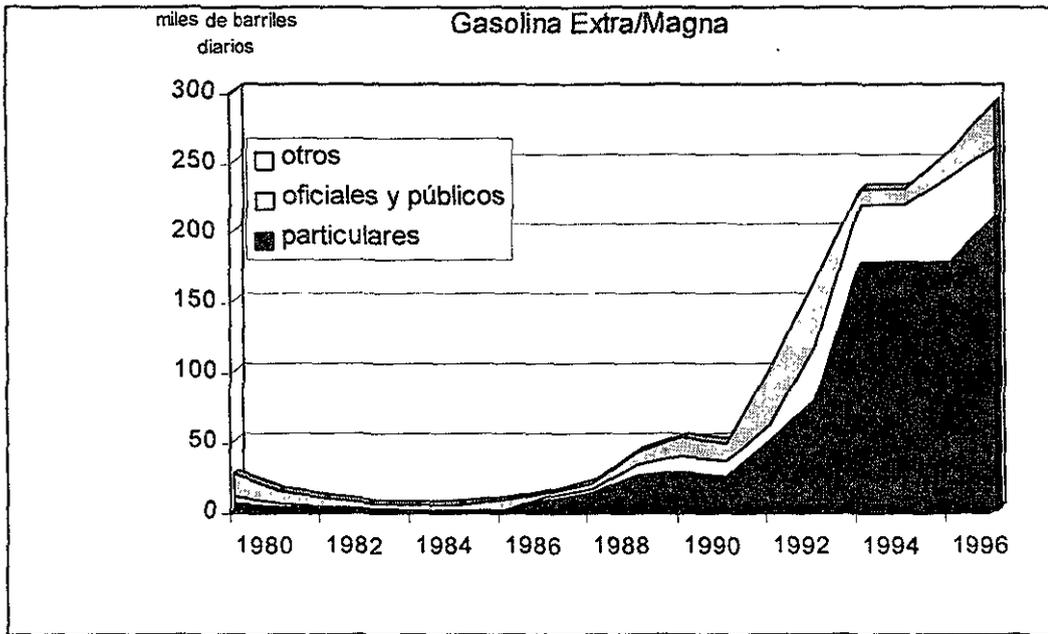
En México, en menos de 10 años, la flota vehicular ha aumentado casi un 54%, a pesar de este aumento del parque no se reflejó en el aumento de la demanda de energéticos en esta clase, ya que su consumo sólo aumentó un 20%. Es importante observar este punto, ya que la principal respuesta política al ahorro y uso eficiente de la energía en el país, ha sido la promoción de mejoras tecnológicas en el lado de la oferta. Combustibles y vehículos más limpio y de forma particular en la Zona Metropolitana un control sobre el mantenimiento a las unidades bajo el programa de Verificación. Es importante resaltar que el estudio incorporó muchas variables que son sui generis de México. Esto último con el fin de desarrollar un modelo lo más apegado a la realidad nacional para entender que implicaciones tiene el modificar sólo uno o algunas de estas variables y cuantificar el potencial de ahorro que significaría un cambio en ellas. Con base al estudio anterior se presentan los resultados obtenidos de forma desagregada por combustible y uso del vehículo (figura 55 y 56).

Figura 58. Consumo desagregado de gasolina NOVA



Fuente: Datos del propio estudio

Figura 59. Consumo desagregado de gasolina MAGNA



Fuente: Datos del propio estudio

El consumo de vehículos particulares es de aproximadamente el 70%, lo cual se debe al Parque existente, mientras que el transporte público y los vehículos oficiales representan un y representa menos de la décima parte de los vehículos particulares, pero su alto consumo se debe al uso y mantenimiento que se le da la unidad. Es importante recordar que la tecnología tiene un impacto real mientras el parque vehicular se renueve y las unidades anteriores reciban un adecuado mantenimiento. En México esta renovación se da de forma paulatina y el impacto no se logra ver hasta después de 5 años.

Otro punto quedó de manifiesto, es la importancia de lograr una política integral donde oferta y demanda se conjugue y permita alcanzar un transporte sustentable.

6 / Inventario de Emisiones y Escenarios

En la primera parte del trabajo, capítulos 1 al 3, se establece el marco de referencia histórico siguiendo la relación existente entre consumo de energía y emisiones de gases invernadero desde una perspectiva enfocada en el Transporte. En la segunda parte, capítulo 4, se realiza el análisis de factores que determinan el consumo de gasolinas de los automóviles en México y se obtiene una serie de variables para construir un primer modelo lineal, y el capítulo 5 se desarrolla este modelo obteniendo como resultados una desagregación del consumo de gasolinas por modo de transporte.

En este capítulo se realiza el cálculo del inventario de emisiones debido a los automóviles en México, posteriormente se realizarán escenarios a corto, mediano y largo plazo con el objetivo de establecer una gestión adecuada de demanda de combustibles proyectar, planear y dar continuidad a políticas de ahorro y uso eficiente de la energía.

Introducción

Como se mencionó en el capítulo anterior, el sector transporte tiene un gran impacto en los recursos energéticos debido, por un lado, a su alta participación en el consumo final de energía, y por otro, a su dependencia casi absoluta de los productos petrolíferos. Dicho impacto cobra especial importancia por las externalidades que causa este sector al medio ambiente.

Dentro de este contexto, y con los datos obtenidos anteriormente, en este capítulo se calculan las emisiones por tipo de vehículo en un marco de 18 años, para concluir con los escenarios.

1. Metodología

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

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 usaran para estimar estas emisiones se pueden sintetizar como:

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

donde

FE : Factor de Emisión

Actividad : Cantidad de energía consumida para una fuente móvil dada

a : Tipo de combustible (gasolina nova, extra, magna)

b : Tipo de vehículo (automóvil particular, oficia, público o concesionado)

c : control de emisiones (convertidor catalítico, inyección electrónica, 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.

1.2. Calculo de emisiones de gases invernaderos debidas al uso intensivo de energía

Los gases invernaderos, mencionados con anterioridad, con respecta a los cuales se realizaran los cálculos son: NO_x, CH₄, NMVOC, CO, N₂O, CO₂. Se obtendrán cifras para cada uno de ellos por tipo de vehículos. Posteriormente se sumarán las cifras obtenidas por cada gas para contabilizar en su totalidad los gases invernadero debidos al sector transporte (tabla 19).

Tabla 19. Factores de emisión para estimar la cantidad de gases invernadero producida por clase para el Automóvil

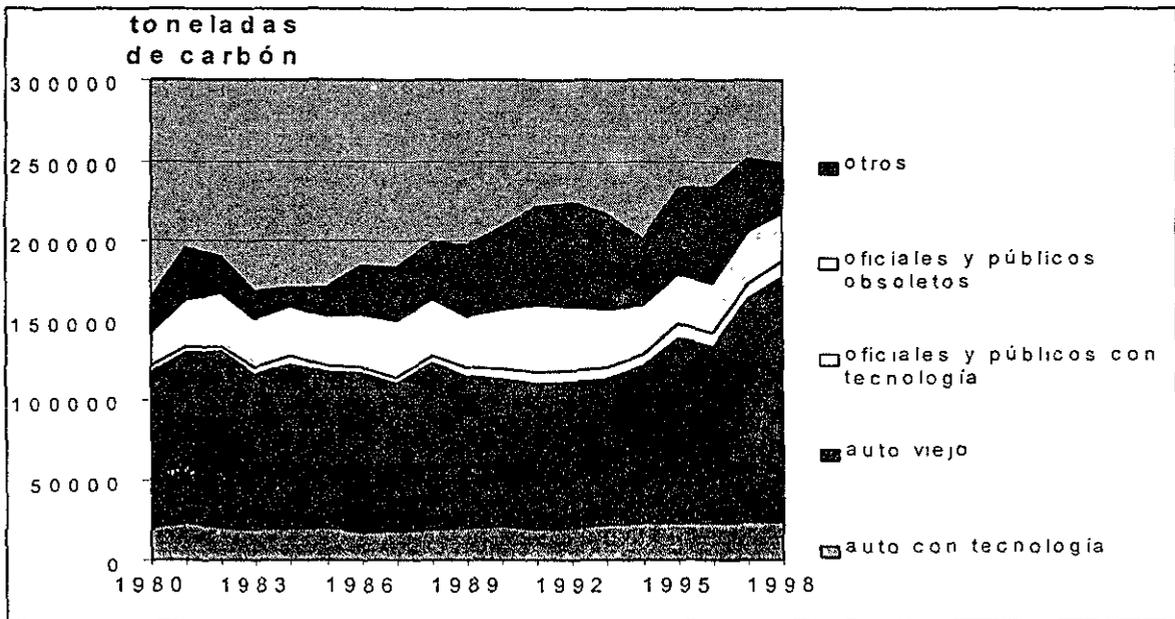
Indice (ton/MJ)	Auto con catalizador	Auto sin catalizador
NO _x	2.9E-07	3.9E-07
CH ₄	1.62E-08	3.14E-08
NMVOC	3.2E-07	1.14E-06
CO	2.34E-06	7.33E-06
N ₂ O	4.9E-09	9E-10
CO ₂	6.93E-05	6.93E-05

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

I.1.3 Por Gas Invernadero y comparación de emisiones en vehículos de venta nacional.

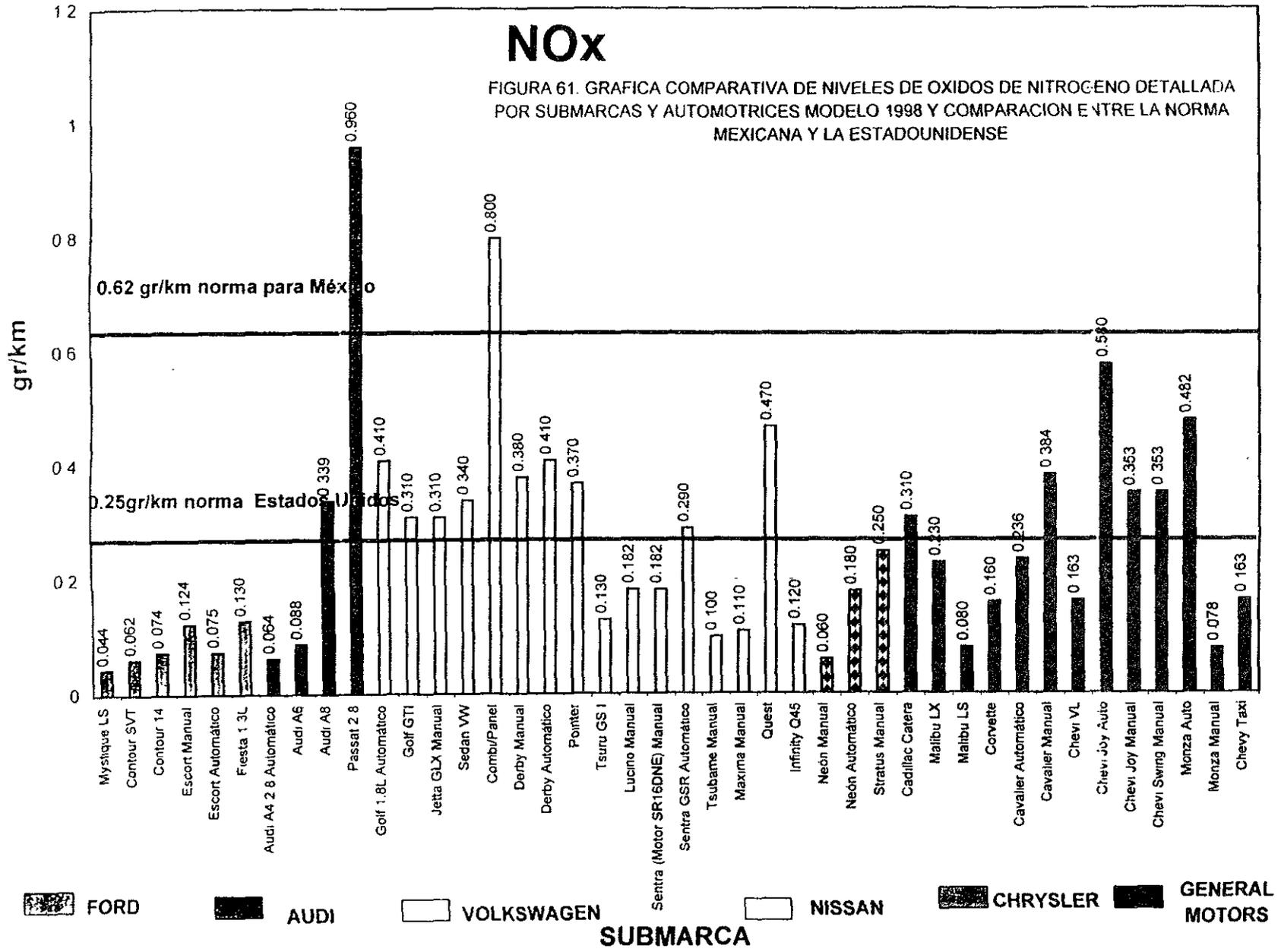
NOx: Los vehículos automotores son responsables por una proporción alta de las emisiones de NOx antropogénicas. Estas emisiones se relacionan a las mezclas de aire-combustible y la temperatura de combustión, así como al uso del convertidor catalítico. Para vehículos particulares en promedio contribuyen con un 80%, mientras que vehículos oficiales y públicos es del 14% y el resto para otros vehículos que consumen gasolina, la figura 60 muestra como los autos viejos con los que más contaminan debido a que su tecnología es obsoleta.

Figura 60. Emisiones de NOx debidas a automóviles



Fuente: Datos del propio estudio

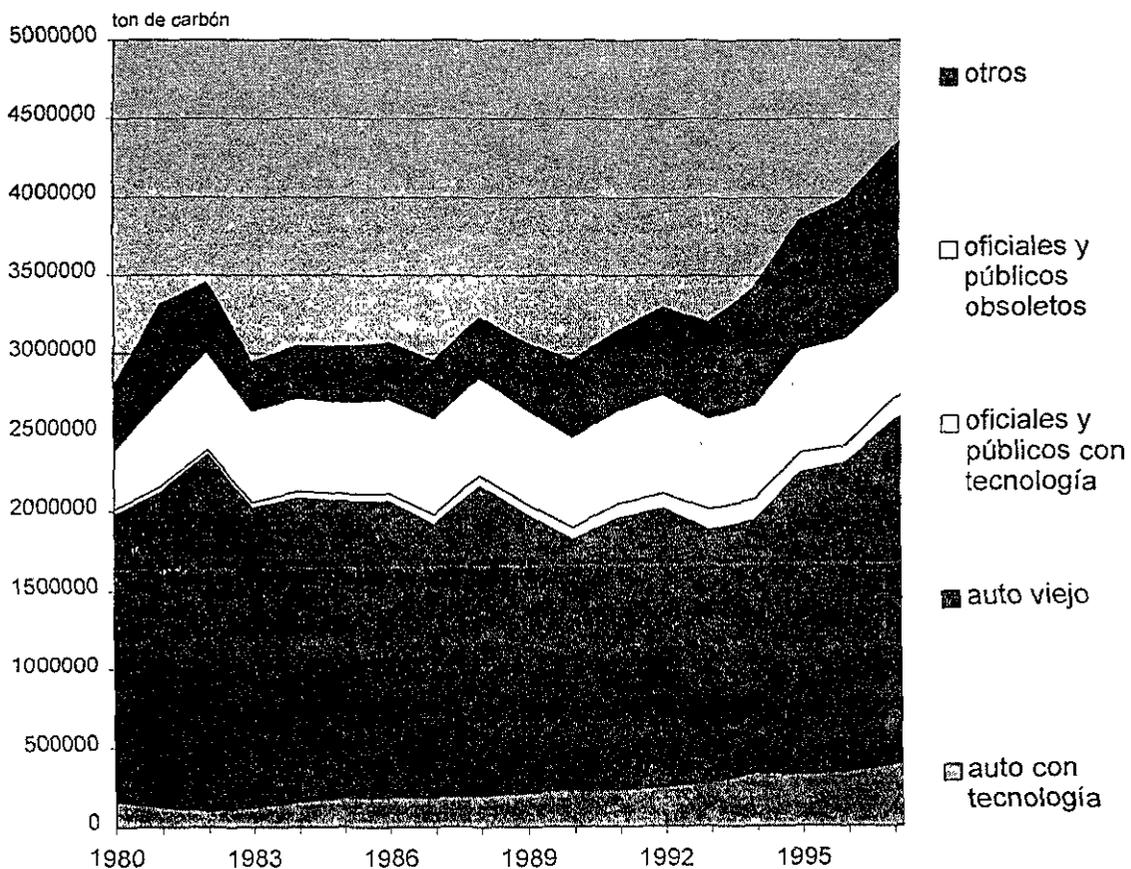
La norma para regular NOx en automóviles, a diferencia de otros contaminantes, varía entre México y Estados Unidos; en nuestro país se fija en 0.62 gm/km mientras que en Estados Unidos es de 0.25 gr/km. Realizando un análisis sobre la verificación en plantas de vehículos nuevos en el país, resulta interesante que los vehículos que se venden en el país todos cumplen la norma nacional y una sola marca cumple con la norma americana como se muestra en la figura 61.



fuente Cespedes, 1998

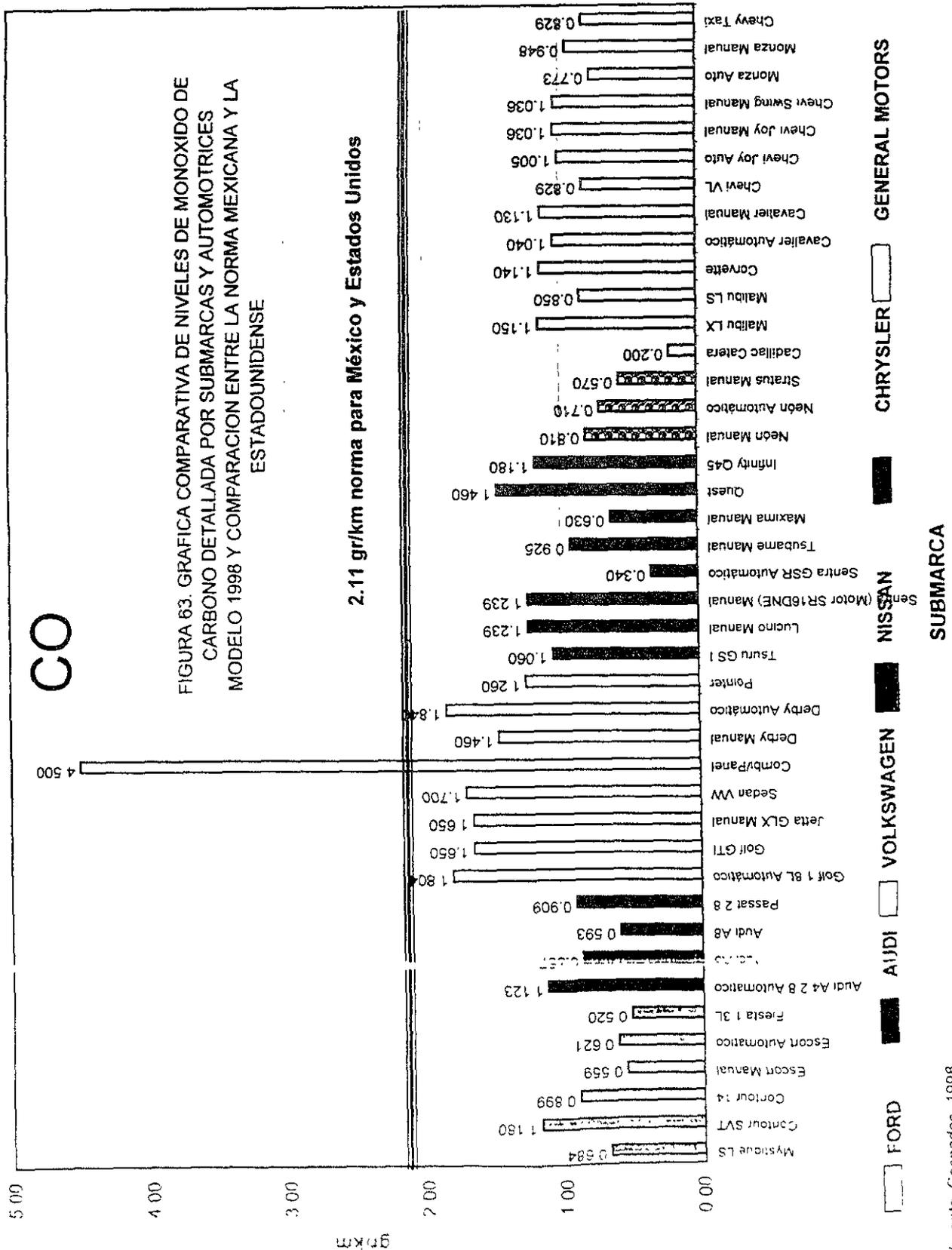
CO: La mayoría de las emisiones de CO debidas a combustión provienen de vehículos automotores. Las emisiones de CO son función de la eficiencia de la combustión y de los controles de emisiones en la postcombustión, en la figura 62 se observa como los vehículos antiguos son los que más contaminan debido a su baja eficiencia. 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 (congestionamientos, y transporte público cuando hace base).

Figura 62. Emisiones de CO por clase (ton)



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en este mismo estudio

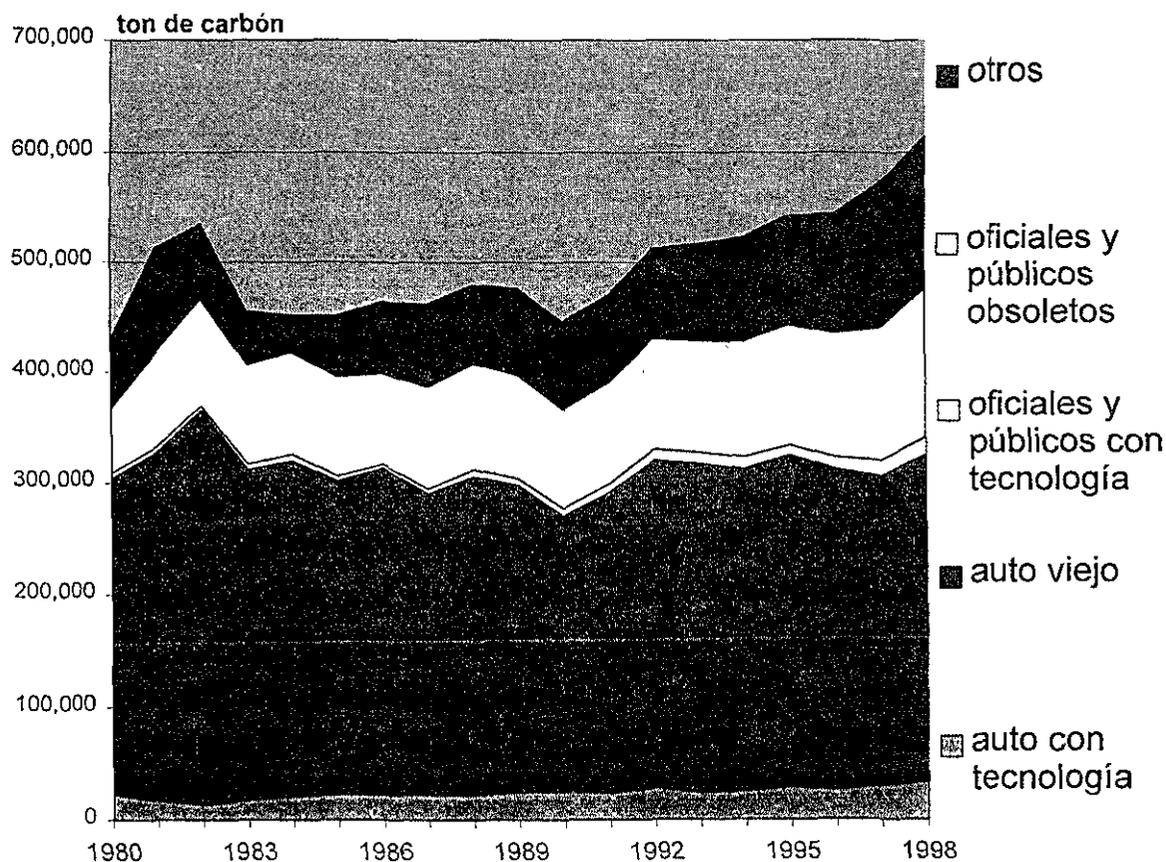
Las normas de monóxido de carbono para automóviles son iguales en los dos países (2.11 gr/km), los vehículos nuevos cumplen con la norma como se observa en la figura 63.



Fuente: Cespdes, 1998

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, la participación de los diferentes tipos de vehículos se observa en la figura 64. 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.

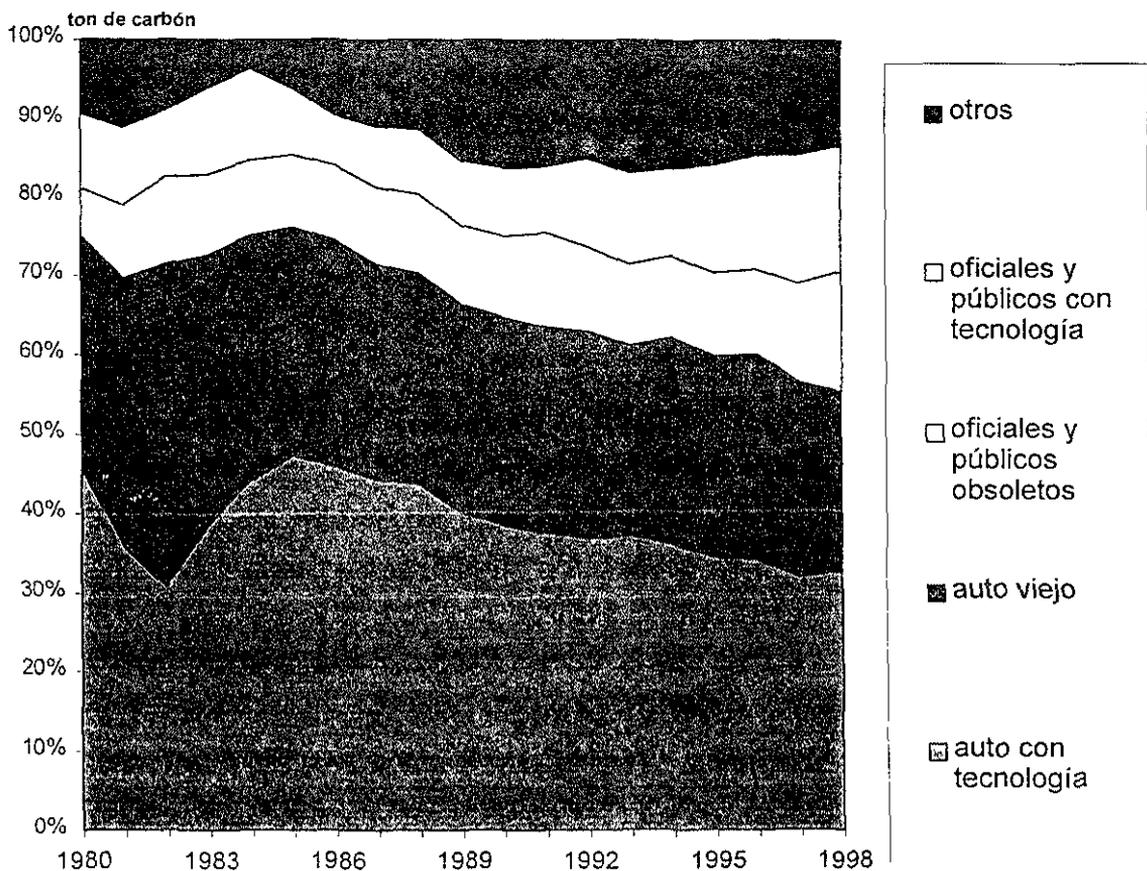
Figura 64. Emisiones de NMVOC por clase (ton)



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en este mismo estudio

N₂O: Las emisiones de N₂O sólo han empezado a ser estudiadas de forma reciente, por lo que los indicadores utilizados pueden ser "benignos" para obtener un resultado abajo de la realidad (figura 65). 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.

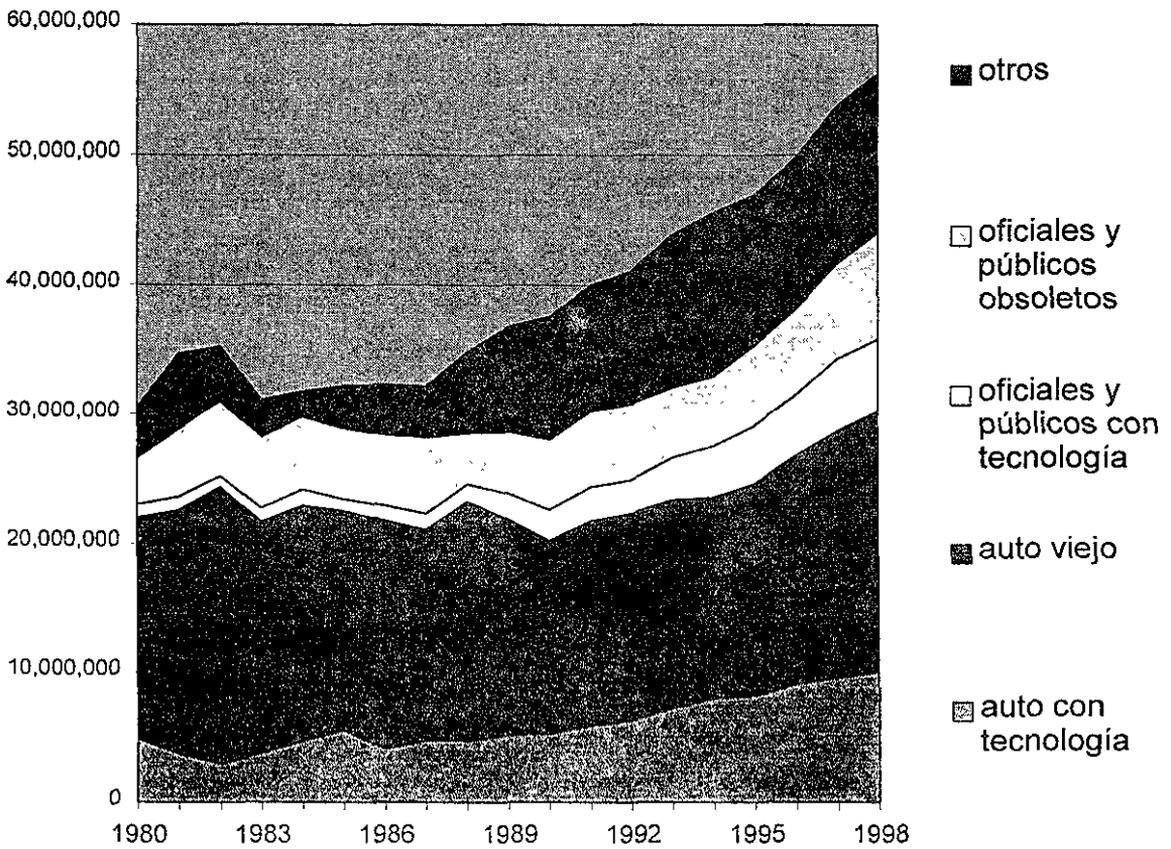
Figura 65. Emisiones de N₂O por clase (%)



Fuente: Elaboración propia con datos del mismo estudio

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 (figura 66).

Figura 66. Emisiones de CO₂ por clase (ton)



Fuente: Elaboración propia con datos del mismo estudio

Presentación de resultados

NOx (ton)							
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
auto con tecnología	20,404	22,996	20,441	19,013	19,822	20,292	17,211
auto viejo	96,299	106,156	109,597	96,599	102,349	97,230	99,590
oficiales y públicos con tecnología	4,251	4,283	3,439	4,508	5,194	3,803	3,479
oficiales y públicos obsoletos	20,062	29,397	33,123	30,781	31,610	30,661	32,623
otros	21,858	32,872	23,688	16,594	11,535	18,995	31,679

NOx (ton)							
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
auto con tecnología	18,447	18,882	20,601	20,901	18,835	20,223	21,736
auto viejo	91,796	104,177	93,682	91,555	91,647	90,868	91,185
oficiales y públicos con tecnología	3,792	4,238	5,514	6,479	6,943	7,153	7,588
oficiales y públicos obsoletos	35,114	36,109	32,337	37,606	41,972	40,226	36,170
otros	34,444	35,429	32,390	40,144	61,802	65,657	60,740

NOx (ton)					
	1994	1995	1996	1997	1998
auto con tecnología	22,520	22,730	23,166	23,451	23,426
auto viejo	98,569	115,951	110,258	139,730	153,762
oficiales y públicos con tecnología	7,630	9,052	8,623	9,385	9,535
oficiales y públicos obsoletos	30,977	30,977	31,205	33,155	30,977
otros	41,640	53,982	61,149	46,054	31,205

CH4 (ton)							
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
auto con tecnología	1,140	864	698	880	1,107	1,134	1,129
auto viejo	7,753	8,547	9,685	8,111	8,240	7,828	8,018
oficiales y públicos con tecnología	237	239	192	252	290	212	194
oficiales y públicos obsoletos	1,615	2,367	2,667	2,478	2,545	2,469	2,621
otros	1,725	2,623	1,896	1,331	1,202	1,524	1,785

CH4 (ton)							
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
auto con tecnología	1,114	1,106	1,221	1,236	1,203	1,760	1,214
auto viejo	7,391	8,388	7,543	6,772	7,379	6,605	7,342
oficiales y públicos con tecnología	219	313	464	554	496	605	424
oficiales y públicos obsoletos	2,804	2,818	2,156	2,455	3,379	2,682	2,912
otros	1,941	1,782	2,320	3,128	4,857	4,930	4,483

CH4 (ton)					
	1994	1995	1996	1997	1998
auto con tecnología	1,258	1,246	1,294	1,310	1,562
auto viejo	7,936	8,269	7,915	6,800	8,065
oficiales y públicos con tecnología	426	651	574	591	648
oficiales y públicos obsoletos	2,494	3,770	3,051	3,982	3,242
otros	3,259	4,171	4,609	4,305	4,438

NMVOC (ton)		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
auto con tecnología		22,514	17,065	13,783	17,386	20,654	22,391	22,291
auto viejo		281,489	310,302	351,616	294,487	299,175	279,535	291,110
oficiales y públicos con tecnología		4,691	4,726	3,795	4,974	5,731	4,197	3,382
oficiales y públicos obsoletos		58,643	85,930	96,822	89,977	92,398	89,624	82,253
otros		61,341	94,342	68,435	48,121	33,512	55,140	64,601

NMVOC (ton)		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
auto con tecnología		21,999	21,853	24,115	24,412	23,760	27,772	23,984
auto viejo		268,326	284,216	273,839	245,857	267,891	293,111	294,068
oficiales y públicos con tecnología		4,321	6,183	6,126	7,054	8,097	9,721	9,805
oficiales y públicos obsoletos		92,438	95,963	93,538	89,143	91,637	99,823	100,970
otros		74,477	71,163	78,276	78,848	78,577	81,776	87,997

NMVOC (ton)		1994	1995	1996	1997	1998
auto con tecnología		24,850	28,357	25,562	30,024	33,221
auto viejo		288,126	297,387	287,364	276,729	292,779
oficiales y públicos con tecnología		10,962	8,833	10,620	13,883	15,993
oficiales y públicos obsoletos		104,130	108,661	112,314	119,474	133,811
otros		94,587	99,652	108,856	131,622	138,837

CO (ton)		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
auto con tecnología		164,637	124,789	100,787	127,136	159,942	186,763	188,457
auto viejo		1,809,922	1,995,188	2,260,829	1,893,498	1,923,643	1,877,520	1,871,784
oficiales y públicos con tecnología		34,299	34,557	27,753	36,373	41,908	48,239	51,956
oficiales y públicos obsoletos		377,067	552,514	622,547	578,534	594,100	576,268	596,903
otros		395,777	607,536	440,457	309,614	327,215	354,749	356,496

CO (ton)		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
auto con tecnología		192,032	202,139	219,326	240,462	235,953	254,245	280,608
auto viejo		1,725,290	1,957,994	1,760,740	1,580,816	1,722,495	1,764,719	1,602,917
oficiales y públicos con tecnología		64,483	68,011	67,031	78,494	91,867	96,603	128,925
oficiales y públicos obsoletos		607,754	622,520	601,430	573,172	591,650	626,094	577,838
otros		366,488	375,823	415,704	484,106	499,412	552,579	604,506

CO (ton)		1994	1995	1996	1997	1998
auto con tecnología		343,939	333,945	351,328	395,875	403,866
auto viejo		1,603,271	1,912,143	1,959,932	2,174,641	2,300,770
oficiales y públicos con tecnología		133,943	130,108	108,619	136,293	143,702
oficiales y públicos obsoletos		596,763	647,728	679,372	656,844	735,665
otros		742,083	823,892	894,270	943,494	923,088

N2O		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
auto con tecnología		345	261	211	266	335	361	370
auto viejo		222	245	278	232	236	221	230
oficiales y públicos obsoletos		46	68	76	71	73	71	77
oficiales y públicos con tecnología		72	72	58	76	88	64	52
otros		71	81	61	41	28	47	77

N2O		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
auto con tecnología		377	395	406	434	459	532	625
auto viejo		231	240	266	294	317	375	402
oficiales y públicos obsoletos		84	91	102	117	146	155	171
oficiales y públicos con tecnología		66	75	84	98	103	163	197
otros		93	102	155	182	196	215	281

N2O		1994	1995	1996	1997	1998
auto con tecnología		673	721	777	815	961
auto viejo		483	528	587	621	657
oficiales y públicos obsoletos		192	218	242	317	443
oficiales y públicos con tecnología		208	287	332	419	469
otros		301	328	327	366	388

CO2 (ton)		1980	1981	1982	1983	1984	1985
auto con tecnología		4,875,792	3,695,664	2,984,853	3,765,169	4,736,756	5,531,050
auto viejo		17,111,542	18,863,098	21,374,554	17,901,697	18,186,692	16,992,810
oficiales y públicos con tecnología		1,015,790	1,023,415	821,916	1,077,189	1,241,132	908,836
oficiales y públicos obsoletos		3,564,905	5,223,627	5,885,747	5,469,634	5,616,800	5,448,210
otros		3,969,935	5,899,984	4,236,419	2,961,658	2,056,743	3,388,273

CO2 (ton)		1986	1987	1988	1989	1990	1991
auto con tecnología		4,112,838	4,764,145	4,732,480	5,222,449	5,286,630	5,894,500
auto viejo		17,696,400	16,311,408	18,511,462	16,646,557	14,945,501	15,874,007
oficiales y públicos con tecnología		1,135,596	1,234,791	1,339,059	1,985,148	2,369,867	2,584,324
oficiales y públicos obsoletos		5,441,754	5,877,365	3,931,904	4,758,370	5,418,940	5,871,002
otros		3,967,142	4,036,191	6,381,840	8,168,922	9,519,653	9,745,021

CO2 (ton)		1992	1993	1994	1995	1996	1997
auto con tecnología		6,325,894	7,226,454	7,980,649	8,219,825	9,058,247	9,583,625
auto viejo		16,012,248	16,164,750	15,603,620	16,405,838	17,718,305	19,135,769
oficiales y públicos con tecnología		2,589,178	3,241,973	3,966,765	4,500,676	4,778,063	5,566,393
oficiales y públicos obsoletos		5,919,277	5,463,057	5,432,814	6,197,942	6,523,431	7,353,148
otros		10,258,693	11,806,004	12,609,071	11,693,301	11,647,018	12,127,935

3. Escenarios

Como se señaló en el marco de referencia (Capítulo 1 al 3), el sector transporte tiene un gran impacto en los recursos energéticos y en el medio ambiente a nivel mundial. México no se encuentra exento de esta generalidad, siendo los automóviles su principal consumidor, siendo responsable de más del 65% del consumo del sector, además de depender casi absolutamente de productos petrolíferos.

En estas circunstancias, se hace necesaria la previsión de los requerimientos futuros de energía en el sector, contemplando la aplicación de diversas medidas encaminadas a procurar un uso más racional de la energía, partiendo de esta idea se plantean una serie de escenarios.

Para este efecto, se tomó como base el análisis de variables desarrollado anteriormente, teniendo como afectan cambios en el contexto socioeconómico al automóvil, así como cambios tecnológicos propios del sector transporte y la aplicación de medidas de racionalización.

En lo referente a los cambios en el contexto socioeconómico se formulan una serie de hipótesis, basadas en estudios elaborados por otras instituciones, que ayudan a proyecta cual es el ahorro que se obtendría de aplicar tal o cual medida. Estos escenarios socioeconómicos se caracterizan por la actividad que regirá al país de acuerdo a los cambios sexenales que se estudiaron anteriormente.

En lo que respecta a los cambios tecnológicos, también se tomó como base el resultado de revistas especializadas y se determinaron, por una parte, los posibles cambios en la estructura modal para cada tipo de servicio y los cambios en la eficiencia del parque.

Los escenarios que se proponen son 3, donde la variable principal serán políticas de ahorro y uso eficiente de la energía:

A. Sin modificaciones en los patrones de consumo. Es necesario tener en consideración el tratado que firmó México donde sus fronteras se abrirán en el 2005 permitiendo la entrada de vehículos usados y nuevos sin ningún esquema de control.

Para analizar hasta que punto afectará lo anterior, es necesario remitirse al pasado: durante 1979 se importaron 83 mil vehículos usados y 5, 400 nuevos que representaron el 14.71% de las ventas totales en el país. Para 1980 esta cifra se elevó a casi 100,000 autos y camiones usados y 5,266 nuevos representando el 21.47% del total de las ventas. Para 1981 la cuota autorizada fue de 105 mil unidades usadas y 6,057 nuevas, la cual se mantuvo hasta 1982.

Estas unidades eran antiguas y de alto consumo, lo que iba en contra de las políticas de ahorro del Gobierno y se fomentaba la circulación de unidades altamente contaminantes, teniendo problemas en la franja fronteriza por los niveles de contaminación emitidos y que afectaba a su territorio. [SPP, 1982]. Este mismo episodio podría repetirse en el 2005 si no se logra una regulación adecuada de importación de unidades usadas y nuevas de baja eficiencia.

B. Modificación de los patrones de consumo. La mayor parte de estas medidas no implican cambios sustanciales en el sistema de transporte prevaeciente en la actualidad; exige, cuando mucho, cambios estructurales menores. Así, con medidas relativamente simples que se refieren de forma básica a la estructura y organización del sistema, podrían obtenerse sustanciales ahorros en el consumo de energía en el corto y mediano plazo:

B.1. Velocidad constante. Dado que el consumo de combustibles está en relación directa con la velocidad, mejorar la fluidez del tránsito en los centros urbanos (sólo el 30% del parque en circulación se localiza en el D.F.), se presenta como una variable cuyo control podría incrementar la eficiencia del consumo energético del sector.

La baja velocidad media de circulación en las ciudades se debe, sin duda, al congestionamiento de tránsito. Entre las causas que lo originan pueden mencionarse las siguientes:

1. La utilización de las mismas calles para todo tipo de transporte (colectivo, particular, carga, etc.)
2. La falta de lugares apropiados para el intercambio modal y un uso de suelo controlado por vialidades.
3. La carencia de un control efectivo del tránsito y de una adecuada sincronización del sistema de semáforos [Domínguez, 2000].
4. La falta de una participación conjunta entre sociedad y gobierno para: una renovación real del parque, un mantenimiento apropiado de las unidades y una profunda concientización a conductores y peatones.

El alto porcentaje del parque vehicular concentrado en el Area Metropolitana de la Ciudad de México, su alto consumo y los problemas de contaminación que origina es el mejor marco para ejemplificar lo anterior. Por lo tanto, de adoptarse estas medidas estudios del Colegio de México consideran que se ahorraría un 37% aproximadamente.

B.2. Aumentar la participación del transporte público. El transferir una fracción de los viajes que actualmente se realizan en automóvil particular a los servicios públicos colectivos como el autobús y el metro constituye como una alternativa. Este cambio implica costos en la calidad del servicio público existente, pero si se considera que el cambio de transporte individual (recordando que el factor de ocupación es de 1.3) al colectivo es exponencial por la capacidad de los autobuses, el resultado sería un ahorro considerable de combustible.

B.3. Establecer una eficiencia mínima del parque nuevo (PREMCE). Esta medida ya fue aplicada en México en los 80's (ver capítulo 3), está orientada a regular el consumo de combustible a través de la restricción de la venta de vehículos menos eficientes o de cilindrajes altos. El objetivo era ahorrar en 1985 12 mil barriles diarios de gasolina hasta 1990 con un ahorro de 51 mil barriles.

Este decreto permitió que se aumentará la eficiencia de los vehículos nuevos y existiera un cambio tecnológico en México.

B.4. Diversificación de combustibles. Una conversión de una fracción del parque de automóviles a otro tipo de combustible como el gas natural, diesel, etc., permitiría un ahorro de gasolina, es decir, un cambio del 10% del parque actual a motores diesel, se ahorraría cerca de 244 millones de litros de gasolina al año [Guzmán, 1985].

C. Cambios tecnológicos. El tercer escenario implica costos más altos, debido a que las mejoras que se introduzcan en motores y mecanismos para un uso eficiente de la energía tendrán una relación directa entre costo y ahorro, es decir, pequeñas modificaciones implican pequeños gastos y pequeños ahorros y viceversa. Lo que también es cierto que la tecnología ofrece todo un espectro de posibilidades, estos son:

C.1. Aumento en la eficiencia del motor y del vehículo en su conjunto. La evolución de la industria automotriz en estas últimas 3 décadas se han orientado a reducir el tamaño promedio y el peso de los vehículos producidos. La sustitución de materiales con un mayor uso de productos ligeros como el aluminio, plásticos y aceros aleados de alta resistencia, se han logrado mejores en la transmisión y eficiencia del tren de dirección y otros accesorios, lo que permite un mejor desempeño del vehículo lo cual se observa en los rendimientos que alcanza los automóviles entre los 10 y 20 km/l.

Estos cambios se han logrado en el largo plazo, es por ello que un escenario para México estará condicionado por el rezago en la transferencia de la tecnología entre países. Sin embargo, este proceso puede incentivarse por la implementación legal de un adecuado conjunto de normas que obliguen a la industria a acelerar dicha transferencia (ejemplo la aplicación del PREMCE en México).

C.2. Combustibles alternativos. Los combustibles líquidos son más fáciles de manejar, almacenar y distribuir que los sólidos, los gases o la electricidad. Por esta razón son especialmente adecuados para los vehículos automotores, en los cuales el lugar de almacenamiento de la energía debe ser preferentemente liviano y pequeño para evitar

problemas de espacio o peso. Los hidrocarburos líquidos cumplen con estos requisitos, ya que tienen muy alta densidad energética y buenas características de combustión.

Por las ventajas señaladas, es probable que los combustibles alternativos para el transporte, continúen siendo líquidos. Cuanto menores sean los cambios técnicos que deban hacerse para incorporar los combustibles alternativos al consumo, tanto más aceptable será el cambio.

El abanico de posibles sustitutos de la gasolina es amplio, tanto como la disponibilidad de crudo, pero es necesario tener en consideración que México es un país productor de petróleo y el precio de introducción del nuevo combustible tiene que ser competitivo con la gasolina y existir una cobertura amplia del mismo.

4. Prospectiva 2005, 2010 y 2020

Los pronósticos cuantitativos de las necesidades de energía en el transporte requieren de la valoración de las variables anteriormente descritas que trascienden al sector mismo.

En este último apartado se presenta una estimación de los futuros consumos de energía (tabla 21), utilizando como base el modelo elaborado. Los principales aspectos considerados para llevar a cabo el pronóstico fueron:

1. Ritmo y estructura del crecimiento económico que determinará la evolución del sector (teniendo en consideración los ciclos sexenales bajo los que se mueve la economía nacional).
2. El crecimiento poblacional y urbano que definirán las distancias a recorrer.
3. Las expectativas de cambio tecnológico que puedan incidir sobre el modo de transporte.

Para evaluar el potencial de ahorro energético en base a los escenarios expuestos se tiene: En el primero (A), se supone que no habría modificaciones en los patrones de consumo y este sólo dependerá de la venta de vehículos nuevos y de la antigüedad del parque. En el segundo (B), se introducen supuestos sobre un uso más eficiente de la

energía con base a una reglamentación, una modificación progresiva en la estructura modal y un cambio social –este implicaría costos medianos al gobierno y una modificación en el corto y mediano plazo–. En tercer escenario (C), implicaría un cambio más profundo que modificaría la tecnología existente y presentaría un impacto en el largo plazo.

Tabla 21.

ESTIMACIÓN DE AHORRO DE ENERGÍA AL AÑO 2005, 2010 Y 2020 (10^{12} kJ)

Año	Proyección en base ESCENARIO (A)	Proyección en base ESCENARIO (B)	Proyección en base ESCENARIO (C)	Ahorro A - B	Ahorro A - C
2005	811.17	759.82	759.82	51.35	51.35
2010	892.44	843.50	789.71	119.65	173.44
2020	1281.83	911.28	837.15	369.85	431.13

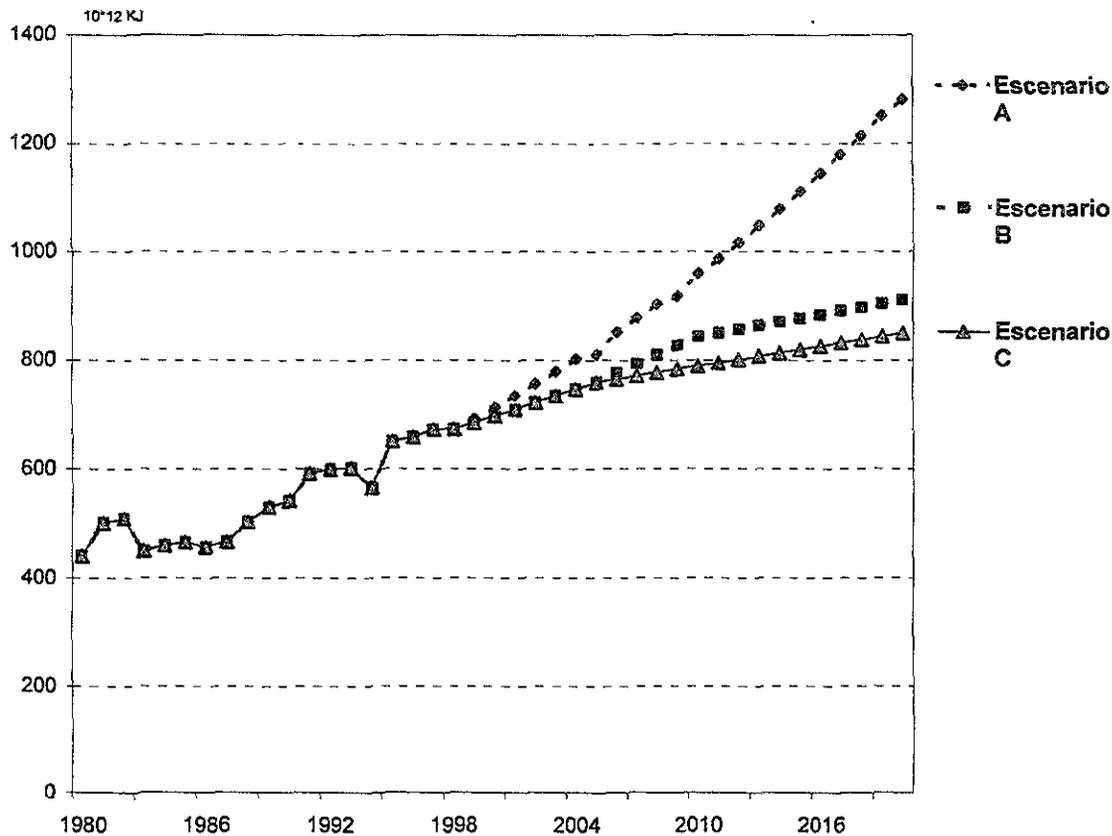
Fuente: Datos del propio estudio.

Supuestos para las proyecciones

1. La proyección base se hizo tomando en cuenta la relación entre los crecimientos del PIB / parque / ventas / precio (ver capítulo 4).
2. En el escenario (B) se considera una política integral de lo expuesto como modificación estructural, de tal forma que se revierta la tendencia histórica. Y también se consideró un aumento constante en la eficiencia del parque en circulación.
3. El cambio tecnológico tiene que ser parte de una política integral para que tenga un impacto real, en este escenario se trabajó bajo un esquema similar que se dio durante la vigencia del CAFE y el cambio de combustibles en Brasil.

De forma gráfica se pueden observar los tres escenarios en la figura 67.

Figura 67. Proyección de escenarios de consumo en México



Fuente: Elaboración propia con datos del mismo estudio

Conclusiones

Los efectos del transporte sobre el medio ambiente se observa en las emisiones producto de esta actividad, ya que existe una relación directa entre el consumo de combustibles y la emisión de gases invernadero

En el periodo comprendido entre 1980 a 1998, en promedio el 77.28% de las emisiones de gases invernadero correspondieron al auto particular, 18.14% al transporte público y oficial, 5.55% a otros tipos de vehículos que consumen gasolina pero no se consideran autos.

En el caso de automóviles modelos anteriores a 88 el uso de la gasolina nova provoca el mayor daño al ambiente al emitir aproximadamente en 1994, 119161 ton de NO_x, 9594 ton de CH₄, 348319 ton de NMVOC, 2239630 ton de CO, 275 ton de N₂O y 21174135 ton de CO₂.

De igual forma se puede afirmar que las emisiones de escape de los automotores que consumen gasolina aportan 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.

Conclusiones Generales

La transportación en automotores ha desempeñado un papel fundamental en los grandes cambios experimentados en el mundo durante este siglo. No es posible referirse a los procesos económicos, al desarrollo de los mercados, al creciente intercambio mundial de flujos de productos, sin considerar la importancia del transporte individual y colectivo que lo hace posible.

Gracias a los acelerados avances tecnológicos, desde que el francés Cougnot construyó en 1771 el primer automóvil, movido a vapor, a partir de entonces y sobre todo desde la Primera Guerra Mundial, la evolución y perfeccionamiento han sido constantes y ha crecido en eficiencia y rapidez de un modo inimaginable a principios del siglo XX.

En México el siglo XIX marca una parte importante de la inclusión del país al mundo moderno, no sólo por libertad e independencia que alcanzaba la nación, sino también por la amplia visión que tenía sobre el progreso: se inicia la construcción de caminos y vías férreas, las grandes edificaciones dan inicio a un nuevo orden urbano, el cambio social, económico y cultural que se gestaba en el país dependía de la rapidez con que sus medios de transporte trajeran consigo esta información.

Así el automóvil hace su aparición en México en 1906, trayendo consigo la revolución de los viejos conceptos del transporte. Sin embargo, este medio de transporte cobra especial importancia a partir de 1970, registrando una tasa de crecimiento media anual

del 12.4%, mientras que los autobuses fue de aproximadamente 7%. Este crecimiento se encuentra íntimamente ligado al cambio que experimento el país en esos años, el crecimiento poblacional entre 1970 y 1980 fue del 38.61% lo que se traduce en un aumento del número de viajes reflejado en el aumento del número de autos que aumento en casi un 247%, esta tendencia se observa en menor grado en el periodo de 1980-1990 cuando la población aumenta en un 21.54% y los autos en un 52.51% y para la década de los noventas se tiene un crecimiento del 19.18% para la población y 38.28% para los automóviles.

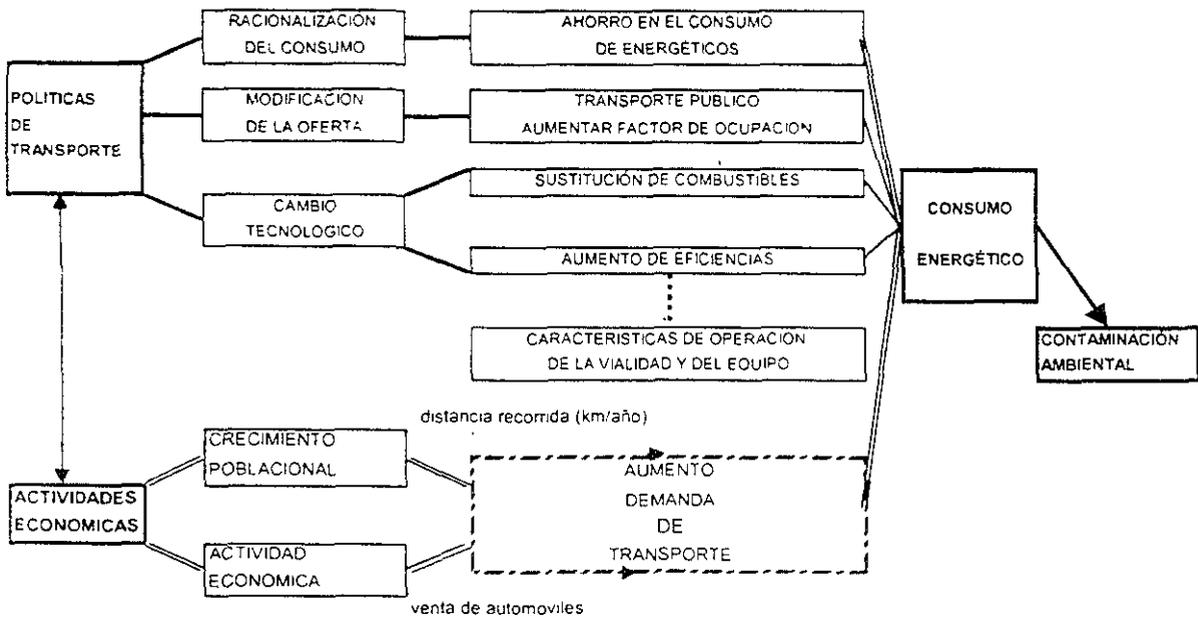
Lo anterior nos muestra la importancia que ha cobrado el automóvil dentro del transporte de pasajeros, así como la relación biunívoca que existe entre la sociedad y el transporte. Si bien el papel del transporte ha sido fundamental para la realización de las actividades económicas, sociales y políticas en el país, su evolución no ha sido la adecuada, produciéndose un transporte ineficiente, no congruente con las necesidades de la sociedad generando importantes costos sociales (deterioro ecológico, consumo irracional de energía, etc.)

En este punto es importante acotar que esto se debe a que el estudio del sector transporte generalmente se realiza desde una óptica reduccionista e individualizada, por ello no se logra entender todo el campo de acción bajo el cual se rige el desarrollo del sector transporte mexicano y estudiarlo bajo un contexto real para reducir sus externalidades.

El presente trabajo dio una visión de las variables que afectan al transporte y como se relaciona con ellas, elaborando en primera instancia un perfil desagrado del consumo de gasolinas en México y un modelo, de esta primer estudio destaca el hecho de que la flota vehicular en menos de 10 años ha aumentado casi un 54%, pero a pesar de este aumento del parque esto no se reflejó en el consumo de energéticos, ya que su consumo sólo aumentó un 20%. Es importante observar este punto, ya que la principal propuesta para el ahorro y uso eficiente de la energía por parte del gobierno ha sido el obligar a la industria automotriz a mejorar su tecnología. Para el modelo se utilizaron variables que son sui generis de México. Esto último con el fin de desarrollar un modelo lo más apegado a la realidad nacional para entender que implicaciones tiene el modificar sólo una o algunas de las variables dentro de la demanda de energéticos.

Con base en el modelo, se desarrollo una serie de escenarios para prever cuales serán los requerimientos futuros de energía en el sector, contemplando la aplicación de diversas medidas que tengan como objetivo un uso más racional de la energía. Se plantearon una serie de escenarios donde las modificaciones a realizar tendrían un efecto en el corto, mediano y largo plazo, estas tres medidas se orientan primero a un cambio cultural, posteriormente hacia una planeación urbana finalizando con un cambio tecnológico. Esto con el fin de entender que la sociedad juega un papel fundamental dentro de los patrones de consumo de un país, por ello un cambio en los hábitos de conducir, propiciarían un ahorro "primario" de energía sin incurrir a gastos elevados por parte del gobierno.

Figura 73. Esquema de variables que afectan la demanda de energía en el Sector Transporte



Con respecto a la planeación urbana, implica modificaciones en el uso de las vías de tráfico partiendo del hecho de que es un bien escaso, por lo tanto es necesario maximizar su uso, así como planear el funcionamiento de una ciudad con todas las implicaciones que esto conlleva (sincronización de semáforos, estudios de vías alternas, estudio de modificaciones de uso de suelo, transporte público eficiente y seguro, etc.), recordando la importancia de lograr una política integral donde oferta y demanda se conjuguen y permita alcanzar un transporte sustentable.

Por último, el referirse a un cambio tecnológico implica costos en el mediano y largo plazo, pero teniendo como meta que estos cambios tecnológicos incluyan a la variable ambiental para disminuir los efectos negativos del transporte al medio ambiente. Dentro de estos escenarios se estudian las posibilidades de un cambio del parque en circulación, un aumento del rendimiento de los vehículos nuevos, la venta de combustibles alternativos, etc. Este último punto es importante debido al Tratado de Libre Comercio que permite a partir del 2005 que vehículos usados sean vendidos de forma más "libre" dentro del país y los posibles efectos de estos dentro de las ventas de vehículos nuevos y su impacto en la edad del parque en circulación.

Estos escenarios permiten visualizar una primera aproximación de cual será el impacto del Sector Transporte en México, teniendo en consideración, que el país enfrentara el reto de sostener tasas de crecimiento superiores a las demográficas con el fin de garantizar una mejor calidad de vida y también debe mitigar emisiones de gases de efecto invernadero sin comprometer el desarrollo del país. En este proceso, la energía desempeña un papel doblemente estratégico, ya que el país además de ser consumidor también es productor y exportador, por ello resulta necesario que el país inicie una serie de políticas nacionales sobre el uso y ahorro de la energía.

ANEXO A

Gases Invernadero y cambio climático global

En la atmósfera, por naturaleza existen ciertas concentraciones de gases que atrapan el calor generado por las radiaciones solares. Sin esos gases creadores de un ambiente de invernadero, la temperatura promedio de la superficie terrestre sería 33°C menor (aproximadamente -20°C), es decir, la Tierra absorbe radiación del Sol, principalmente en la superficie y la radía regresándola al espacio. Una porción de la energía radiada es absorbida por estos gases en la atmósfera terrestre. Esta energía atrapada, calienta la atmósfera y superficie de la Tierra. El problema surge cuando el hombre emite en forma artificial esos mismo gases.

Los gases invernadero que se presentan naturalmente en la atmósfera incluyen bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nítrico (N₂O) y ozono (O₃)¹. Los clorofluorocarbonados, una familia de gases producidos por la actividad humana, los hidrofluorocarbonados (substitutos de los anteriores) y otros compuestos tales como los fluoruros de carbono son también gases invernadero. Asimismo, existen gases fotoquímicos como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos volátiles no metanos (NMVOCs) que aunque no son directamente gases invernadero, contribuyen indirectamente este efecto. Estos compuestos son conocidos como precursores de ozono troposférico porque influyen la tasa a la cual el ozono y otros gases son creados. En los cuadros 1 a 4 se explica la importancia de cada uno de estos gases, así como las principales fuentes de emisión. En el cuadro 5 se explica el concepto de potencial de calentamiento global.

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 grandes

¹ 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..

posibilidades, de que esto llegue a afectar el clima del planeta. Desde 1800, las concentraciones atmosféricas de CO₂ se han incrementado en más 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).

Cuadro 1. Carbono

El carbono es uno de los elementos más comunes en el medio ambiente. Este representa todas las sustancias orgánicas y es el constituyente de una gran variedad de compuestos, desde los más simples hasta los más complejos. Tres de los principales gases invernadero -CO₂, CH₄ y CFCs contienen carbono. El carbono 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 carbono liberados desde sus fuentes y la absorción de ellos. El ciclo natural del carbono se regulaba así mismo, pero con el tiempo este ciclo ha sido alterado por el hombre.

En la Naturaleza, el carbono 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 carbono 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 carbono.

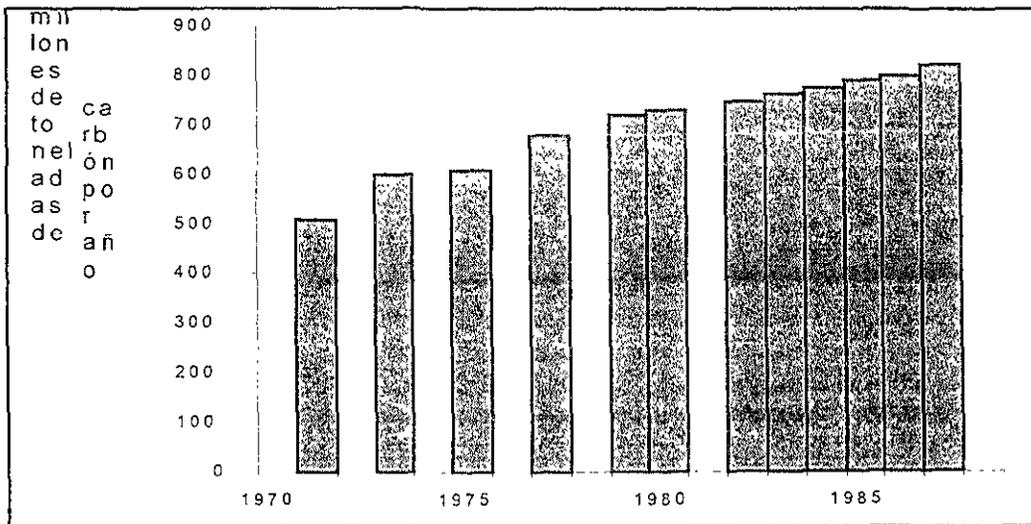
El carbono se ubica como uno de los principales elementos dentro de las reservas naturales del mundo. La atmósfera, por ejemplo, contiene más de 700 billones de toneladas de carbono y puede aumentar con el tiempo, mientras que 1800 billones están almacenadas en la tierra y cerca de 40000 billones de toneladas están contenidas en los océanos. Se calculan entre 4050 y 600 billones de toneladas de carbono contenidas en material orgánico.

Bióxido de carbono. La concentración de CO₂ en la troposfera ha aumentado a una media anual de 350 ppmv. En el hemisferio norte, el ciclo anual es de hasta 15 ppmv [Iansiti 1989]. 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 repercute 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 350 +/- 0.2 ppmv, o sea, 0.4% de incremento anual [Schneider, 1989].

La combustión de recursos fósiles líquidos y gaseosos es la mayor fuente de emisiones antropogénicas de bióxido de carbono. 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 carbón quemado. Las emisiones de CO₂ también son producto de la quema de biomasa y la deforestación (debido a la disminución de la fotosíntesis).

Figura 69: Emisiones de CO₂ debidas al Transporte



Fuente: (USEPA 1994, 1993)

Cuadro 2. Metano (CH_4)

El metano es producido a través de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los sistemas biológicos. Los procesos agrícolas, tales como el cultivo del arroz, la fermentación entérica en los animales, la descomposición de desechos de animales y desechos municipales emiten metano. El metano también es emitido durante la producción y distribución del gas natural y el petróleo y en menor medida carbón. Así mismo el metano es un producto secundario de la combustión incompleta de recursos fósiles.

El mayor almacenamiento de metano está en la interacción con el OH en la troposfera. Esta interacción da como resultado la destrucción química del metano, ya que las moléculas de hidrógeno en el metano se combinan con el oxígeno del OH para formar vapor de agua y CH_3 . Después de un número de interacciones químicas, el CH_3 es convertido en CO, que vuelve a reaccionar con el OH para formar CO_2 .

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 \pm 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 de Groenlandia y la Antártida.

Fuente: (USEPA 1994)

Cuadro 3. Otros gases invernadero

Fluoroclorocarbonados halógenos (HFCs, PFCs). Estos compuestos son producidos por el hombre e incluyen, clorofluorocarbonados (CFCs), compuestos halogenados, metil cloroformo, tetraclorido de carbono, metil bromo, e hidroclorofluorocarbonados (HCFCs). Todos estos compuestos no solamente influyen en el efecto invernadero sino que contribuyen a la disminución de la capa de ozono en la estratosfera. Una de las principales fuentes de CFC es el aire acondicionado en los vehículos motorizados, los cuales demanda alrededor del 28% del total mundial de CFC-12 [Greenpeace, 1992]

Oxido nitroso (N_2O). Las fuentes de emisión de este gas incluyen el uso de fertilizantes en el cultivo de la tierra, combustión de hidrocarburos, producción de nylon y ácido nítrico y quema de biomasa.

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.

Ozono (O_3). 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 CFCs por el hombre, provoca la destrucción de la capa de ozono.

Fuente: (USEPA 1990 y 1994)

Cuadro 4. Gases fotoquímicos

Monóxido de carbono. 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.

Oxidos de nitrógeno. El NO y NOx 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 No Méтанos (NMVOCs). Incluye compuestos como el propano, el etano y el butano. Participan junto con los oxidos 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.

Fuente USEPA (1990 y 1994)

Cuadro 5. El concepto del potencial de calentamiento global (Global Warming Potential, GWP)

El potencial de calentamiento global es la tasa de calentamiento (o fuerza radiactiva) 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.

Fuente: US-EPA (1990 y 1994)

ANEXO B

México y el cambio climático

Los estudios realizados por la comunidad científica del país concluyen que México contribuye con 1.48% del total mundial de emisiones de bióxido de carbono y está clasificado como el producto número 13 entre los países del mundo, si bien el nivel per cápita lo sitúa en la posición 72 [INE, 1996].

El inventario desglosa las emisiones por sector productivo y por gas (cuadro 5), como se muestra a continuación:

Tabla 22.
Emisiones de gases de invernadero en México
(en miles de toneladas, con datos de 1990)

GAS	CO ₂	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC
	Botton up*	Top down*					
TOTAL	398425	433721	5654	9	1822	14292	1047

*Método de medición

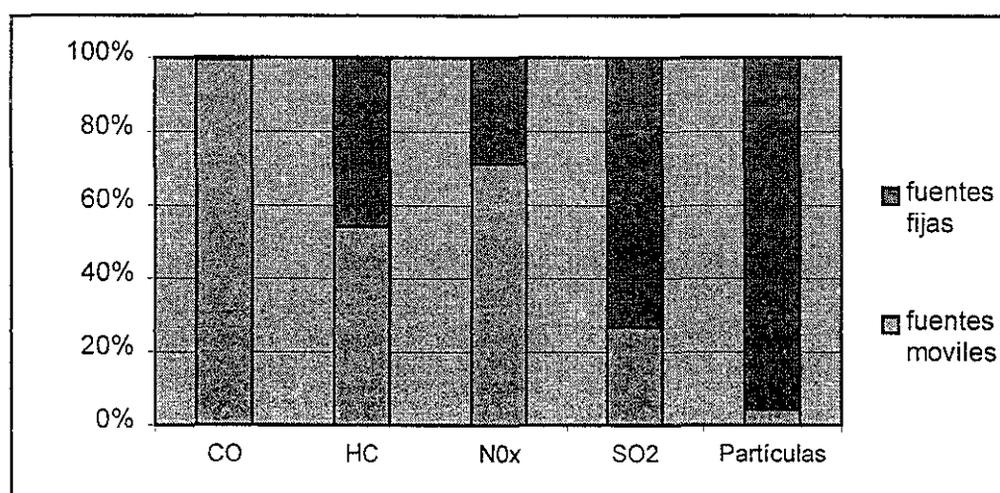
Fuente: Inventario Nacional de Gases de Invernadero

En los próximos años, México enfrentara los siguientes retos, sostener tasas de crecimiento superiores a las demográficas con el fin de garantizar una mejor calidad de vida y mitigar emisiones de gases de invernadero sin comprometer el desarrollo del país (figura 70).

En este proceso, la energía desempeña un papel doblemente estratégico, ya que el país además de ser consumidor también es productor y exportador. La producción nacional de energía satisface las necesidades del país, genera beneficios a la economía interna y abastece requerimientos de otras naciones. En la actualidad, 38% de energía primaria y 50% del petróleo se exporta [Balance de Energía, 1997].

El gobierno mexicano está consciente de que los procesos de producción y consumo de energía tienen impactos ambientales (tabla 23), los esfuerzos por reducir los efectos nocivos sobre el ambiente datan de los años cuarenta, con la promulgación de la *Ley de conservación de suelo y agua*. Posteriormente, en los años setenta, se promulgó la *Ley para prevenir y controlar la contaminación*.

Figura 70. Fuentes de gases contaminantes en la Ciudad de México



Fuente: SEMARNAP, 1996

A partir de 1982 la política ambiental mexicana comenzó a adquirir un enfoque integral reformándose la Constitución del país para crear nuevas instituciones y precisar las bases jurídicas y administrativas de la política de protección ecológica. En ese año se creó la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), la cual tenía como función desarrollar políticas ecológicas estableciendo líneas de acción para el gobierno y para la sociedad. También se promulgó la *Ley federal de protección al ambiente* (LEPA), la cual tenía como objetivo regular los efectos de la actividad industrial a través del manejo de residuos sólidos y las descargas, integrando el concepto de protección a la salud humana.

Con los antecedentes de esa reforma y con base en las leyes anteriores, en 1988 fueron promulgadas la *Ley General de Equilibrio ecológico y la Protección al Ambiente* (LGEEPA), el cual contenía 5 reglamentos, normas técnicas ecológicas y 4 normas oficiales

En 1992, la SEDUE cambia su nombre a Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), para formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo social, teniendo como base de acción el medio ambiente. Además, la SEDESOL cuenta con dos organismos descentralizados, con autonomía técnica y operativa: el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa).

En 1994, se crea la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), con el propósito de reconocer y asumir la responsabilidad de aprovechar, proteger y preservar los recursos naturales desde una perspectiva de sustentabilidad.

Tabla 23. Inventario de Emisiones en las principales ciudades de México

Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	Partículas		SO ₂		CO		NOx		HC		Total	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Industria	6,558	1.4	26,051	57.3	8,696	0.4	31,520	24.5	33,099	3.2	105,724	3.0
Servicios	1,077	0.2	7,217	15.9	948	0.1	5,339	4.2	398,433	38.9	413,014	10.0
Transporte	18,842	4.2	12,200	26.8	2,348,497	99.5	91,787	71.3	555,319	54.1	3,026,645	75.0
Suelos y vegetación	425,337	94.2							38,909	3.8	464,246	12.0
Total	451,614	100.0	45,468	100.0	2,358,141	100.0	129,646	100.0	1,025,760	100.0	4,009,629	100.0

Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana de Guadalajara
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	Partículas		SO ₂		CO		NOx		HC		Total	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Industria	2,687	0.9	6,594	71.9	2,396	0.3	4,175	11.0	4,848	3.4	20,700	2.0
Servicios	26	0.0	118	1.3	263	0.0	87	0.2	57,241	39.6	57,735	4.0
Transporte	5,845	1.9	2,461	26.8	895,991	99.7	33,820	88.8	82,318	57.0	1,020,435	73.0
Suelos y vegetación	294,304	97.2									294,304	21.0
Total	302,862	100.0	9,173	100.0	898,650	100.0	38,082	100.0	144,407	100.0	1,393,174	100.0

Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana de Monterrey
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	Partículas		SO ₂		CO		NOx		HC		Total	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Industria	45,946	6.0	27,997	91.9	3,281	0.3	18,549	36.0	5,578	5.0	101,351	5.0
Servicios	16	0.0	0	0.0	8	0.0	458	0.0	36,660	29.0	37,142	2.0
Transporte	5,941	1.0	2,469	8.1	904,473	99.7	34,268	64.0	83,137	66.0	1,030,288	53.0
Suelos y vegetación	763,725	93.0									763,725	40.0
Total	815,628	100.0	30,466	100.0	907,762	100.0	53,275	100.0	125,375	100.0	1,932,506	100.0

Fuente: Semarnap, 1996.

Para aplicar estas políticas el gobierno ha implementado una serie de programas e instrumentos para lograr que el desarrollo no afecte al medio ambiente, entre los más sobresalientes teniendo como parte fundamental el transporte, se encuentran:

➤ Impuesto ecológico a las gasolinas en el Valle de México

De acuerdo con la LGEEPA, los instrumentos económicos son mecanismos normativos y administrativos de carácter fiscal, financiero o de mercado, mediante los cuales las personas asumen los beneficios y costos ambientales que generan sus actividades económicas. A partir de este concepto, este impuesto fue diseñado como un mecanismo del Departamento del Distrito Federal (hoy GDF), para financiar la reformulación de las gasolinas, a fin de reducir la emisión de vapores contaminantes (sistema de recuperación de vapores). El impuesto se fijó en un centavo por litro en enero de 1995, y a partir de mayo de 1996 se incrementó el precio en tres centavos para la Nova y un centavo para la Magna.

Existen otros instrumentos que relacionan al transporte pero de forma indirecta con el medio ambiente como es el desecho de las llantas, aceites, etc. Esto se debe a que en México se generaron sólo en 1993 aproximadamente 17.7 millones de llantas usadas y durante el periodo de 1984 a 1993 un promedio anual de 13.2 millones. Las llantas representan un problema complejo de disposición final, debido a su forma, tamaño y características físicas y químicas y por la cantidad que se consume y luego se desecha. La clasificación de las llantas como residuo peligroso ha suscitado polémica. Actualmente se consideran como un residuo especial.

Para solucionar esta problemática se han identificado actividades económicas que las utilizan como insumo, siendo las principales: como combustible, fabricación de productos, ingeniería civil, pirólisis, agricultura, etc. De acuerdo a la experiencia internacional predomina la reutilización como combustible en hornos de cemento y en aplicaciones de ingeniería. En México se encuentra en fase inicial de reutilización bajo condiciones controladas, empleándose como combustible alternativo y existen propuestas de pirólisis y de desmenuzado. De igual forma la generación de aceite lubricante usado en México fluctúa

entre los 333 a 449 millones de litros, de los cuales 240 a 300 millones de litros no son recuperables.

En la búsqueda por solucionar esta problemática, se han realizado diversos estudios, en los que se plantea la necesidad de apoyar la normatividad vigente a través de incentivos económicos.

Entre las normatividad se encuentran las normas sobre calidad de los combustibles, medición de contaminantes, etc. El programa de verificación de vehículos nuevos en plantas tiene como propósito garantizar que los vehículos producidos o importados por las plantas armadoras en el país cumplan con la normatividad establecida en cuanto a emisión de gases y ruidos antes de salir al mercado. En el caso de vehículos importados, se considera suficiente la presentación del certificado de emisiones avalado por la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos.

Dentro de este programa, en 1995 se evaluaron 71 tipos de motor de los producidos en México, Mientras que se presentaron otros 37 con certificados de la EPA, por lo que la cobertura ascendió al 56.8% del total de los tipos de motor producidos e importados por las plantas armadoras del país. En 1996 se llevó a cabo la evaluación de 85 tipos de motor y se presentaron 72 certificados de la EPA, cubriéndose el 87.2% del total de los tipos de motor comercializados en México [INE, 1997].

Existe otro programa de detención y retiro de la circulación a vehículos ostensiblemente contaminantes, esta inició en el invierno de 1992-1993, operando en 30 puntos de detención en vías de acceso a la Ciudad de México, paraderos de autobuses y sitios estratégicos de la Zona Metropolitana. Este operativo consiste en la detención de vehículos que circulan en la vía pública y que emiten por el escape humo negro o azul de manera ostensible lo cual es indicativo de que el estado mecánico del motor del vehículo es malo y que sus emisiones pueden superar los niveles máximos permisibles que establecen las Normas Oficiales Mexicanas, por lo que, en caso de incumplir con estas el operador del vehículo es sancionado.

A través de este programa, durante el periodo comprendido entre el invierno 1994-1995 y 1996-1997 se han detenido un total de 40,593 vehículos de los cuales el 61.7% fue sancionado.

Esto es parte de lo que ha hecho el gobierno a nivel nacional, en el ámbito mundial, la presencia de México en los foros, agencias y organismos internacionales ambientales, se ha ampliado y fortalecido progresivamente, lo que ha permitido presentar posiciones nacionales y estrategias de aplicación.

La participación de México en la agencia internacional ambiental obedece a tres razones fundamentales:

1. El imperativo moral y racional de impulsar un desarrollo no depredador de los recursos naturales, sustentable en su sentido amplio, esto es, en los aspectos económicos, social y biogeofísico.
2. Disponer de un margen de acción en los foros internacionales en los que se haga prevalecer los intereses legítimos de México.
3. La necesidad de aprovechar al máximo las ventajas de la cooperación científica, técnica y económica que el entorno internacional ofrece.

Para México el foro de mayor importancia en cuestiones ambientales es la Organización de las Naciones Unidas, que es en realidad un conjunto de instituciones en las que las tareas ambientales se han repartido. Como resultado de la Cumbre de la Tierra, realizada en 1992, el PNUMA ayudó a materializar dos instrumentos, que se sumaron a las tareas realizadas anteriormente en materia de regulación internacional de sustancias químicas y movimientos internacionales de sustancias riesgosas, el Convenio Marco de Cambio Climático y la Convención de Diversidad Biológica [SEMARNAP, 1994].

En dicha cumbre se aprobó el Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable o Agenda 21, que constituye un marco de acción en diversos aspectos de la vida económica y social, relacionados con el concepto de sustentabilidad, pues contempla las previsiones financieras, institucionales y de transferencia de tecnología necesarias para su instrumentación en cada país.

Con el propósito de dar seguimiento a los acuerdos emanados de Río y a la aplicación de la Agenda 21, se creó la Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS) y se dio continuidad a las discusiones para el abordaje de los problemas de desertificación de los suelos y manejo sustentable de bosques.

Con respecto a la Convención Marco sobre Cambio Climático, México no se encuentra en posición de asumir los mismos compromisos que los países de la OCDE, pero el compromiso es lograr una mayor eficiencia energética en el consumo y generación de energía o bien a través de la captura de carbono atmosférico.

Con respecto a la reconversión energética, en 1994 se inició una política para que en el año 2000, 70% de las plantas termoeléctricas que funcionan con base en el combustóleo, ubicadas en zonas donde el ambiente presenta situaciones críticas, sean convertidas a gas natural. La conversión de 4,510 megawatts evitará el consumo de 364 millones de barriles de combustóleo en los próximos 10 años.

En forma conjunta con estas acciones los gobiernos de Estados Unidos y México, por medio de la EPA, financian estudios de los flujos de carbono asociados con el cambio del uso de la tierra que incluyen mediciones directas de la biomasa en diferentes tipos de vegetación.

La International Energy Agency – Greenhouse Gas R&D Programme realiza investigaciones sobre el costo y potencial de un sistema de captura de carbono a gran escala en el sur de la país, y para ello utiliza modelos económicos y de información geográfica mediante imágenes de satélite.

Otros estudios para mitigar emisiones es el uso de tecnologías de eficiencia energética: cogeneración para cinco ramas industriales (incluyendo cambios en tecnología actual y con nuevas plantas), lámparas compactas fluorescentes en el sector residencial e iluminación eficiente en el sector comercial.

Con respecto al transporte, el inventario desglosa las emisiones por sector productivo y por gas en la Cd. De México, de este inventario se observa que 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. Las soluciones planteadas para este sector son el mejoramiento del transporte colectivo, desarrollo y uso de nuevos combustibles, incremento del ahorro y eficiencia de la energía y eliminación de los combustibles fósiles.

Para concluir, México tiene las siguientes responsabilidades en materia ambiental ante la OCDE:

- a) El cumplimiento de los compromisos ambientales que México asumió al ingresar a la Organización, así como de aquéllos que suscriba en el futuro.
- b) Participar activamente en las actividades derivadas de la membresía de México en la OCDE, especialmente en lo que se refiere a protección ambiental y aprovechamiento de recursos naturales
- c) Designar representantes ante los 24 grupos del área ambiental y el grupo de pesca.
- d) Elaborar, coordinar y presentar las posiciones mexicanas en los grupos de trabajo internacional
- e) Fomentar la participación de otras dependencias gubernamentales, en los grupos de trabajo, promoviendo políticas ambientales en todas las ramas de actividad económica.

Por ello instauró el Programa Nacional de Acción Climática en 1999 donde se proponen un conjunto de acciones para disminuir la aportación de gases con efecto de invernadero.

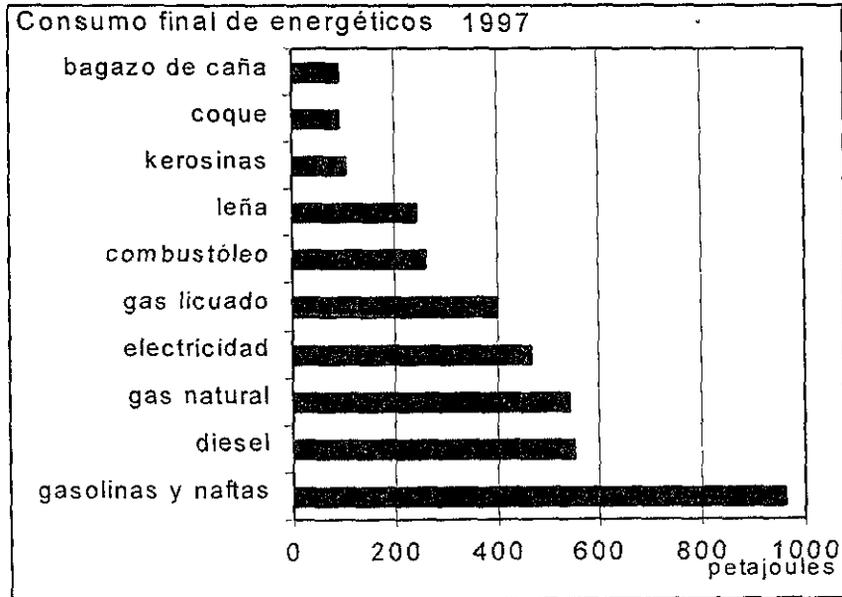
Otro estudio denominado Estudio de País coordinado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) refiere que en el territorio nacional los efectos del cambio climático tienen a modificar el régimen y la distribución espacial y temporal de las precipitaciones; al cambiar la humedad de los suelos y el aire, con alteraciones en los procesos de evapotranspiración y recarga de acuíferos; a la agudización de las sequías y la desertificación, etc. Estos cambios significan alteraciones significativas para todo tipo de actividad económica y social.

ANEXO C

Normatividad Ambiental y Emisiones Vehiculares en México

Es evidente el papel que desempeñan los combustibles convencionales derivados del petróleo en el esquema del consumo energético del país, ya que las gasolinas y el diesel aportan el 92% de la energía consumida en el sector transporte; el gas, el combustóleo y el diesel producen el 64.2% de la energía utilizada en el sector industrial; el diesel, las kerosinas y el gas licuado representan el 74.2% de los combustibles utilizados en el sector agropecuario y el gas licuado aporta el 43.2% de la energía consumida por los sectores comercial, residencial y privado, como se observa en la figura 72.

Figura 72. Consumo de energéticos en México



Fuente: Balance Nacional de Energía

Como puede verse, los diversos sectores y en especial el transporte, depende, en gran medida de combustibles derivados de petróleo, la cual es cubierta por Pemex. Sin embargo, el uso de estos combustibles tiene una relación directa en mayor o menor medida con el deterioro ambiental.

En el ámbito mundial el transporte ha sido siempre una de las principales prioridades en la sociedad, el presente siglo ha sido especial para la evolución del transporte con las máquinas de combustión interna, generando consigo problemas ambientales y de abasto de energéticos que han sido marcados por los embargos petroleros, la normatividad ambiental, etc.

En México los antecedentes en legislación acerca de la conservación ambiental 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 el desenvolvimiento de la política ambiental mexicana ha estado marcado claramente por tres etapas: La primera transcurrió durante la década de los setenta y culminó en 1982, y la segunda entre 1983 y 1992. A partir de 1992 cuando México participa en la Convención de Río se inician políticas que tienen como base el desarrollo sustentable que marca la tercera etapa.

1. México y el Medio Ambiente

Primera etapa 1971-1982

A raíz de los movimientos mundiales sobre medio ambiente, en 1971 México publicó la primera ley de protección ambiental y creó la Subsecretaría de Mejoramiento Ambiental adscrita al sector salud; a partir de entonces la sociedad mexicana y el gobierno han tratado de responder a los procesos de deterioro ambiental. Para ello el Ejecutivo Federal promulgó la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental la cual consta de 5 capítulos 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 Ambiente [Diario Oficial, 1971].

Durante este mismo sexenio, 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, esta sólo se circunscribió a un enfoque de salud pública, y a incipientes esfuerzos de planeación urbana y forestal llevados a cabo por la SAHOP y SARH. Por lo tanto la problemática ambiental quedó entonces incluida en las políticas de Estado, pero limitada a los fenómenos de contaminación y sus efectos en la salud (nunca trascendió del Diario Oficial o de las juntas burocráticas).

2. Segunda etapa: 1983-1991

Para esta nueva etapa el manejo institucional del tema ambiental ya no se limita al marco de la salud que le da origen, los horizontes de la temática ambiental cambian, además de incluir el control y prevención de la contaminación se incluye ahora temas como la restauración ecológica, ordenamiento territorial, conservación, aprovechamiento y enriquecimiento de los recursos naturales y formación de una conciencia ambiental.

Se toma como base para una nueva política ambiental el Programa Nacional de Ecología 1984-1988, elaborado por la Subsecretaría de Ecología. Este programa hace un análisis donde se obtiene como resultado que el principal responsable del deterioro ambiental es la forma de producción, planteando grandes metas de reducción de contaminantes.

Así se crea la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) que entró en vigor en 1988 donde se establecen criterios ecológicos, se determinan normas y programas para conservar, preservar y restaurar el ambiente, vigilando la aplicación de las normas y programas.

Contiene 6 títulos tiene por temas la política ecológica y sus instrumentos; las áreas naturales protegidas; el aprovechamiento racional de los elementos naturales; la prevención y control de la contaminación del agua suelo y aire, del ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica y olores y manejo de residuos peligrosos; la participación social; y las medidas de control y de seguridad y las respectivas sanciones.

La encargada de hacer cumplir la Ley era la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) sin embargo, no alcanzó estas metas; fue sesgadas sus prioridades y abandonando áreas completas. Así el esfuerzo se fue concentrando hasta la prevención y control de la contaminación dejando de lado los temas como ordenamiento, restauración y aprovechamiento de recursos.

El cambio sexenal de 1989 no significó modificaciones importantes en la política ambiental del país, aún cuando las manifestaciones de la degradación ecológica fueron más patentes, como lo habían expuesto los dos primeros informe sobre medio ambiente en México [SEDUE, 1986, Comisión Nacional de Ecología, 1988].

Esta Ley refleja una visión más integrada y completa sobre la problemática ambiental que su antecesora. Pero, a pesar de estos avances, no logra resolver la desarticulación de los problemas ambientales con los procesos productivos. No se asume plenamente que han sido las formas de apropiación de los recursos naturales y del crecimiento urbano las que han provocado la degradación ambiental.

La Ley de 1982 y 1988 tienen como insuficiencias comunes, entre otras cosas, la exclusión de la dimensión ambiental frente a la estrategia general y sectorial de desarrollo; y la ausencia de mecanismos para que la política económica y el mercado asumieran la dimensión ambiental como uno de sus elementos de funcionamiento.

Tercera etapa, 1992- ...

La permanente revisión de la política ambiental se ha acelerado en los años recientes por distintos motivos, entre otros, el deterioro ambiental, el aumento de costos que supone el deterioro, la presión de la sociedad y las políticas globales de protección.

Bajo estos términos, México inicia el sexenio con una participación más activa, por ello pública un nuevo Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente 1990-1994, presentado nuevos planes de acción como la conformación del Sistema de Monitoreo de la Calidad de Agua y en lo referente al aire la instalación de la Red de Monitoreo Atmosférico. Para las fuentes móviles se restringió la circulación de los automóviles una vez a la semana (esto en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México); se fijaron normas para la instalación de equipos anticontaminantes a las nuevas unidades de vehículos y se instaló la verificación obligatoria; se mejoró la calidad de las gasolinas; se sustituyeron los motores en la mayor parte de las unidades del Distrito Federal; se definió un Plan de contingencias que se aplica cuando se alcanza niveles peligrosos de contaminación, etc.

México presentó su primer inventario de emisiones en 1994, se creó que para mediados del 2000 presentará una nueva actualización, con lo anterior queda claro que existe un rezago entre las acciones del gobierno y las fuentes de información que podría señalar el camino a seguir para alcanzar un desarrollo sustentable.

Normas Oficiales Mexicanas de Aire

Monitoreo Ambiental

NOM-034-ECOL-1993 (18-OCT-93). Establece métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire y los procedimientos para la calibración de equipos de medición.

NOM-035-ECOL-1993 (18-OCT-93). Establece métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-036-ECOL-1993 (18-OCT-93). Establece métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos de calibración de equipos de medición.

NOM-037-ECOL-1993 (18-OCT-93). Establece métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos de calibración de equipos de medición.

NOM-038-ECOL-1993 (18-OCT-93). Establece métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos de calibración de equipos de medición.

Fuentes Fijas

NOM-086-ECOL-1994 (02-DIC-94). Especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles.

NOM-092-ECOL-1995 (06-SEPT-95). Regula la contaminación atmosférica y establece los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el Valle de México.

NOM-093-ECOL-1995 (01-SEPT-95). Establece el método de prueba para determinar la eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo.

Fuentes Móviles

NOM-041-ECOL-1993 (22-OCT-93). Establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

Los niveles máximos permisibles están en función del año-modelo, peso y uso de los vehículos automotores. En México son los siguientes:

Tabla 24. Automóviles que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos con peso bruto de 400 a 3,857 kg

Año-Modelo del Vehículo	Hidrocarburos (HC) ppm	Monóxido de Carbono (CO) % vol	Oxígeno (máx) (O ₂) % vol	Dilución	
				Min.	Max
				(CO+CO ₂) %vol	
1979 y anteriores	700	6.0	6.0	7.0	18.0
1980-1986	500	4.0	6.0	7.0	18.0
1987-1993	400	3.0	6.0	7.0	18.0
1994 y posteriores	200	2.0	6.0	7.0	18.0

Fuente Céspedes, 1998.

Las especificaciones de los niveles máximos permisibles de emisiones provenientes del escape de vehículos en circulación en la Zona Metropolitana del Valle de México son más estrictas y se aplican sobre 3 grupos vehiculares: automóviles, camiones ligeros y taxis, colectivos y microbuses.

Tabla 25. Automóviles particulares en circulación que utilizan gasolina (ZMVM) en función del año-modelo

Año-Modelo del Vehículo	Hidrocarburos (HC) ppm	Monóxido de Carbono (CO) % vol	Oxígeno (máx) (O ₂) % vol	Dilución	
				Min.	Max
				(CO+CO ₂) %vol	
1985 y anteriores	350	3.5	6.0	7.0	18.0
1986-1990	300	3.0	6.0	7.0	18.0
1991 y posteriores	200	2.0	6.0	7.0	18.0

Para los taxis, colectivos y microbuses de forma independiente de su año-modelo, los máximos permisibles son los siguientes:

Tabla 26. Taxis, colectivos y microbuses independiente de año-modelo (ZMVM)

Año-Modelo del Vehículo	Hidrocarburos (HC) ppm	Monóxido de Carbono (CO) % vol	Oxígeno (máx) (O ₂) % vol	Dilución	
				Min.	Max
				(CO+CO ₂) %vol	
Taxis, colectivos Y microbuses	200	2.0	6.0	7.0	18.0

Fuente: Céspedes, 1998

NOM-042-ECOL-1993 (22-OCT-93). Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos en plantas, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustibles que usan gasolina, gas licuado de petróleo (gas LP), gas natural y otros combustibles alternos, con peso bruto vehicular de 400 a 3857 kg.

Esta norma oficial mexicana es obligatoria para los fabricantes e importadores de vehículos con las siguientes especificaciones:

Tabla 27. Automóviles que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos con peso bruto de 400 a 3,857 kg

Año-Modelo del Vehículo	Niveles máximos permisibles de emisión (g/km)			
	Hidrocarburos	Monóxido de Carbono	Óxidos de nitrógeno	g/prueba HC Evaporativos
1994	0.25	2.11	0.62	n.a.
1995 en adelante*	0.25	2.11	0.62	2.0*

*Hidrocarburos evaporativos medidos en gramos por prueba, certificado por los métodos, procedimientos y combustibles establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos en tanto no se tenga un laboratorio en México

n.a.: no aplica

Fuente: Céspedes, 1998

vehículos automotores en circulación que usan gas LP, gas natural u otros combustibles alternos como combustibles.

NOM-076-ECOL-1995 (26-DIC-95). Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas LP, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3857 kg. nuevos en planta.

NOM-077-ECOL-1995 (13-NOV-95). Establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

ANEXO D

Evolución del automóvil y su rendimiento

El automóvil es una máquina de combustión interna alternativo, integrado por diferentes sistemas, los cuales se describen en este anexo y cual ha sido su evolución

Componentes del motor.

El motor es la fuente de energía del automóvil. Básicamente, es una maquina capaz de convertir la energía calorífica que se genera en su interior, en energía mecánica para dar el movimiento a las ruedas.

Los motores pueden clasificarse de diferentes maneras:

- Por el número de cilindros: 4, 6 8, etc.
- Por el arreglo de los cilindros: en línea o en V.
- Por el tipo de colocación de las válvulas: I, L, T o F (los tipos I y L son los tipos más comunes).
- Por el sistema de enfriamiento: aire o líquido.
- Por el tipo de ciclo: 2 o 4 tiempos.
- Por el tipo de combustible: gasolina o diesel.

Los motores que más emplean en la construcción de automóviles son de cuatro tiempos y cuatro cilindros en línea, aunque no es raro ver modelos medios de cuatro cilindros opuestos (también denominados Boxer). Los motores de seis cilindros en línea y en V se reservan para vehículos deportivos, lo mismo que los motores de ocho o doce cilindros, que se emplean en vehículos de lujo o de mayor peso.

Motores de cuatro tiempos

La gran mayoría de los motores actuales, el ciclo de funcionamiento es el de 4 tiempos, denominado también ciclo de Otto, en honor a su inventor. La denominación de 4 tiempos se debe a las cuatro fases de su desarrollo: admisión, compresión, explosión y escape.

Con el pistón en el punto más alto que puede alcanzar dentro de un cilindro, el punto muerto superior (PMS), y con la válvula de admisión abierta para dar paso a la mezcla de combustible-aire, el pistón se mueve (tirado por la biela, que a su vez es arrastrada por el cigüeñal) hacia su punto más bajo, el punto muerto inferior (PMI), llenándose el cilindro con la mezcla de aire-combustible. Esta fase o carrera del pistón se denomina admisión.

Con el pistón en el PMI y el cilindro lleno de combustible y aire, se cierra la válvula de admisión y el pistón sube (empujado por la biela que mueve el cigüeñal) hasta el PMS, comprimiendo la mezcla. Esta es la fase denominada compresión.

Con el pistón en el PMS y la mezcla comprimida en el espacio que queda entre la cabeza del pistón y el fondo de la culata (espacio denominado cámara de combustión), la chispa de la bujía inflama la mezcla produciendo una explosión, que lanza al pistón hacia el PMI debido a la fuerza de expansión de los gases quemados, lo que hace girar el cigüeñal y produce su movimiento rotativo. Es la fase denominada explosión o fase de trabajo.

Cuando el pistón llega al PMI y el cilindro está lleno con los gases quemados, se abre la válvula de escape, el pistón es empujado de nuevo por el movimiento rotativo del cigüeñal, expulsa en su carrera ascendente hacia el PMS los gases de escape, que salen de la cámara de combustión a través del orificio de la válvula. Esta última, es la fase denominada de escape y al finalizar ésta, con la llegada del Pistón al PMS, se cierra la válvula de escape, y todo el proceso vuelve a empezar; se abre la válvula de admisión y deja pasar la mezcla gaseosa al cilindro cuyo pistón va descendiendo hasta llegar al PMI; de nuevo hay compresión al subir al PMS; se produce la explosión hasta llegar al PMI y luego el escape de los residuos de los gases quemados.

Para comenzar su ciclo de funcionamiento, un motor de explosión debe ser impulsado inicialmente por un una fuente de energía externa, que generalmente es el llamado motor de arranque. Se trata de un dispositivo eléctrico que mueve el volante de inercia al que está unido el cigüeñal, porque la primera carrera de trabajo real del pistón no se produce hasta la tercera fase del ciclo, la denominada de explosión.

Durante el desarrollo del ciclo de cuatro tiempos, el cigüeñal da media vuelta por cada carrera ascendente o descendente del pistón, lo que totaliza dos vueltas completas de cigüeñal por ciclo.

De las cuatro carreras del pistón, solo una, la correspondiente al tiempo de explosión, produce trabajo. Por tanto, por cada ciclo completo, el cigüeñal recibe el impulso del pistón únicamente por espacio de media vuelta. De esta manera, en las siguientes tres medias vueltas el pistón no produce trabajo, sino que lo absorbe. Por esta razón en los motores de varios cilindros, las carreras de trabajo de unos pistones suministran energía para el movimiento de los otros pistones que están en fase de escape, admisión o compresión.

En el ciclo de cuatro tiempos, el orden de encendido de los cilindros es muy importante. Los contrapesos del cigüeñal están dispuestos de forma que lo equilibran perfectamente y aseguran que le encendido de cada cilindro produzca su efecto de una forma regular. Por ejemplo, en un motor de cuatro cilindros en línea, cuyo orden de encendido fuera 1,2,3,4, tanto el cigüeñal como los soportes del motor estarían sometidos a considerables esfuerzos y vibraciones. Por ello, y para reducir al mínimo, generalmente se establece el siguiente orden de encendido: 1,2,4,3 ó 1,3,4,2.

Los avances tecnológicos en este apartado son básicamente tres:

1. Hallar una geometría de la cámara de modo que esta sea lo más semiesférica posible.

en la parte superior; es decir, en la cámara de combustión, y así mismo, se necesita una segunda abertura para evacuar los gases de la combustión. Esas aberturas no pueden permanecer siempre abiertas, sino que deben poderse abrir y cerrar en el momento adecuado.

Las válvulas que se utilizan en los motores de explosión son las denominadas de "hongo" o "tulipa", denominadas así por su forma: una cabeza muy grande y plana con un fino vástago o caña.

Cada válvula se desplaza por el interior de una guía, que es la que hace que tenga una trayectoria rectilínea. Cuando la válvula se mueve hacia arriba, la cabeza de la misma se ajusta contra una abertura redonda en la cámara de combustión, abertura que se denomina lumbrera o asiento de válvula.

Generalmente, las válvulas de admisión suelen ser de mayor tamaño que las de escape, debido a que el flujo de gases en la admisión es más lento que en el escape, y además, en este último tiempo actúan bajo presión.

Una válvula debe tener en primer lugar la virtud de conseguir la estanqueidad sobre su asiento, de forma que, cuando permanezca cerrada, quede el conducto de paso de gases herméticamente cerrado con respecto a la cámara de combustión. La más mínima fuga sería causa de una falta de compresión y un deficiente aprovechamiento de la fuerza expansiva de la explosión. El contacto deficiente de una válvula sobre su asiento es el primer paso para una avería grave en el motor.

Las válvulas, fundamentalmente las de escape alcanzan elevadas temperaturas, por efecto de la energía calorífica que se produce en la cámara de combustión en el momento de la explosión, donde se llega a temperaturas cercanas a los 3,000 grados. Por ello, se construyen con materiales especiales y en algunos caso están refrigeradas en su interior.

Tradicionalmente, los motores han llevado dos válvulas por cilindro, aunque en los años noventa se llegaron a comercializar modelos con culatas de tres válvulas por cilindro: dos pequeñas de admisión y una grande de escape. Sin embargo, en los últimos años se ha vuelto a las cuatro válvulas por cilindro.

Es una técnica que hace tiempo empezó a imponerse en motores de competición, ya que con esta solución se consigue que el motor respire mucho mejor a regímenes más elevados, a costa de perder respuesta en baja, algo que en competición no llega a tener mucha importancia, aunque no es la fórmula ideal para los coches en serie.

La adopción de cuatro válvulas por cilindro aporta una serie de ventajas interesantes, por una parte se mejora sustancialmente la capacidad de llenado de los cilindros, lo que se traduce de forma inmediata en un apreciable aumento de rendimiento y potencia del motor y, lo que es más importante se consiguen gases de escape menos contaminantes.

Por otra parte, las cuatro válvulas por cilindro permiten diseñar cámaras de combustión con una forma mucho más compacta, en las que la relación entre superficie y volumen es

muy favorable. Esto, se traduce en un excelente aprovechamiento del poder calorífico del combustible, repercutiendo de nuevo en el rendimiento y también en los consumos.

Otro punto interesante es que, con cuatro válvulas por cilindro, se puede colocar la bujía en el centro de la cámara de combustión de forma que el frente de la llama se extienda por la cámara de forma uniforme. Si a esto añadimos que la forma de la cámara se puede diseñar para que no haya puntos de difícil acceso para los gases y su explosión, y que es más fácil crear en ella fuertes turbulencias, el resultado es que se puede trabajar con mayores relaciones de compresión que las utilizadas en los motores de dos válvulas por cilindro. Otra ventaja del sistema de cuatro válvulas es que al ser más pequeñas las válvulas, se reduce su peso, lo que repercute directamente en que los muelles que las accionan puedan ser más flojos, lo que a su vez hace que se pierda menos potencia en moverlos. Además, el peso reducido de las válvulas permite la utilización de tanques hidráulicos sin que se presenten problemas a regímenes más elevados.

La gran desventaja, en los motores de cuatro válvulas, es que su respuesta en baja velocidad es inferior a la de los motores con dos válvulas. Al trabajar con secciones de entrada de gases bastante mayores (hasta un 30%), la velocidad de los mismos cuando el motor gira a bajo régimen hace que la mezcla no se dosifique correctamente, por lo que se produce un empobrecimiento que se ve agravado, por el hecho de que con este tipo de distribución es más fácil que se produzcan retornos por los conductos de admisión antes de que se cierren las válvulas.

MOTORES TURBOALIMENTADOS

Sobrealimentar un motor puede definirse como la forma de utilizar un sistema mediante el cual se consiga aportar al interior de cada cilindro una mayor cantidad de mezcla aire-gasolina de la que el motor podría aspirar por medios naturales. Esta entrada forzada de la mezcla, hace que aumenten las presiones en el interior de la cámara de combustión y se obtenga con ello mayor potencia.

Para llevar a cabo la sobrealimentación de un motor, tanto de gasolina como de ciclo diesel, se necesita la colaboración de una máquina capaz de tomar aire a la presión atmosférica y comprimirlo lo suficiente para conseguir una sobre presión. Éste trabajo lo realiza un compresor que puede ser volumétrico, el turbocompresor y el comprex, una variante de este último

Los turbocompresores tiene la ventaja que no consumen energía efectiva del motor, además de estar facultados para poder girar a un alto régimen de r.p.m. Estas dos ventajas, pueden ser aplicados a los motores por su pequeño tamaño.

El inicio del turbo en el motor de explosión se produjo más tarde y su aplicación comenzó en la competición después de que por los años setenta se utilizase con profusión el compresor volumétrico. Los éxitos más notables en la implantación del turbo se deben al ingeniero Auguste Rateau. Posteriormente, por encargo de Renault, comenzó en los años setenta a realizar prototipos en la categoría de deportivos. Así nació el Renault Alpine A-442 que sirvió de base para el motor de Fórmula 1 que debuto en 1977. AS partir de ese

momento, comenzó una vertiginosa carrera en la aplicación del turbo para motores de vehículos en serie.

El turbocompresor se podría definir como un compresor movido por una turbina. Se puede considerar que esta formado por tres cuerpos: el de la turbina, el de los cojinetes o central y el compresor. Tanto el de la turbina como el del compresor, van acoplados a ambos lados del de los cojinetes.

Así, en uno de los lados del eje central del turbo van acoplados los álabes de la turbina, y en el otro extremo los álabes del compresor. Los gases de escape, al salir con velocidad, hacen que giren los álabes de la turbina a elevadas velocidades, y ésta, a través del eje central, hace girar el compresor que, a su vez, impulsa el aire a presión hacia las cámaras de combustión.

Tanto los alabes de la turbina como los del compresor giran dentro de unas carcasas que en su interior tienen unos conductos de formas especiales para mejorar la circulación de los gases. El eje común central gira apoyado sobre cojinetes situados entre compresor y turbina, y también está recubierto por una carcasa. El eje y los cojinetes reciben del propio motor lubricación forzada de aceite, que llega a la parte superior del cuerpo de cojinetes, se distribuye a través de conductos en el interior y desciende a la parte inferior.

En el cuerpo del compresor, el aire entra por el centro de la carcasa dirigido directamente al rodete de álabes, que le dan un giro de 90 y lo impulsan hacia el difusor a través de un paso estrecho que queda entre la tapa, el cuerpo central y la pared interna del difusor. Este es un pasaje circular formado en la carcasa, que hace dar una vuelta completa al aire comprimido para que salga tangencialmente hacia el colector de admisión.

En el cuerpo de la turbina, los gases de escape entran tangencialmente y circulan por un pasaje de sección circular que se va estrechando progresivamente y los dirige hacia el centro, donde está situado el rodete de álabes de la turbina. Al chocar contra los álabes, los gases hacen girar la turbina, cambian de dirección 90 y salen perpendicularmente por el centro hacia el tubo de escape. El cuerpo de la turbina es de fundición, o de fundición con aleación de níquel, y el rodete se suele fabricar en aleaciones de níquel, de alta resistencia al calor.

La utilización del turbo no sería posible en un motor sino se pudiera regular la sobrepresión que en mayor o menor grado aporta, de acuerdo con su mayor o menor velocidad de giro. Es evidente que a pocas revoluciones es de poca consideración y la velocidad de giro de la turbina resulta muy moderada. Pero cuando el motor aumenta su régimen de giro, la turbina recibe una mayor densidad y velocidad de los gases de escape, de modo que aumenta también su giro y con ella lo hace el compresor, que adquiere de ese modo elevados valores de sobrepresión.

Para que el conjunto funcione correctamente el turbo no ha de sobrepasar ciertos valores de sobrepresión, que oscilan generalmente entre los 0.4 y 0.7 bares, según el diseño, de modo que se hace necesaria una válvula de seguridad que controle la presión máxima para la que el motor ha sido diseñado. Esto se consigue por medio de la válvula de descara, también conocida como "waste gate", que desvía las presiones de los conductos cuando alcanzan valores superiores a los establecidos. Esta válvula está

gobernada automáticamente por una cápsula manométrica que actúa en función de la presión de admisión.

MOTORES CON COMPRESOR VOLUMETRICO

Uno de los sistemas más antiguos de sobrealimentar motores ha sido la aplicación de compresores volumétricos, técnica que estuvo casi en desuso a nivel comercial durante años, hasta que a finales de la década de los 80, cobró un nuevo impulso cuando fabricantes como Lancia o Volkswagen iniciaron su aplicación en modelos de gran serie.

El objetivo de la instalación en el automóvil de sobrealimentadores como los compresores volumétricos, es conseguir un mejor rendimiento del motor a base de llenar los cilindros lo más rápido y con la mayor cantidad de mezcla aire/combustible posible. Existen varios tipos de compresor aunque casi todos han partido del mismo concepto: hacer circular el aire a mayor velocidad de la proporcionada la presión atmosférica, para acumular la mayor cantidad de aire posible en el conducto de admisión y crear una sobrepresión en él.

Todos los compresores tienen una característica en común, que además es una de las principales desventajas: su accionamiento es mecánico y para funcionar necesitan ser movidos por el cigüeñal del motor, arrastre que supone una merma considerable en el potencial del motor. Pero esta desventaja tiene su gran contrapartida y es que al ser accionados directamente por el motor, se ponen en funcionamiento en el mismo instante en que éste arranca, y aumentan o disminuyen en su función de sobrealimentación en perfecta armonía con el régimen de giro del motor. Con ello, se consigue una sobrealimentación instantánea y muy equilibrada a cualquier régimen de giro, cosa que como se ha visto en otro capítulo, no ocurría con el turbo, que solamente conseguía entrar en funcionamiento útil cuando los gases de escape que lo accionaban tenían la suficiente velocidad para arrastrar la turbina.

Uno de los mejores logros dentro del campo de la sobrealimentación por medio de compresores volumétricos lo ha construido Volkswagen, aplicándolo en varios de sus modelos más populares. El G, es un compresor en espiral y se diferencia de otros modelos sobre todo porque su diseño ha eliminado los elementos en rotación para conseguir la circulación del aire.

En el compresor G, la compresión que se produce en el conducto del caracol es consecuencia del movimiento oscilante de su pieza interior, y las características de suministro de flujo de éste compresor cumplen el requisito más importante: una rápida creación de presión. A su elevada capacidad de circulación se aúna además un bajo consumo de energía, ya que las pérdidas por rozamiento son muy pequeñas en los cojinetes del compresor implantado en sus modelos por el fabricante alemán Volkswagen.

La marca japonesa Mazda utiliza un compresor volumétrico helicoidal en su motor V6, mandado por una pulea de diámetro variable. Esta pulea, al variar su diámetro, y consecuentemente su relación de transmisión, es capaz de disminuir el esfuerzo de giro en regímenes altos. Gracias a ello se palián las pérdidas de potencia producidas por el

arrastre del compresor en alta, conservando unas buenas cualidades de sobrealimentación.

Transmisiones automáticas

La transmisión es un mecanismo de engranes, ejes y otros componentes que multiplican la potencia de impulsión del motor y permite establecer distintas relaciones entre ésta y la velocidad de las ruedas motrices. La evolución a sido tal en este campo que existe transmisiones semiautomáticas, secuenciales, de variador continuo, con embragues pilotados, etc.

La principal diferencia de una caja de cambios automática con una manual es que se utilizan unos engranajes especiales conocidos como epicicloidales. Están formados por tres elementos: un piñón central llamado planetario, una corona exterior y tres piñones denominados satélites, que giran entre los dos anteriores. Si estos tres elementos giran libre, no transmiten movimiento, pero sí lo hacen cuando se bloquea uno de ellos. Cada elemento del engranaje epicicloidal puede recibir la fuerza del motor, y cualquiera de los otros dos transmitirla al diferencial, por lo que con un solo engranaje se obtienen dos desmultiplicaciones diferentes. Una caja automática consta de dos, tres o incluso más trenes de engranaje epicicloidales, uno tras otro, sobre el eje de entrada y salida. La conexión entre ellos se realiza mediante discos circulares de fricción. En las cajas automáticas, la fuerza para cambiar de velocidad no proviene del movimiento de la palanca, sino de la bomba hidráulica.

La segunda diferencia entre una caja automática y una manual, es que en la primera no hay embrague, sino que se recurre a un convertidor hidráulico par. En este sistema no hay una unión mecánica entre motor cambio, sino que se aprovecha la fuerza centrífuga que actúa sobre el aceite para transferir la fuerza giratoria del motor al eje primario de la caja de cambios. El convertidor consta de tres elementos que forman un anillo toroidal cerrado, en cuyo interior está el aceite. El impulsor o bomba tiene forma de disco, cuenta con aspas curvadas en su interior y está unido al cigüeñal. La turbina es similar, pero está unida al primario de la caja. Por último, el estator o reactor está entre los dos platillos anteriores, va acoplado al primario del cambio, pero sólo gira en una dirección.

Los cambio automáticos más sencillos funcionan con un convertidor hidráulico de par o torque transmite la fuerza del motor a la transmisión y de aquí a las ruedas. Actualmente las cajas automáticas con control electrónico y programas de funcionamiento según el tipo de automóvil: deportivo para alcanzar regimenes de velocidades altos en poco tiempo, económico en que se busca una relación más larga y el denominado invierno que selecciona la segunda velocidad para arrancar, evitando pérdidas de tracción.

Sin embargo, la nueva generación de cambios automáticos son cambios "inteligentes" o adaptativos. La empresa Mitsubishi dio el primer paso con su INVECS-II, en este diseño una computadora analiza las condiciones de carretera y el estilo del conductor. Una vez procesados, la computadora memoriza estos datos y selecciona la secuencia lógica de cambios. De forma similar Volkswagen tiene el DSP o caja proactiva desarrollada en conjunto con el Renault y el Grupo Peugeot-Citroën.

En las cajas de transmisión manual, los nuevos diseños funcionan como cajas automáticas, pues pasa a una velocidad superior cuando llega al corte de inyección, no permite selecciones que provoquen sobrerregimen e inserta automáticamente la primera velocidad si el auto se detiene por completo.

Este tipo de cambios ofrece un alto rendimiento, existen otras cajas como la que tienen Mercedes la cual no tienen un convertidor de torque, sino un embrague y una palanca convencionales, aunque no hay pedal de embrague. Un sensor en la propia palanca de cambios y otro en el acelerador detectan los cambios de velocidad y mandan una señal a una bomba de presión que se encarga de dirigir la horquilla del embrague. La computadora detecta los cambios de marcha rápidos y enérgicos o suaves y hace que el sistema embrague o desembrague con mayor o menor rapidez.

CARROCERIA

Con la primera crisis petrolera, la industria automotriz enfrento nuevos retos, la necesidad de fabricar vehículos que consumieran menos gasolina introdujo la cuestión aerodinámica y el peso como factores principales en el diseño de los automóviles. Obtener un buen coeficiente de penetración en el aire es sinónimo de reducción de consumo cuando se circula a velocidades elevadas por carretera. Aunque pueda no parecerlo, el aire presenta una elevada resistencia al movimiento de los cuerpos y esta resistencia está directamente ligada con la forma de los cuerpos y al cubo de la velocidad a la que se desplazan.

En recorridos urbanos, como la velocidad es baja, la aerodinámica de los vehículos no influye demasiado. Pero en carretera, un buen diseño aerodinámico revierte en economía de combustible. Otro de los factores que cobró especial importancia a raíz de la crisis del petróleo fue el peso de los coches. El bajo peso redundaba también en un menor consumo ya que hay que invertir menos cantidad de energía en acelerar (y también al frenar) el vehículo.

El principal problema que se presenta al obtener una carrocería aerodinámica, es el confort de los pasajeros y no queda más remedio que llegar a un punto de equilibrio entre ambas necesidades. Una situación parecida se relaciona con el peso del automóvil; si bien un descenso de peso redundaba en beneficios evidentes en cuanto a consumo y a seguridad activa (con menos peso se frena y acelera mejor y la inercia en las curvas es inferior) la seguridad pasiva se resiente de las reducciones de peso. La carrocería debe contar con estructuras deformables que absorban energía en caso de colisión. Esta estructura está formada por elementos metálicos que tienen un peso. Pero también sistemas de control de frenado y tracción, airbag, cinturones de seguridad con pretensado, barras laterales en las puertas para disminuir los riesgos de intrusión lateral, etc. van sumando peso, por lo que también hay que buscar el equilibrio en este campo.

La tendencia actual, una vez superada las crisis energéticas, se dirige hacia el incremento de la seguridad y de la habitabilidad, abandonando la propensión a reducir el peso de los vehículos y la altura destinada a los pasajeros para obtener un mejor coeficiente aerodinámico.

AIRE ACONDICIONADO

El equipo de aire acondicionado para automóviles está concebido, desde 1927, con un objetivo, que el interior del vehículo resulte confortable independientemente de la temperatura exterior. La principal desventaja que presenta este sistema es la pérdida de potencia y, por consiguiente, el aumento del consumo que experimenta un coche al conectar el aire acondicionado, pero con la configuración de los sistemas de aire actuales la pérdida de potencia se ha reducido y oscila entre 2 y 5 hp, según el equipo.

En los últimos años, se han llevado pruebas en un túnel de viento, se comprobó que un coche consume más combustible cuando rueda a 80 km/h con una ventanilla abajo, que si llevase la ventanilla cerrada y el aire acondicionado funcionando. Ello se debe a las turbulencias que la ventanilla genera en las corrientes de aire; es decir, cuando un determinado volumen de aire circula lineal y fluidamente a alta velocidad sobre un objeto sólido, y cualquier protuberancia o hendidura de su superficie rompe ese recorrido lineal.

Los equipos de aire acondicionado basan su funcionamiento en el fenómeno de la absorción de calor de un líquido al evaporarse o de un gas al expansionarse. La absorción de calor (o producción de frío) es un fenómeno físico de fácil comprensión; basta con recordar la sensación que se produce al frotarse las manos con alcohol y el frío que se produce cuando este se evapora.

El equipo de aire acondicionado, en aplicación de estas propiedades físicas, fundamentalmente se compone de un sistema de tuberías y mecanismos a través de los cuales se hace circular el fluido refrigerante, sometiéndolo de manera alternativa a operaciones de compresión y expansión.

Dentro de un circuito cerrado de presión y lleno de un líquido de muy bajo grado de ebullición, que es el refrigerante, el sistema tiene un compresor, un condensador (que es un radiador similar al del sistema de refrigeración del motor), un depósito separador de humedad, una válvula de expansión y un evaporador. Algunos sistemas incluyen otros componentes adicionales como embragues electromagnéticos, relés ventiladores y una serie de pequeños complementos mecánicos y electrónicos.

El funcionamiento de un sistema de aire acondicionado para un automóvil es similar al de un refrigerador doméstico. Se basa en las propiedades físicas de los gases, que al cambiar de estado líquido a gaseoso bajan la temperatura ambiente de donde se produce el fenómeno.

El fluido refrigerante comúnmente utilizado en este tipo de instalaciones es el denominado Freón R12, un gas volátil y poco ecológico (contiene clorofluorocarbonos), que a temperatura y presión ambiental se encuentra siempre en estado gaseoso. En el ciclo de refrigeración, el compresor impulsa a presión al Freón en estado gaseoso hasta el condensador y a la salida del compresor, mientras una válvula isobárica regula la presión máxima del gas. El aumento de presión provoca un aumento de temperatura del Freón que entra en el condensador, donde al enfriarse súbitamente se condensa y pasa al estado líquido.

Un interruptor térmico pone en funcionamiento el electroventilador cuando la temperatura del Freón supera los 55-60 grados. El Freón pasa entonces por un filtro especial que retiene todo tipo de partículas extrañas y la humedad que pueda contener. Una válvula de expansión se encarga a continuación de bajar la presión del gas que entrando al serpentín pasa a estado gaseoso liberando gran cantidad de frío y enfriando el serpentín y las aletas o laminillas metálicas que rodean los tubos. El conjunto evaporador alcanza entonces temperaturas muy bajas, cercanas a los cero grados, y está en disposición de enfriar el aire que pase por sus aletas.

El electroventilador absorbe el aire del interior del vehículo y lo hace pasar a través del evaporador, donde se enfría y al mismo tiempo pierde parte de su humedad, que al condensarse en forma de gotas de agua es expulsada al exterior. El aire que se ha enfriado al pasar a través del evaporador regresa al interior del automóvil a través de los difusores de aireación y así cumple su misión de enfriar el ambiente.

Con el tiempo se ha demostrado que los gases utilizados como refrigerantes en los sistemas de aire acondicionado son perjudiciales para el medio ambiente ya que dañan la capa de ozono, dada la alta concentración de emisiones de CFC que producen. Tras los acuerdos de Montreal en 1990, cuando se decidió dar un plazo a nivel mundial para la progresiva supresión de los CFC que forman parte de los sistemas de refrigeración, se inició una serie de investigaciones para encontrar un gas sustituto, el cual fue el R-134^a, un gas que, carente de cloro, no deteriora la capa de ozono. Pero la sustitución del Freón por el nuevo gas no es tan sencilla y de hecho hoy día continua utilizándose. Los aceites minerales que arrastra el Freón, que sirven de lubricantes para los equipos acondicionadores de aire, no son solubles en el nuevo gas refrigerante, lo que ha obligado a diseñar lubricantes sintéticos nuevos, que muestran una elevada afinidad por el agua y resultan agresivos para las juntas empleadas habitualmente en los sistemas acondicionadores.

Por otra parte, dadas las especiales propiedades termodinámica de los nuevos gases, se requieren mayores presiones de utilización, cosa que hace necesario el montaje de retenes más sólidos, obliga a mejorar el trasvase de calor en el condensador a base de aumentar su tamaño (hasta un 20%), exige en la fabricación una ausencia total de soldaduras y que los canales sean de mayor turbulencia. También, el filtro ha de crecer, puesto que el R-134^a necesita una elevadísima pureza.

Según los fabricantes del nuevo gas ecológico sus costos de producción son mayores y se calcula que los costos de reposición de gas en los circuitos de refrigeración se elevarán cerca de un 30% a causa de los cambios que han de sufrir los equipos de recarga en los talleres.

El uso del aire acondicionado presenta problemas en los autos compactos ya que disminuye su potencia cuando el compresor entra en funcionamiento, dado que éste es arrastrado directamente por el motor. Las contramedidas técnicas que se están implantando y el aumento paulatino de potencia en los motores más pequeños hacen que el problema disminuya.

La potencia que consume un compresor depende de muchos factores: marca, modelo, sistemas alternos, etc. pero se puede estimar, según los estudios se puede llegar a disminuir en un 20% la potencia de un motor a cierta velocidad. Tomando como ejemplo

un VW Golf de 90 hp, entre 1,200 y 2,000 r.p.m., el compresor absorbe casi 2.5 kgm de par motor y a 3,000 r.p.m. es tan solo de 1.3 kgm. De hecho, con el aire acondicionado, a 3,000 r.p.m. se tiene el mismo par que a 2,000 r.p.m. pero, por debajo de este régimen, el hecho de conectar el compresor conlleva a una merma de potencia de aproximadamente el 25%.

Además de los sistemas de climatización, empresas automotrices están empleando unos nuevos cristales tintados que reflejan un tercio de las radiaciones, frente a un 5% de cristales opacos convencionales. Así se consigue reducir en un tercio el tiempo necesario para obtener la temperatura deseada.

LLANTAS

El primer dato que se conoce sobre una solución neumática aplicada a las ruedas data de 1945, fecha en la que Robert Thomson patentó un "dispositivo neumático para aplicarlo a la ruedas de los carruajes". Este dispositivo denominado "rueda aérea" fue mostrado públicamente en el Regent's Park en Londres, donde su pudo comprobar el incremento de suavidad que aportaba al ser montado en las ruedas de una calesa. Sin embargo, este invento no despertó el menor interés en su época.

Cuarenta años después, John Dunlop, utilizó el mismo concepto. En el triciclo de su hijo, aplicando un tubo de caucho sellado, e inflado con aire, alrededor de las ruedas. Para fijarlo a la llanta empleo una cinta de caucho encolada.

El resultado de este invento lo llevo a patentarlo, a pesar de la presencia de una patente anterior, obtuvo éxito en el campo de los ciclos, donde la ausencia de suspensión endurecía las condiciones de trabajo de la rueda y las repercusiones en el cuerpo de los ciclistas. Sin embargo, para ser viable su uso en el campo automotriz se necesitaba un neumático desmontable de la llanta (as llantas son los elementos metálicos en los que se montan los neumáticos y que en conjunto forman la rueda), que pudiera repararse con relativa facilidad. Así en 1891 apareció el neumático con cámara de aire separada, que se reparaba con mucha facilidad en comparación con los sistemas conocidos hasta entonces. Finalmente, en 1895 el primer coche provisto de neumáticos participo en la carrera Paris-Burdeos: se trataba de un Eclair, al que los hermanos Michelin le habían montado unos neumáticos fabricados por ellos mismos.

La evolución ha sido rápida, a cambiado de neumáticos lisos a de tacos, en los que refuerzos metálicos en los talones dificultaban la tendencia de la llanta a salirse; en 1910 se pasó a bandas de rodadura esculpidas y poco más tarde comenzó a utilizarse el negro de humo en la composición de la goma. Posteriormente la evolución se dio en el campo de los tejidos del neumático, cuya mejora hizo disminuir el rozamiento interno y por tanto la elevada temperatura que alcanzaban los neumáticos. Así mismo, los nuevos tejidos conferían a los flancos mayor resistencia, de tal forma que se redujo el número de reventones y por ende la presión de inflado, que había llegado hasta cotas de las 7 atm, obteniendo mayor comodidad.

Desde entonces, la evolución ha resultado continua. Neumáticos de carcaza radial, sin cámara, unidireccionales, para asfalto seco, para nieve, barro, etc., la especialización ha alcanzado límites insospechados y todo para conseguir mejores resultados en la parte de contacto entre el automóvil y el suelo

Pero para evolucionar con criterio un neumático, primero se deben conocer las condiciones que debe operar y los requerimientos que debe cumplir. Lógicamente, por el papel que desempeñas, los neumáticos deben ser capaces de soportar el peso del coche en cualquier situación de la conducción y deben transmitir adecuadamente las fuerzas de tracción, frenado y dirección para que el conductor pueda controlar el coche, incluso a altas velocidades. Pero de igual forma debe ofrecer la mínima resistencia posible a la rodadura, con la que disminuye consumo y aumentan las prestaciones. Y finalmente, no se debe olvidar uno de los motivos básicos para los que fueron pensados; deben ayudar a la suspensión a amortiguar las vibraciones y conviene, igualmente, que el ruido de rodadura sea el mínimo.

Muchas son las características que definen a un neumático. La carcasa es su estructura esta compuesta por diferentes tejidos que pueden estar basados en hilos metálicos o de fibra sintética. La carcasa debe ser elástica para recuperar la posición inicial tras la deformación, pero también debe ser resistente a la fatiga. Una rueda puede dar entre 500 y 700 vueltas por Km, lo que significa una continua flexión de cada uno de los hilos de la carcasa.

Hoy en día, los grandes fabricantes de llantas de aleación ligera como Momo, BBS o Zender, ofrecen llantas con diseños específicos para mejorar la refrigeración de los frenos y tratar de conseguir así una mejora del coeficiente aerodinámico. Para ello, los diseñadores de las grandes firmas agudizan su ingenio para aunar refrigeración del sistema de frenos, máxima resistencia a las turbulencias (efecto con el que se define la capacidad que tiene el viento para no deslizarse adecuadamente a lo largo del coche y generar torbellinos móviles) y una estética llamativa.

Un estudio realizado en Estados Unidos señala que 21 millones de barriles de aceite y 2.2 billones de dólares son desperdiciados cada año, a causa de que las llantas no están debidamente infladas [tiressp.h, 1998]

ESCAPE Y CONVERTIDOR CATALITICO

El sistema de escape se encarga de recoger los gases quemados a la salida del cilindro, mediante los colectores de escape y de conducirlos hasta la atmósfera. Sin embargo, no se trata de expulsar los gases sin más, sino de realizar esta función de la forma adecuada, es decir, amortiguar el ruido del motor, restar la menor potencia posible, transmitir poco calor al interior del automóvil y aislar la estructura del coche de las vibraciones del sistema. Además, en los países en los que se encuentre en vigor la normatividad ambiental, el sistema de escape, mediante la adopción de un catalizador, es el encargado de limpiar los gases después de la combustión.

El denominado catalizador se encuentra situado en el escape, donde se provocan reacciones químicas. Estas reacciones se provocan mediante la presencia de sustancias que actúan como catalizadores de esas reacciones, es decir, que permiten que esas reacciones que de forma espontánea no ocurrirían tenga lugar con más rapidez.

En los vehículos de gasolina, se dan dos tipos de reacciones en los catalizadores, una son las reacciones de oxidación, mediante las cuales se finaliza la combustión que queda incompleta en el interior de los cilindros. Durante estas reacciones de combustión, los hidrocarburos que han pasado por el cilindro pero que no se han quemado, realizan la combustión en el catalizador. Ello quiere decir que reaccionan con el oxígeno para convertirse en bióxido de carbono y agua. De igual forma, el monóxido de carbono (CO) producto tóxico, se transforma en CO₂. El otro tipo de reacción es la reducción de los óxidos de nitrógeno y de azufre en nitrógeno, azufre y oxígeno por separado.

En general, los vehículos de gasolina con convertidor consumen un poco más de combustible para el buen funcionamiento de esos motores. Ello se debe, como hemos dicho, a la necesidad de obtener una mezcla pobre en oxígeno para conseguir reducir los óxidos de nitrógeno y de azufre en el catalizador. El resultado es una mayor emisión de CO₂, el gas que se relaciona con el cambio climático, por lo que se busca disminuir su impacto al medio ambiente.

Pero los catalizadores son el origen de otros problemas. Uno de ellos es su nulo rendimiento hasta que no alcanzan la temperatura adecuada de funcionamiento, aproximadamente a partir de los 300 C, ello significa que, durante los primeros minutos de funcionamiento del motor, los automóviles con catalizador contaminan más que los que no tienen. Por esa causa el motor frío emite a la atmósfera a través del tubo de escape una elevada cantidad de hidrocarburos sin quemar, ya que no han podido reaccionar en el catalizador.

Otro de los inconvenientes de los catalizadores es su fragilidad, ante una utilización tan exigente como la que sufre en un coche. Un golpe puede quebrar la estructura cerámica en forma de nido de abeja, sobre la que van impregnados los metales catalizadores (rodio, paladio y platino). También la gasolina con plomo inutiliza el convertidor, ya que el plomo se deposita sobre los metales que actúan como catalizadores e impide que entren en contacto con los gases de escape.

Por último, cualquier falla de encendido que permita la llegada de combustible sin quemar al catalizador caliente puede provocar la fusión de los metales catalíticos e inutilizarlo, esto se debe a que la cantidad de hidrocarburos que llegan es excesiva que al reaccionar con el oxígeno la temperatura se eleva hasta superar los mil grados centígrados, nivel suficiente como para fundir los metales catalíticos. Cuando el catalizador deja de funcionar el coche contaminará más que un coche sin catalizador.

Referencias Bibliográficas

• LIBROS

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.

Alanis, Gustavo. 1995. Reforma Constitucional en Materia Ambiental. *Teorema*. Vol. 2. No. 2: 46.

Alatorre, G. 1994. *Los retos frente al cambio climático*. Fundación Friedrich Ebert. México.

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). 1990-1998. *Boletín Informativo*. México, D.F.

Banco Mundial. 1986. *Transportes Urbanos*. Banco Mundial. Washington, D.C.

Bazán Navarrete, G. 1988. *Transporte y Energía*. México, D.F.

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.

Camarena, Margarita. 1985. *El transporte, ritmo de México*. Instituto de Inv. Sociales-UNAM. México, D.F.

Carmona Lara, M., Lobo Domínguez, P. 1989. *Cambio estructural para el ahorro energético: Modificación en la organización del transporte público y de la jornada laboral en la Ciudad de México*. UNAM. México D.F.

Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES). 1998. *Normatividad Ambiental y Emisiones Vehiculares en México*. Cespedes. México.

Colegio del México. 1999. *Estudios Demográficos y Urbanos.* El Colegio de México. México.

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.

Consejo Nacional de Población. 1992. *La zona metropolitana de la ciudad de México. Problemática actual y perspectivas demográficas y urbanas.* CONAPO. México.

Chias, L. (comp.). 1995. *El Transporte Metropolitano Hoy.* Coordinación de Humanidades, UNAM. México.

Chias, L. 1994. *Geografía del transporte: ámbito internacional y nacional,* en Aguilar, A.G. y O. Moncada (coordinadores). *La geografía humana en México: Institucionalización y desarrollo recientes..* Fondo de Cultura Económica, México pp.165-179

Chovin, P. y Roussel, A. 1970. *La polución atmosférica.* Barcelona, España.

Delgado, J. 1998. *Ciudad-Región y Transporte en el México Central.* UNAM. México, D.F.

Departamento del Distrito Federal (DDF). 1996. *Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros.* DDF. México.

Departamento del Distrito Federal (DDF). 1992. *Sistema de Verificación Central para Vehículos de uso intensivo.* DDF. México.

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.

Eibenschutz, R. (coord.). 1999. *Bases para la planeación del Desarrollo Urbano en la Ciudad de México.* UAM. México.

Energy, Mines and Resources Canada. 1986. *Propane Carburetion; some technical considerations.* Minister of Supply and Services Canada. Canada.

Energy, Mines and Resources Canada. 1986. *Future Transportation Fuels.* Minister of Supply and Services Canada. Canada.

Energy Information Administration (EIA). 1994. *Energy Use and Carbon Emissions. Some International Comparisons.* EIA. Estados Unidos.

Energy Policy. 1997. *Transport Futures: Long Term Perspectives and Implications.* Vol. 25, num 14-15. Estados Unidos.

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.

García-Colín Scherer, L. y Varela Ham, J. (comp.) 1996. Contaminación Atmosférica. Colegio Nacional. México, D.F.

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

Graizbord, B. 1992. *Escenarios probables del sistema de ciudades en la región central de México. Un modelo de evaluación ex - ante,* en Delgado, J. y D. Villareal (coords), *Cambios territoriales en México exploraciones recientes.* Centro de Ecodesarrollo – UAM, México pp 199-216.

Graves T., Tolley, G. 1982. *Environmental Policy.* USA .

Gutiérrez, H., Romieu, I., Corey, G. y Fortoul, T. 1997. *Contaminación del aire; riesgo para la salud.* México.

Guzmán, O., Wionczek, M., Yúñez-Naude, A. 1985. *Uso eficiente y conservación de la energía en México: Diagnóstico y perspectivas.* Colegio de México. México D.F.

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.

Hernández, V. 1982. *Sobre Ruedas: aspectos éticos del tráfico.* Madrid, España.

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

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.

Icazuriaga Montes, C. 1992. *La metropolización de la ciudad de México a través de la instalación industrial* Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. México.

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, 1994, 1996. *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, 1998. *La industria Automotriz en México.* México D.F.

International Energy Agency. 1997. *Energy technologies for the 21st. Century.* OCDE. Paris, Francia.

Islas, V. 1990. *Estructura y desarrollo del sector transporte en México.* El Colegio de México, México.

Islas, V. 2000. *Llegando tarde al compromiso del transporte.* El Colegio de México, México.

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.

Legorreta, J. 1994. *Efectos ambientales de la expansión de la ciudad de México* Centro de Ecología y Desarrollo, México.

Legorreta, J. 1995. *Transporte y contaminación en la ciudad de México.* Centro de Ecología y Desarrollo. México.

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 Lovins, H. 1991. Least Cost Climate Stabilization. *Limiting Greenhouse Effects: Controlling Carbon Dioxide Emissions.* Wiley. USA.

Lovins, A. y Lovins, H. January 1995. Reinventing the Wheels. *The Atlantic Monthly.* <http://www.theatlantic.com/issues/96apr/oil/wheels.htm>

-
- MacKenzie, J. y Walsh, M.** 1990. *Driving Forces: Motor Vehicle Trends and Their Implications for Global Warming, Energy Strategies, and Transportation Planning*. World Resources Institute. Estados Unidos.
- Madrid, Miguel de la.** 1994. Reflexiones sobre el concepto de desarrollo sustentable. *Desarrollo sustentable: retos y prioridades*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.
- Magar, Roger.** 1989. *El problema de la verificación de las emisiones contaminantes en los automóviles y su normalización*. DDF. México
- Mar, E. ,** 1996. *El Transporte en México*, UNAM, México.
- Matamoras, M.E. y Pie O.E.** 1990. Las gasolinas y sus aditivos. *Dynamis*. Vol. 2. No.1:5-10.
- Maxwell, T. y Jones, J.** 1995. *Alternative Fuels. Emissions, Economics, and Performance*. Society of Automotive Engineers. Estados Unidos.
- Meyers, S. y Schipper, L.** 1992. World energy use in the 1970s and 1980s: Exploring the changes. *Ann. Rev. Energy Environ.* No. 17: 463-505.
- Meza, L. (comp.)**. 1993. *Medio Ambiente y Desarrollo*. Fundación Friedrich Ebert. México, D.F.
- Micheli, J.** 1994. *Globalización y producción de automóviles en México*. UNAM. México, D.F.
- Muñoz Gutiérrez, R.** 1997. *La Ciudad, Motor del Desarrollo*. Guanajuato, México.
- Navarro, B. y González, O.** 1989. *Metro, Metropolis, i México*. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM. México.
- Nivola, P. y Crandall, R.** 1995. *The Extra Mile*. The Brookings Institution. Washington, D.C. Estados Unidos.
- National Academy of Sciences.** 1991. *Policy Implications of Greenhouse Warming*. National Academy Press. Washington D.C.
- Nivola, P.** 1999. Are Europe's Cities Better? *The Public Interest*. Vol. 137. <http://www.brook.edu/views/articles/nivola/1999pi.htm>
- Obert, E.** 1966. *Motores de Combustión Interna*. México.
- Organización de Cooperación Económica y Desarrollo (OECD).** 1986. *Environmental effects of automotive transport* OECD. Paris, Francia.

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

Palomo, A. (comp.). 1993. *Ciudades Verdes y Sustentables*. Fundación Friedrich Ebert. México.

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.

Quadri, Gabriel y Provencio E. 1995. *Partidos Políticos y Medio Ambiente*. El Colegio de México. México, D.F.

Ramírez Saíz, J. 1989. *Actores Sociales y Proyectos de Ciudad*. UAM. México.

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.

Richardson, W. 1995. *El Tratado de Libre Comercio y el México Urbano*, en Garrocho, C. Y J. Sobrino. *Sistemas metropolitanos. Nuevos enfoques y perspectivas*. El Colegio Mexiquense - Secretaría de Desarrollo Social. México pp. 167-205.

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.

Schifter, I. y López, E. 1998. *Usos y abusos de las gasolinas*. México.

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, 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. 1982. *Análisis y expectativas de la Industria Automotriz en México 1982-1986*. Subsecretaría de Programación. México, D.F.

Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 1997. *Primer Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas, 1996*. Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. México.

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.

Secretaría de Transportes y Vialidad del Departamento del Distrito Federal. 1996. *Memoria 1er Encuentro Nacional de Transporte y Vialidad*. DDF. México.

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.

Tolley, G., Graves, P. y Cohen, A. 1982. *Environmental Policy*. Massachusetts. USA.

The Brookings Institution. 22 de Abril de 1999. Transcript of the Conference “*Solving the Urban Crisis Through Sustainable Community Development*”
<http://www.brook.edu/comm/Transcripts/19990422/intro.htm>

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.

Varas, I. (editor). 1999. *Economía del Medio Ambiente*. Universidad Católica de Chile. Colombia.

Ward, Peter. 1991. *México: una Megaciudad*. Alianza y Conaculta.. México.

Winston, Clifford. 1999. Have Car Won't Travel, the Sober -and Sobering- Case for Privatizing Urban Transportation. *The Milken Institute Review*.
<http://www.brook.edu/views/articles/winston/19990826.htm>

• Fuentes en la World Wide Web.

Instituto Nacional de Ecología. Coordinación de Política Ambiental Urbana.
<http://www.ine.gob.mx/>

- *La Política Ambiental Urbana:*
 - *Criterios de Sustentabilidad Urbana.*
 - *Seguimiento del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México, 1995-2000.*
 - *Desarrollo Urbano Sustentable para el Valle de México.*
 - *Programa de Fomento al Desarrollo e Introducción de Vehículos Híbridos y Eléctricos.*

The MPG Plus Program. <http://mpgplus.org>

- *The Basics of CAFE Regulation*
- *Consumers' Perspectives*
- *Industry's Perspectives: Market Distortions of CAFE*
- *Industry's Perspectives: Favoritism of CAFE*

-
- *Industry's Perspectives: No Profit for Automakers*
 - *Technologists' Perspectives*

CAFE: Auto Safety vs. Fuel Economy?.

<http://www.panix.com/-/danielc/usa/cafecasfe.htm>

CAFE: GAO Testimony. <http://www.panix.com/-/danielc/usa/cafegao.htm>

1998 Automotive Performance, Execution And Layout (APEAL) Study.

<http://www.jdpower.com/releases/80917car.html>

• **Revistas**

ScientificAmerican 1997. Octubre. Special Issue. The Future of Transportation. N.Y. Estados Unidos.

Popular Science. 1999. Año 1 No 5. México La verdad sobre el Calentamiento global y Automoviles. Pag 44-51 y 64-71.

Popular Science. 1999. Año 1 No 6. Automóviles.

Este País Tendencias y Opiniones. 1999. No.103 Octubre. Transporte, Vehículos automotores en México. Pag 19. México.

Proceso. 1999. No. 1198 Octubre. Julia Carabias admite: México minado por el desorden en las políticas de desarrollo. Pags. 18-20. México.

Solo auto 4x4. 1999. No.186 Mayo. España.

Automóvil. Varios años. México