
Reducción de Azufre en Combustibles, el Caso de México

Maria Elena Sierra
Secretaria de Energía
México



Seminario Internacional
Experiencias latinoamericanas
en la introducción de
combustibles limpios
noviembre, 2004

Contenido

I. Situación actual

II. Tendencias

III. Beneficios ambientales

IV. Inversión y costos para la reducción de azufre

V. Anexos

I. Situación actual

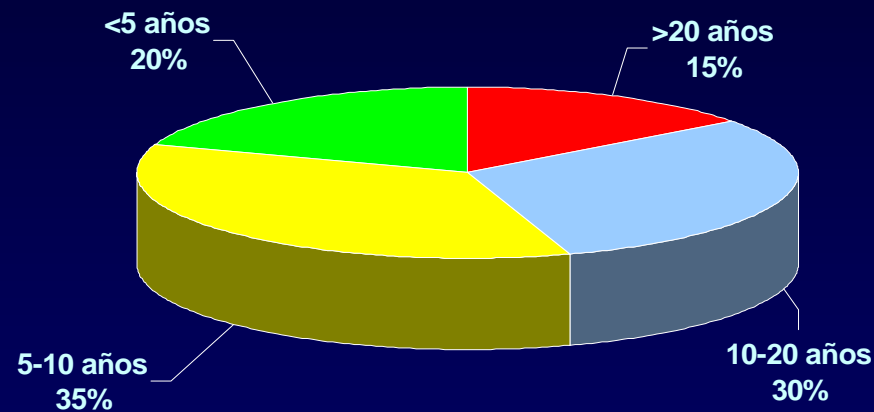
Estrategia Nacional

México esta actualmente trabajando en una estrategia nacional en la que se busca:

- **Introducir combustibles con un contenido de azufre bajo , tanto en gasolinas como en diesel, los cuales son un requisito para las tecnologías más limpias de automóviles y vehículos pesados.**
- **Poner en practica normas de emisiones mas estrictas para todos los automóviles, camiones y autobuses vendidos en México, de tal manera que asimilen las normas más exigentes a nivel mundial.**
- **Establecer un programa para acelerar la renovación de la flota vehicular.**
- **Disminuir el contenido de azufre en el combustóleo usado por las plantas termoeléctricas y las refinerías del país.**

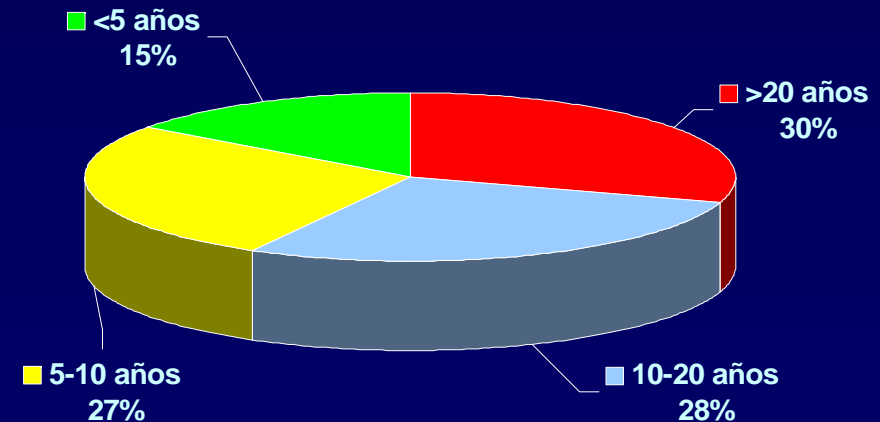
Perfil del parque vehicular en la ZMVM 2003

- ❑ En México circulan más de 14 millones de vehículos.
- ❑ La gasolina y el diesel son los combustibles más utilizados, 65.6% y 26.6% respectivamente.
- ❑ El foco rojo son los **vehículos a diesel**, los cuales en su mayoría tienen 10 años o más en circulación. Afortunadamente solo **representan el 26.6% del total de la flota vehicular**.



**Vehículos a diesel
26.6 %**

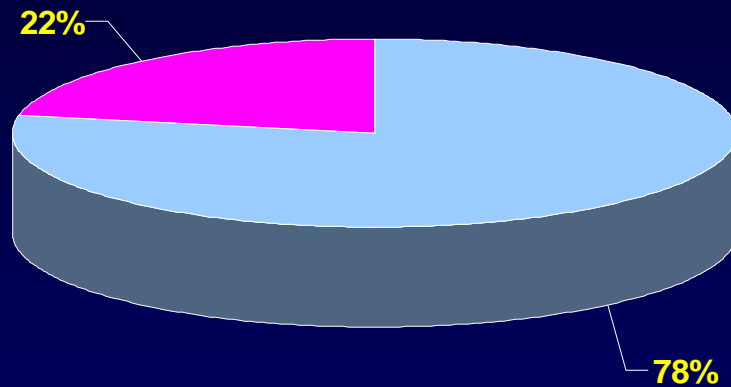
**Vehículos a gasolina
65.6 %**



Producción de vehículos a gasolina en México 2003

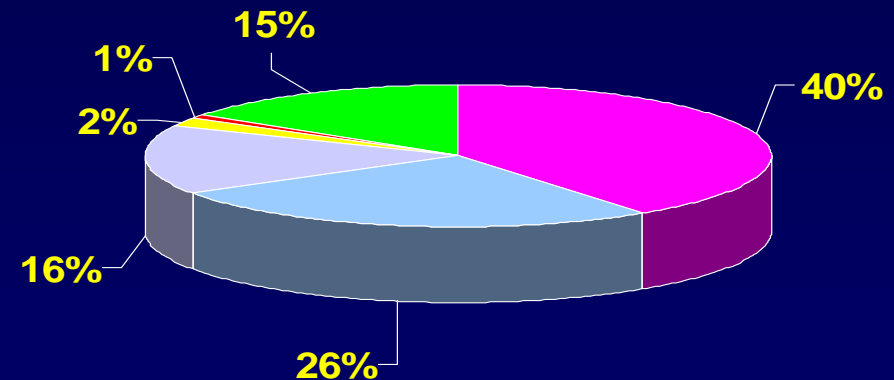
- Adicionalmente al interés por el cuidado de la salud de la población y por el medio ambiente, México como productor de vehículos, se ha visto obligado por el mercado automotriz internacional, a avanzar a un ritmo más acelerado en el tema de calidad de combustibles.

■ Exportaciones ■ Mercado Local



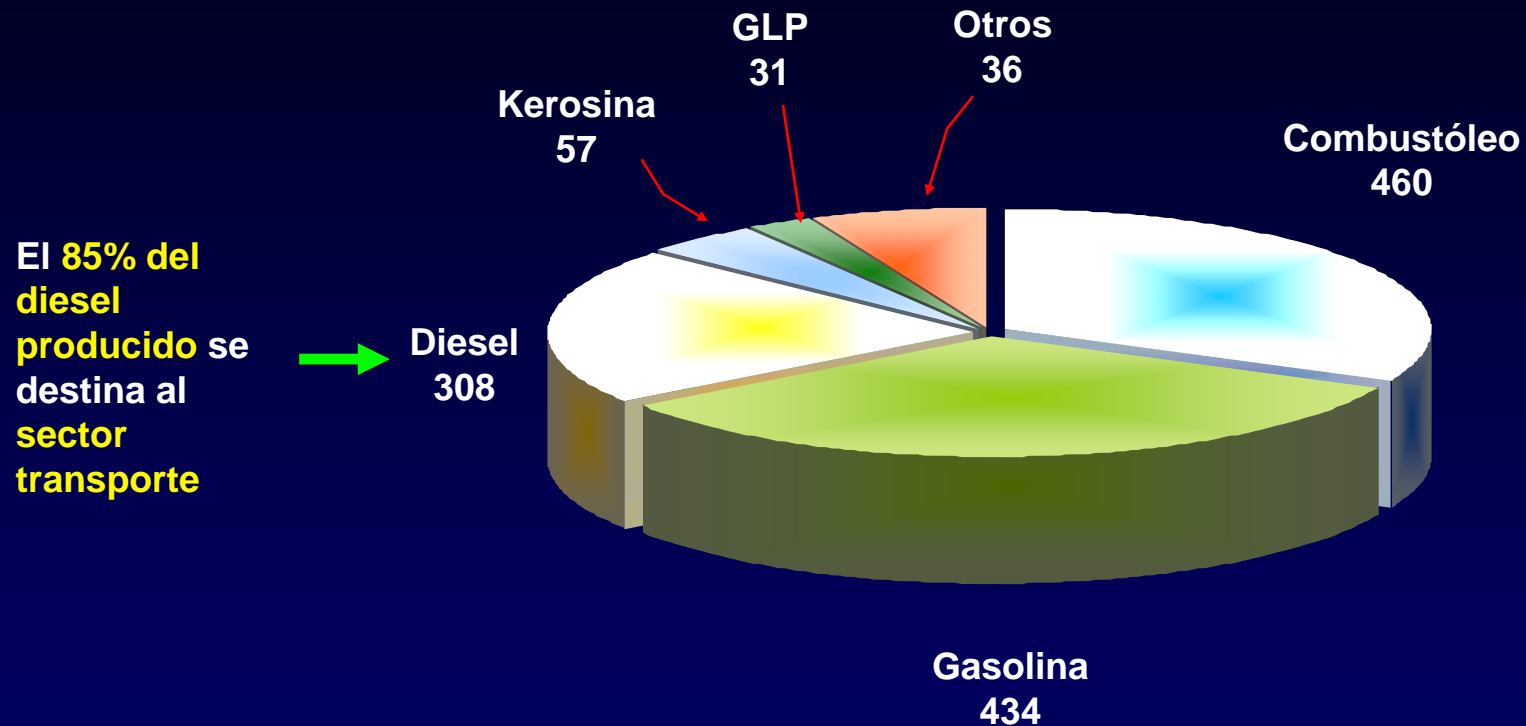
Origen de vehículos a gasolina vendidos en México

← Producción Total: 1,800,000 vehículos/año



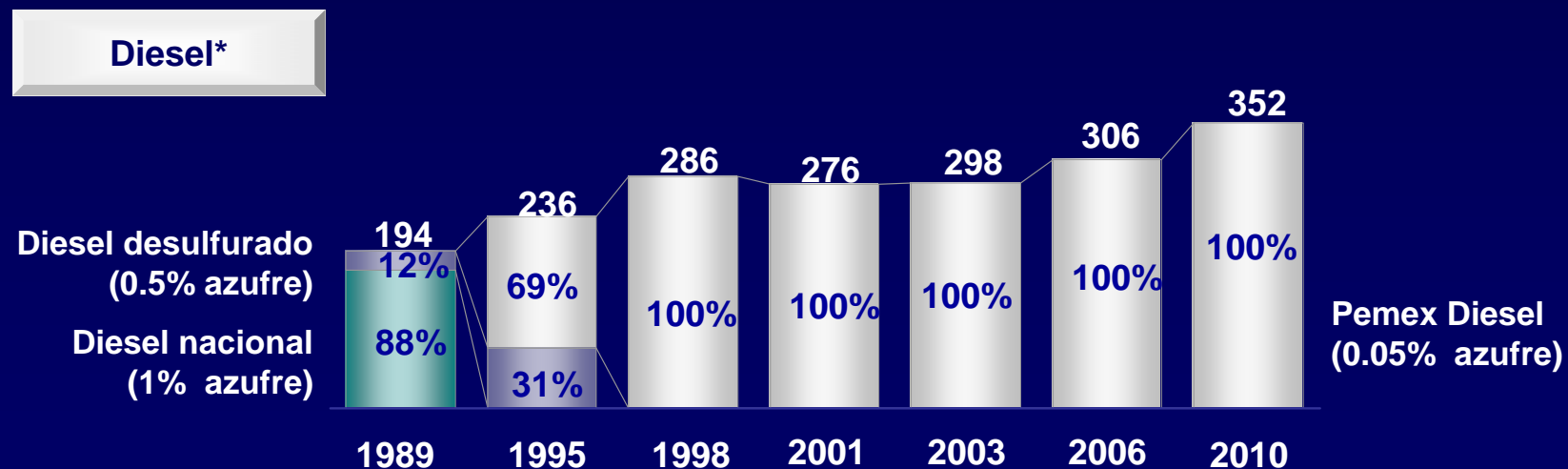
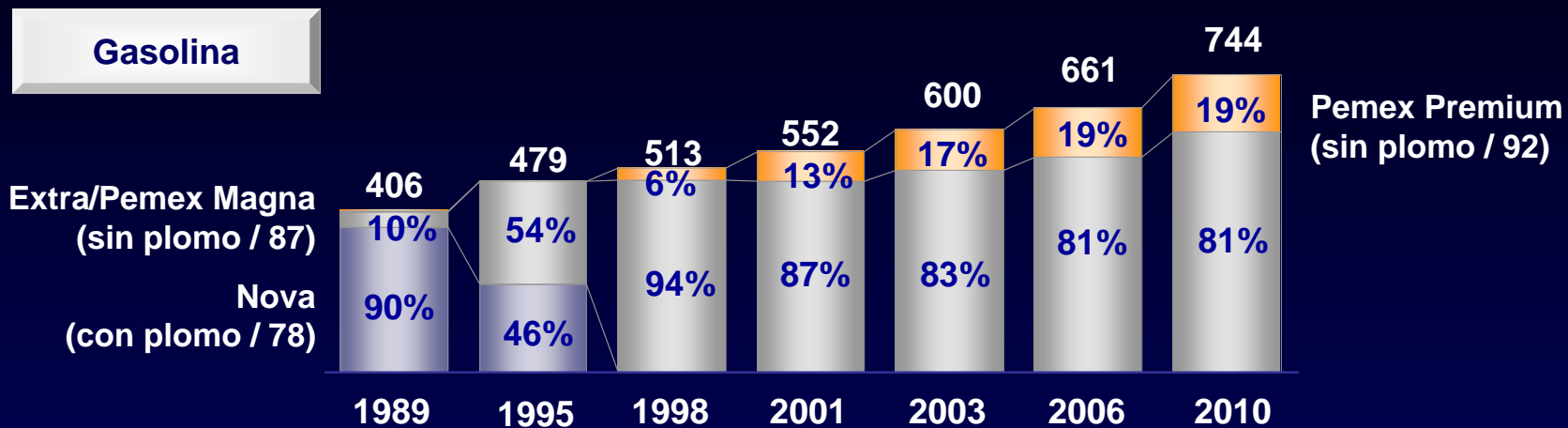
■ México ■ EU ■ Brasil & Argentina ■ Korea ■ Japón ■ Europa

Producción de Combustibles (miles de barriles por día), 2003



Total: 1,303 mbpd

Evolución en la demanda de combustibles (miles de barriles por día) 2003



Norma oficial para regular las especificaciones de los combustibles fósiles

- En 1994 se publicó por primera vez en México, una norma oficial mexicana, la NOM-086, la cual regula las especificaciones de los combustibles fósiles que se utilizan a nivel nacional en la industria, los servicios y los vehículos automotores.
- La versión más reciente de esta norma es la modificación publicada el 4 de noviembre de 1997.
- La norma establece las especificaciones que deben cumplir los combustibles que se distribuyen en el país, así como los procedimientos y métodos que deben aplicarse para certificar el cumplimiento de dichas especificaciones.
- Igualmente establece especificaciones de combustibles diferenciadas para las siguientes regiones del país: 1) las zonas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey; 2) la zona fronteriza norte y 3) el resto del país.

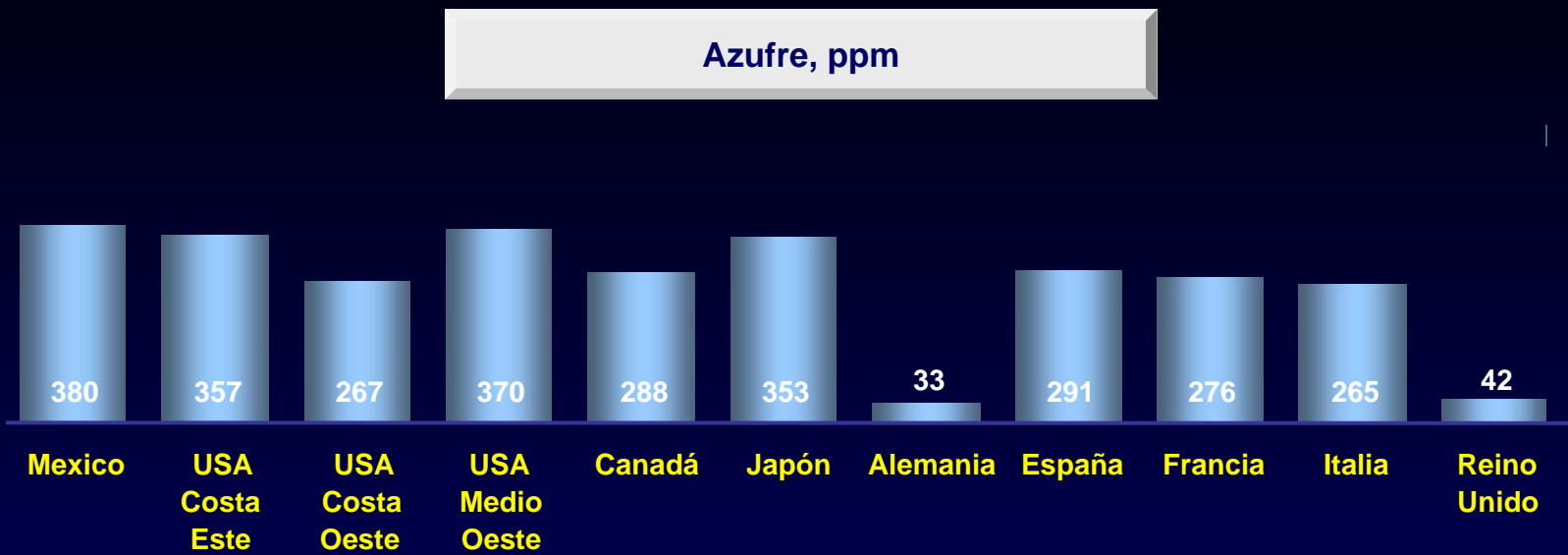
Calidad de combustibles Nov. 2004

Situación Actual

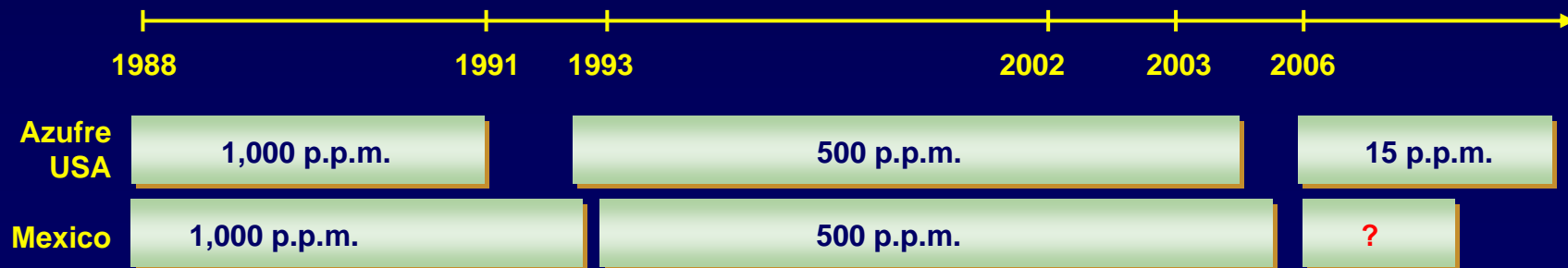
Especificaciones

Gasolina	Pemex Magna		Pemex Magna	
	ZMVM	Resto del país	ZMVM	Resto del país
Octanaje	82	82	82	82
Azufre (ppm)	408	714	1000 máx. RP 500 máx. ZM	300 máx. 250 prom.

Diesel automotriz	Pemex Diesel	Pemex Diesel
Cetano		48
Azufre (ppm)	380	500 máx

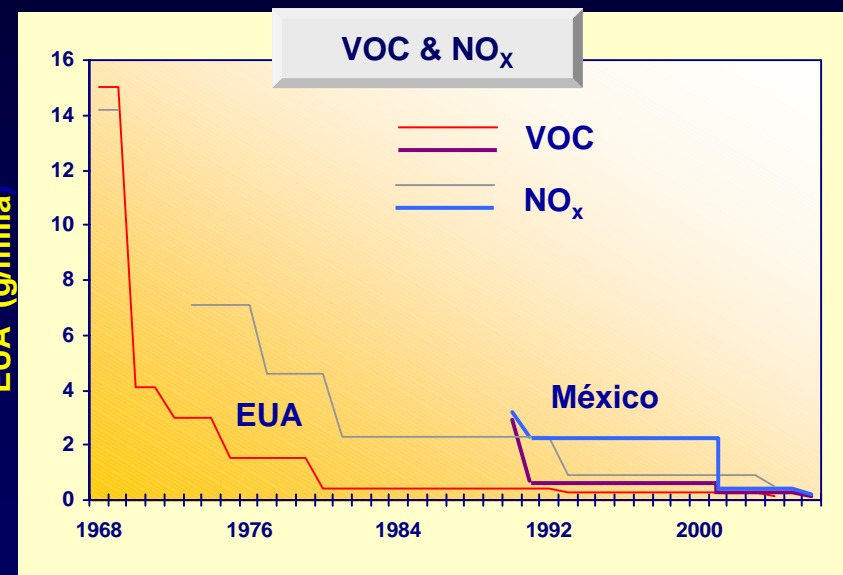
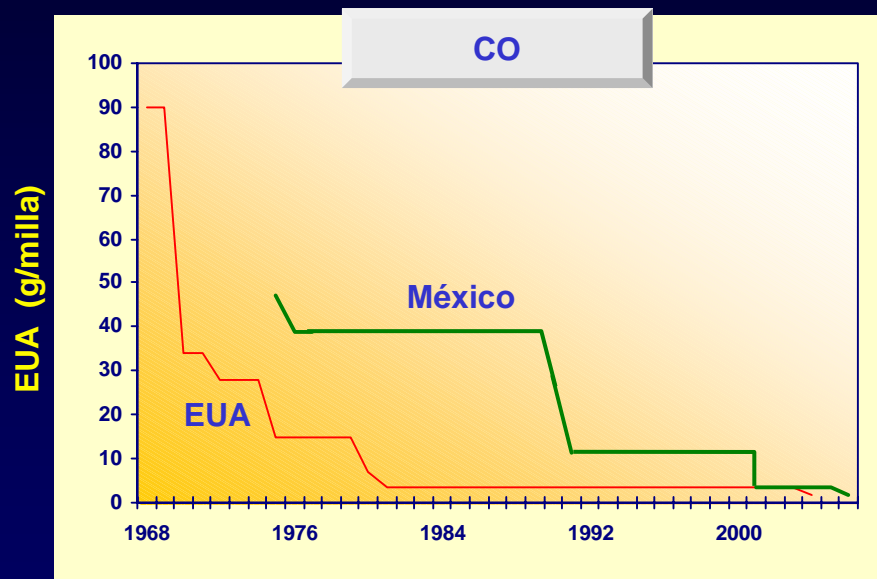


Estándares de emisión para vehículos a diesel de servicio pesado



Estándares de emisión para vehículos nuevos a gasolina

- Hasta 2000 existía un retraso considerable en los niveles de emisión máximos permisibles en México respecto a los EUA, especialmente porque en nuestro país no se garantizan éstos durante parte de la vida del automóvil (recorrido)
- En 2003, se firmó un convenio entre las autoridades ambientales y la industria automotriz para ofrecer este tipo de garantías, independientemente de que se cuente con el combustible necesario



Garantía de recorrido



Acciones

Situación Actual:

- En proceso de publicación de los proyectos de norma:
 - NOM-086 (incluye nuevas especificaciones de combustibles y calendario de ejecución)
 - NOM-042 y 044 (con más estrictos límites de emisión para vehículos nuevos a gasolina y diesel)
 - NOM-041, 045 y 077 (con más estrictos límites de emisión para vehículos en circulación)
 - Modernización del programa de verificación vehicular del transporte a diesel.

Pasos siguientes:

- Acordar con Presidencia, las Secretarías de Hacienda, Economía, Medio Ambiente, Energía, y PEMEX la ejecución y financiamiento de la medida.
- En proceso, proyectos para definir opciones de financiamiento (Gob. de México, Fundación Hewlett, y el premio nobel nacional Dr. Mario Molina)
- Esta en marcha un estudio costo beneficio detallado)Grupo Dr. Mario Molina)

II. Tendencias

Concentración Promedio/Máximo en Partes por Millón en Peso de Azufre (p.p.m.)

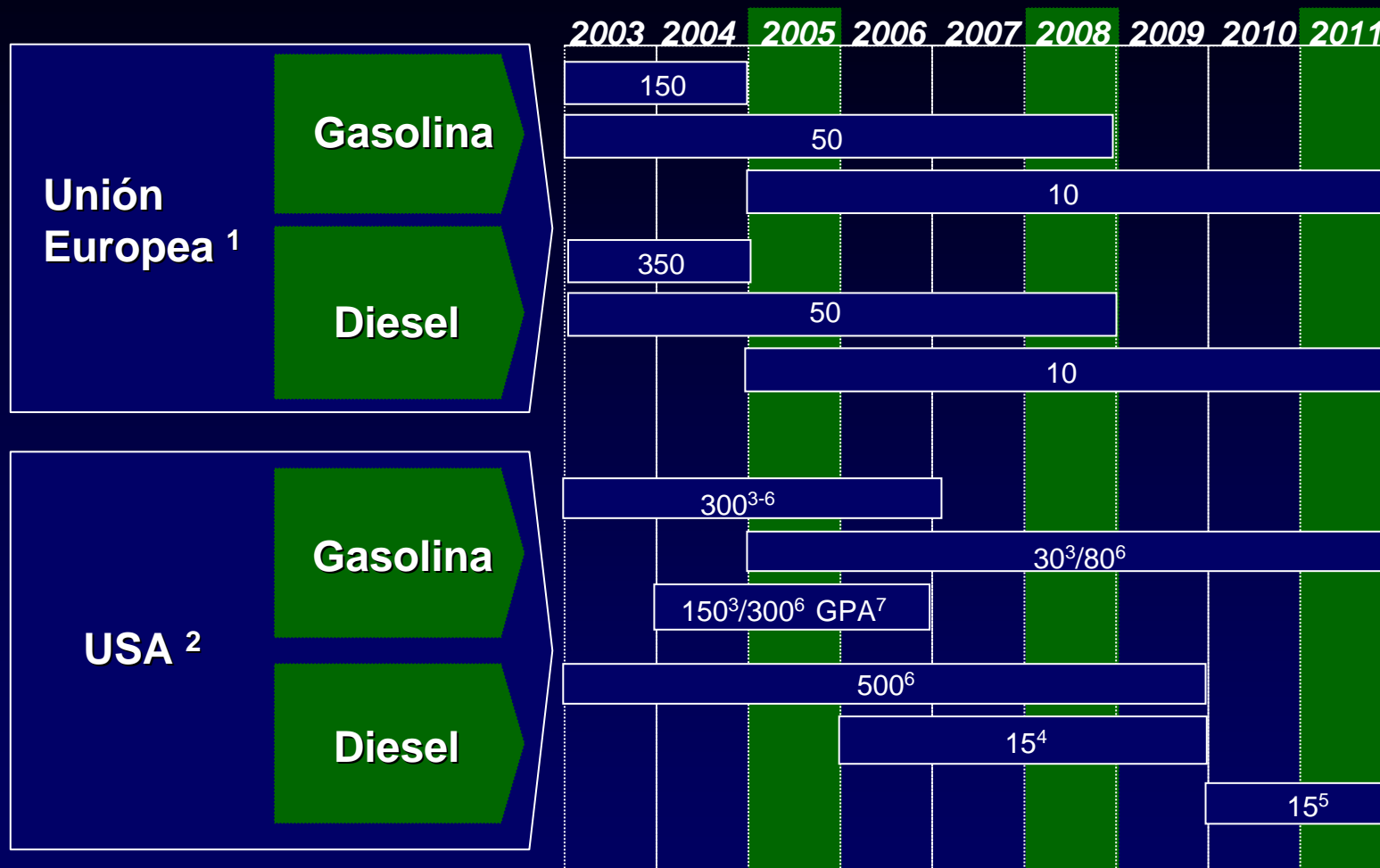
Programa de Acuerdo al
Proy-NOM-086-SEMARNAT-2003

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gasolina PEMEX Premium	500 Máx.								
		250/300 ⁽¹⁾							
				30/80 ⁽²⁾					
Gasolina PEMEX Magna ZMVM	500 Máx.								
							30/80 ⁽³⁾		
Gasolina PEMEX Magna R.P.	1,000 Máx.								
			300/500 ⁽⁴⁾						
						30/80 ⁽³⁾			
PEMEX Diesel	500 Máx.								
				300 ⁽⁵⁾ Máx.					
						15 ⁽³⁾ Máx.			

Notas:

- (1) Valores a partir de enero de 2004
- (2) Valores vigentes a partir de enero de 2006
- (3) Valores aplicables a partir de septiembre de 2008
- (4) Valores normados a partir de enero de 2005
- (5) Límite vigente a partir de enero de 2006

Contenido de Azufre en Estados Unidos y Europa, ppm peso



1/ Especificaciones aprobadas el 31 de enero de 2003 por el Parlamento Europeo y por el Consejo de Ministros de la UE.

2/ EPA proposes reduced sulfur content in diesel fuel to ensure clean heavy-duty trucks and buses, environmental news, may 17, 2000.

3/ Promedio nacional de los USA.

4/ Contenido máximo de azufre de 15 ppm en el 80% del mercado nacional de los USA.

5/ Contenido máximo de azufre de 15 ppm en el 100% del mercado de los USA y con la disponibilidad de diesel con un contenido de azufre en el mercado de 10 ppm.

6/ Concentración máxima.

7/ Geographical Phase-in Area (Alaska, Nuevo México, Colorado, Idaho, Montana, North Dakota, Utah y reservas indias en estados vecinos).

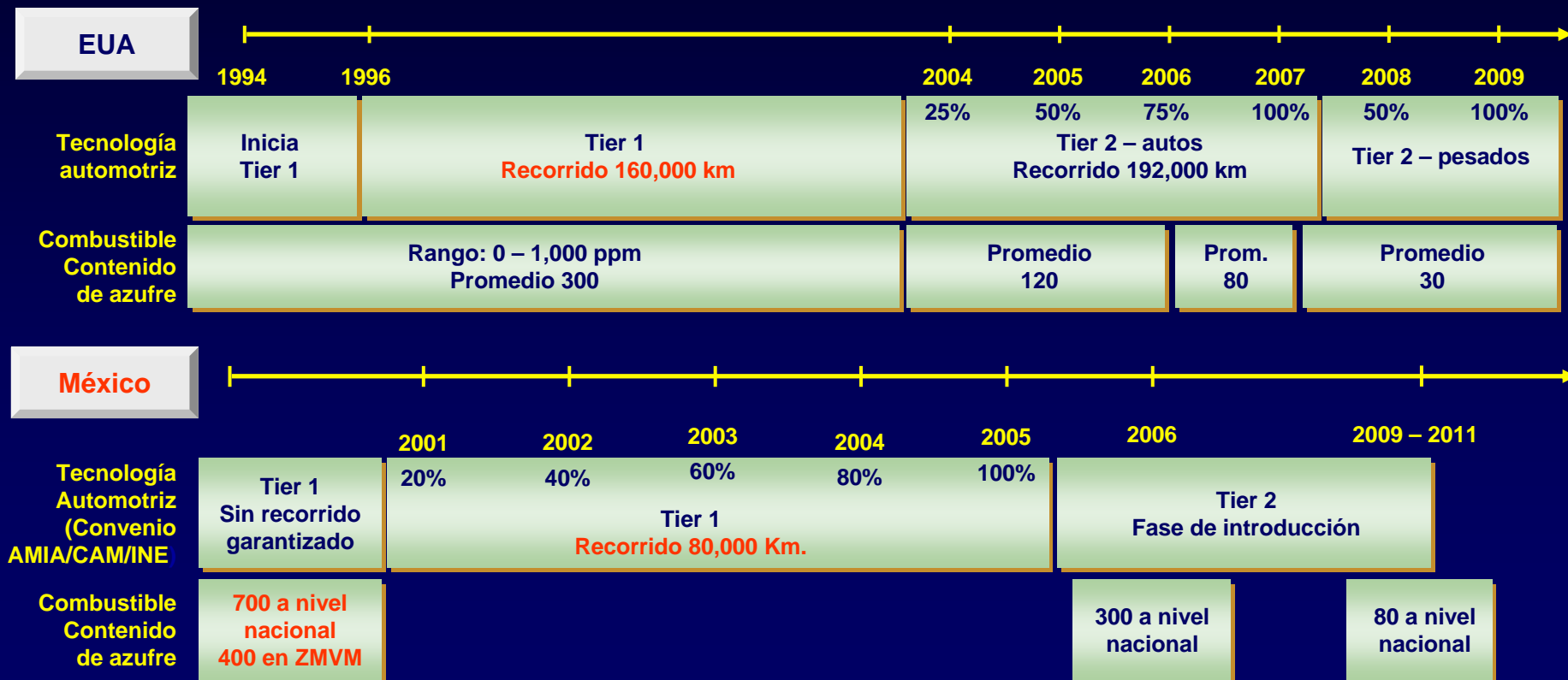
Proyecto actual de NOM 086 DISPONIBILIDAD DE GASOLINAS Y DIESEL DE BAJO CONTENIDO DE AZUFRE (PARTES POR MILLON)

ANTEPROYECTO NOM 086	2004 ENERO	2005 ENERO	2006 ENERO	2007 ENERO	2008 SEP
PREMIUM	250 prom. 300 máx		30 prom. 80 máx.		
MAGNA ZMVM	500 máx.	300 prom. 500 máx.			30 prom. 80 máx.
MAGNA RP	1000 máx.				
PEMEX DIESEL	500 máx.		300 máx		15 máx
Comparación:					
Gasolina EUA TIER II	30 prom. 80 máx.				
Diesel EUA TIER II				15 máx	
Gasol, Diesel EURO			50 máx		10 máx en 2009

Niveles comprometidos por la Secretaría de Energía y PEMEX, sujetos a la disponibilidad de recursos

Introducción de nuevas tecnologías de baja emisión y gasolina de bajo azufre

- Los recorridos garantizados que ofrecerá la industria automotriz en México son 50% menores que en EUA. Para cumplir con recorridos similares es necesario contar con gasolina de 300 ppm de azufre
- La comercialización de tecnologías tipo Tier 2 en EUA será paulatina a partir de 2004. Se espera que estas tecnologías se ofrezcan en el mercado de México con 2 años de retraso respecto a los EUA. Estos vehículos requerirán gasolina de menos de 50 ppm de azufre



Calidad del diesel

USA

	2001	2004	2006	2010
Azufre (ppm)	320 – 500		15	100%
Aromaticos (%v)	35 o		35 o	
Índice de cetano	40		40	
		Inicio	80%	

Europa

	1999	2000	2005	2007	2011
Azufre(ppm)	500	350	30 – 50	10	25%
PAH (% peso)	-	11	5 – 11	5 – 11	
Índice de cetano	49	51	52 – 56	52 – 56	
		100%	100%	10%	

México

	1999	2000	2005	2007	2011	
Azufre(ppm)	500	500	En proceso de evaluación y definición de las inversiones y la fecha en que se dispondrá del producto		En principio se considera un contenido máximo de azufre de 50 ppm	
Aromáticos (% peso)	30	30				
Índice de cetano	48	48				

Requerimientos volumétricos

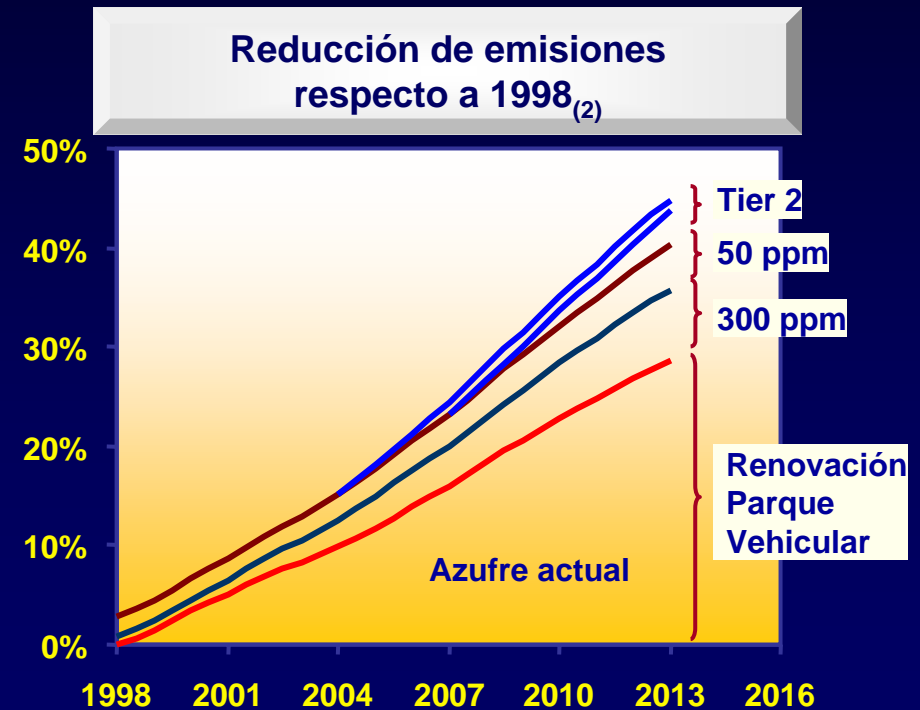
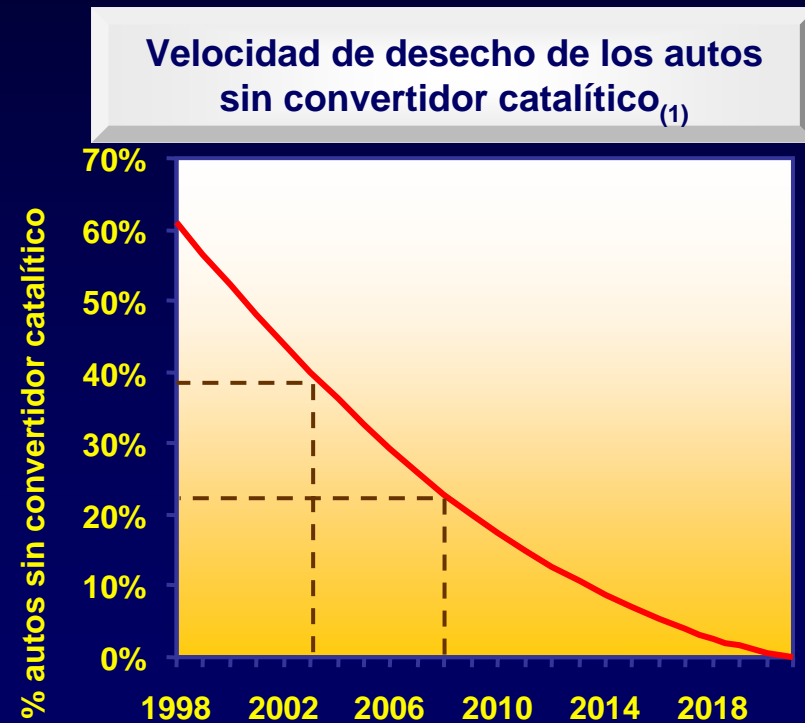
De acuerdo con el calendario de introducción de los vehículos Tier 1 y 2 al mercado, se estima que los requerimientos de gasolina de 300 ppm aumenten de 6 a 82 MBD en el periodo 2004-2006. Los estimados de gasolina de 50 ppm de azufre para el periodo 2008-2010 son un aumento de 8 a 202 MBD



III. Beneficios ambientales

Beneficio ambiental por el uso de gasolina de bajo azufre

- Conforme se renueve el parque vehicular y las tecnologías de alta emisión sin convertidor catalítico se desechen, los beneficios de reducir el azufre se verán incrementados
- La entrada de nuevas tecnologías de baja emisión tipo Tier 2, los cuales requieren combustible con menos de 50 ppm de azufre, tendrán una contribución marginal en la disminución del inventario de emisiones hasta que se hayan sustituido una fracción importante de los vehículos en circulación



(1) Considera un crecimiento anual de ventas del 6% y la tasa de desecho actual

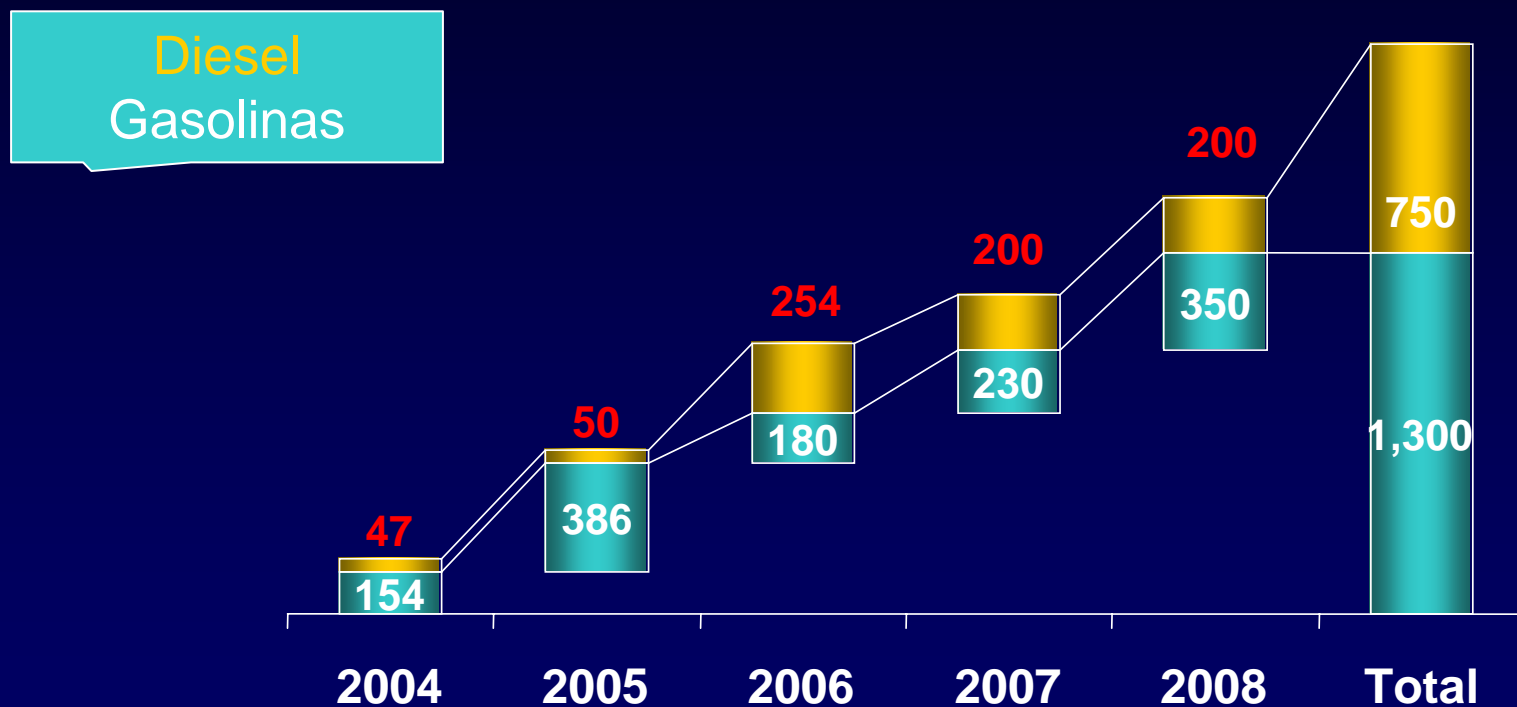
(2) Basada en la tasa de renovación actual del parque vehicular y una tasa de aumento de emisiones por envejecimiento de 2% anual para todos los vehículos

Impactos al Medio Ambiente y la Salud por el Azufre en Gasolinas (Cont.)

- Las normas de calidad de combustibles europeas, japonesas y de los Estados Unidos, entre otras, consideran al azufre el parámetro más importante a ser reducido y eventualmente eliminado en las nuevas gasolinas y diesel
- El potencial de reducción de gases de efecto invernadero es también muy elevado, el transporte vehicular representa el 14% de las emisiones globales de CO₂ y el diseño avanzado de motores, permitido por los combustibles de bajo azufre, hace posible una reducción de 20% a 45% de estas emisiones.

IV. Inversión y costos para la reducción de azufre en combustibles

Programa de Inversiones (Millones de Dólares)



Financiamiento

- ❑ PEMEX estima que costará aprox. 3 mil millones de USD el modernizar las nueve refinerías de México para producir gasolina de bajo azufre.
- ❑ Para recuperar la inversión y costos adicionales de operación se tendría un incremento en el precio de 3.0 dls/bl para gasolinas y de 2.9 dls/bl para diese, aprox.
- ❑ Para lograr las especificaciones al 2008, se requiere de forma inmediata integrar un equipo de tiempo completo para realizar los estudios necesarios para cada una de las refinerías.

Los costos de operación se deben al incremento en el consumo de servicios auxiliares, de hidrógeno y catalizadores.

El incremento en los costos de inversión son para amortizar las inversiones requeridas para cumplir con la especificación de las gasolinas y el diesel. Supone una tasa de descuento de 10% y 12 años como período de recuperación de inversión. Un tipo de cambio de 10.5 pesos por dólar.

Integridad en el Manejo de los Productos

- El transporte a través de las redes de tuberías (poliductos) de lotes de productos de diferentes calidades, conlleva a garantizar que cada uno de ellos cumplan con las especificaciones establecidas



Gasolina
Regular
Reformulada

Diesel de
Bajo Azufre

Querosina/
Turbosina
(Jet Fuel)

Diesel de
Alto Azufre

Gasolina
Regular
Convencional

Gasolina
Premium
Convencional

Gasolina
Premium
Reformulada

- El incremento de diferentes tipos de productos, complican el manejo en los sistemas de distribución, ocasionando aumento de materiales fuera de especificación y por tanto, mayores costos en la logística del suministro

Comparación de costos para la reducción de azufre en gasolina y diesel (cpg)

	EUA		Europa ⁽⁴⁾	México ⁽⁵⁾
Reducción de azufre (ppm)	339 a 30	30 a 5	50 a 10	770 a 30
Gasolina				
Costo (cpg)	1 - 4.5 ⁽¹⁾	0.9 - 2.1 ⁽²⁾	0 -1.3	5 - 6
Reducción de azufre (ppm)				
	400 a 15		50 a 10	400 a 30
Diesel				
Costo (cpg)	5.4 - 8.7 ⁽³⁾		0.7 - 2.5	6 - 8 estimado grueso

- El intervalo de estimados en EUA considera tecnologías nuevas aún en desarrollo y tecnologías ya probadas
- Es probable que cuando termine la fase de desarrollo de las nuevas tecnologías y éstas prueben su efectividad, el costo final en EUA se sitúe entre el estimado máximo y el mínimo
- Los estimados de costo en Europa son menores ya que en esta región abundan y se procesan crudos dulces.
- Los estimados de Pemex consideran la refinación de crudos domésticos (amargos y pesados) y una reducción de azufre de 770 ppm a menos de 50 ppm en gasolina. Estas consideraciones incrementan el costo respecto a los estimados internacionales

(1) Mathpro, 1998; NPC, 2000
 (2) Texaco, 1999; Mustang Engineering (NPRA 2000)
 (3) Mathpro, 1999; EUA, intervalos debidos a distintos escenarios de diesel industrial 2001
 (4) Auto Oil II Sulfur Review , 2001; Purvin & Gertz, 2001
 (5) Pemex Refinación, 1999-2000

V. Conclusiones

Situación México

En México, para garantizar que se refleje un beneficio ambiental, es necesario:

- Que de manera paralela a la entrada de combustibles limpios, estén disponibles en el mercado la tecnología vehicular Estado Unidense Tier II,
- que se generen normas que regulen las emisiones del nuevo parque vehicular
- y se garantice su cumplimiento mediante un programa de verificación.

Actividades en las que ya se está trabajando de manera paralela.

Conclusiones

En la evaluación de opciones para reducir el azufre, varias observaciones pueden ser relevantes para el diseño de políticas.

- ❑ Mientras que los costos y beneficios varían de región a región, dependiendo del estado de las refinerías existentes, las normas vigentes, la calidad del aire local, entre otros factores; estudios internacionales han demostrado que los costos de la reducción de azufre son viables y minimizados por los beneficios.
- ❑ Tanto la regulación, como los incentivos fiscales han probado ser instrumentos efectivos para orillar a la industria de la refinación hacia productos de bajo azufre.
- ❑ Si bien a nivel mundial, las regulaciones han sido la principal herramienta para reducir los niveles de azufre a largo plazo, los incentivos han sido efectivos en muchas áreas para promover la introducción temprana, y ocasionalmente la penetración completa del mercado con combustibles de bajo azufre.

Conclusiones

- ❑ La producción y distribución de combustibles de bajo azufre deberá ser cuidadosamente coordinada con la introducción de vehículos nuevos que utilicen estos combustibles.
- ❑ En muchos casos resulta efectivo y ventajoso realizar en un solo paso el cambio a diesel de ultra bajo azufre.
- ❑ Los beneficios en la reducción de emisiones totales crecen rápidamente cuando el nivel de azufre en el diesel disminuye de bajo a ultra bajo.
- ❑ Este tipo de iniciativas impactan de manera extremadamente positiva tanto a la salud de la población como al medio ambiente.

VII. Anexos

Normas de azufre para gasolina y diesel

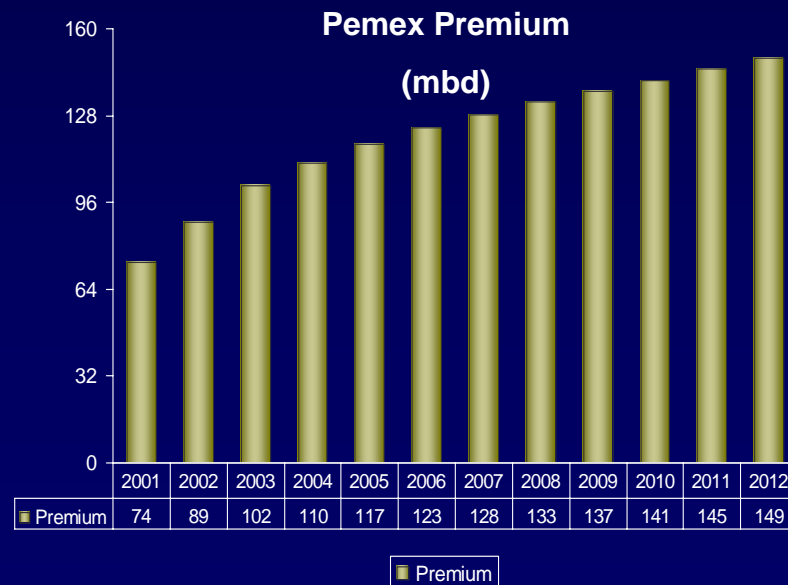
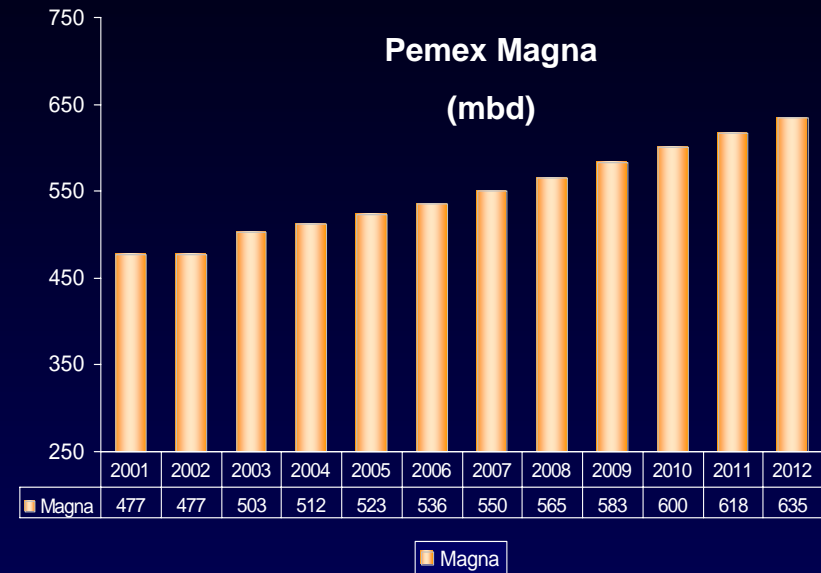
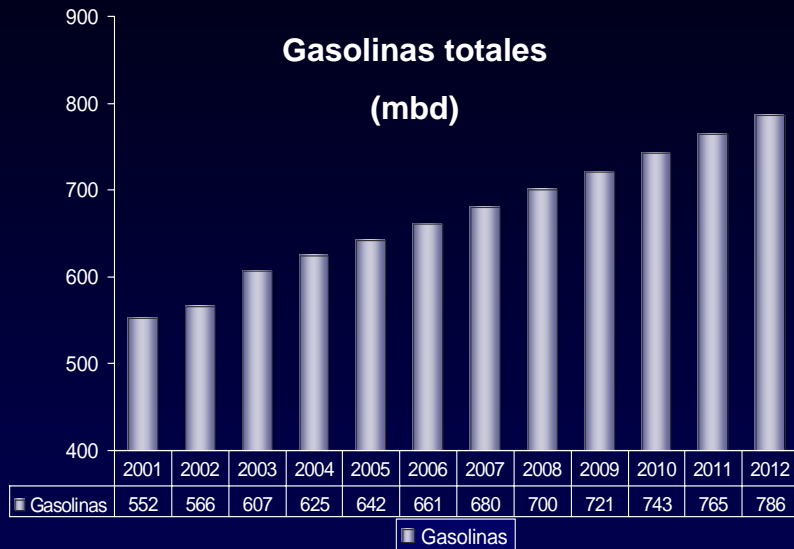
La Tabla describe un resumen de las regulaciones existentes y de los incentivos para combustibles de bajo azufre en varios países.

País	Regulación	Fecha	Límite de Azufre (ppm)
E.U.A.	Tier 2 – gasolina	2006	80 (30 ppm prom.)
	Vehículos pesados – diesel	2006	15
	Vehículos y maquinaria estacionarios–diesel	Propuesto para – 2007 o 2010	15
Unión Europea	98/70/EC EURO4	2005	50
	Enmienda al 98/70/EC	2009	10
	Incentivos en Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Alemania, Países Bajos, Suecia, Suiza y el Reino Unido para la introducción temprana de combustibles de bajo y ultra bajo azufre		
Japón	Regulaciones nacionales	2004	50
	Debido a incentivos, combustibles de bajo azufre ya están disponibles en Tokio		50
Hong Kong	Incentivos nacionales para diesel de bajo azufre	2000	50
	Regulación – gasolina	2001	150
Australia	Regulación – gasolina	2005	150
	Regulación – diesel	2006	50

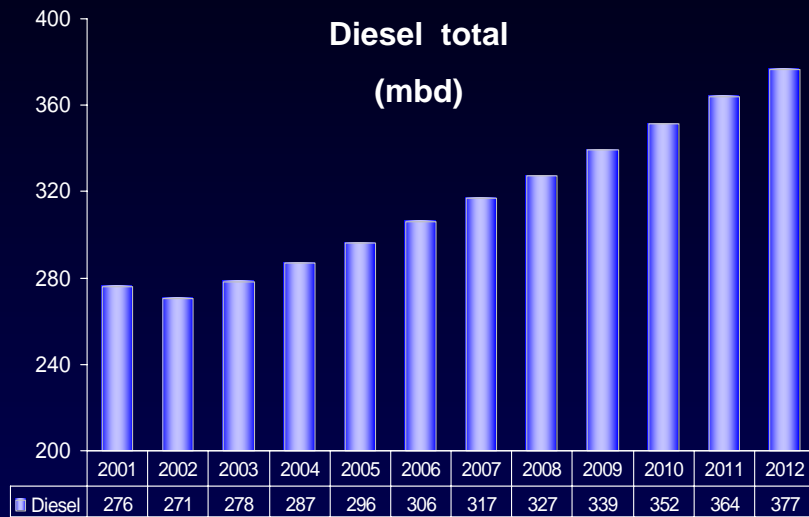
Inversiones Estimada. Millones de USD

	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
Desulfuración de gases de combustión	57	128.3	128.3	128.3	128.3	570
Optimización de hornos de calentamiento	35	78.8	78.8	78.8	78.8	350
Gasolinas	154	386	180.4	229.9	349.5	1,300
Diesel	46.5	50	253.5	200	200	750
Gas de cola en plantas de azufre	33	74.3	74.3	74.3	74.3	330
TOTAL						3300

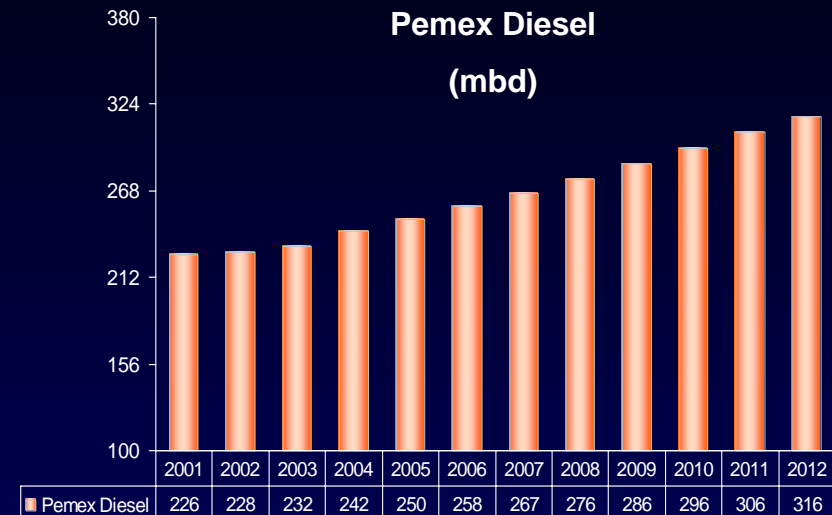
Demanda¹ de gasolinas, 2001-2012 (miles de barriles diarios)



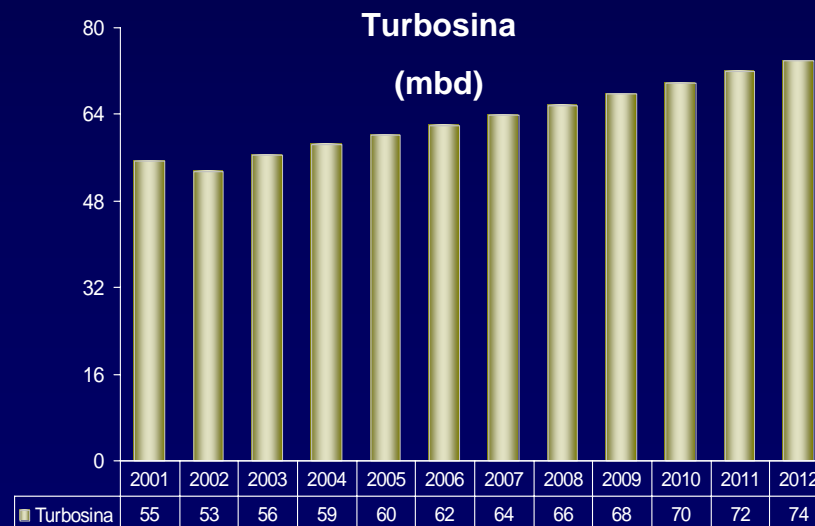
Demanda¹ de destilados intermedios, 2001-2012 (miles de barriles diarios)



■ Diesel



■ Pemex Diesel



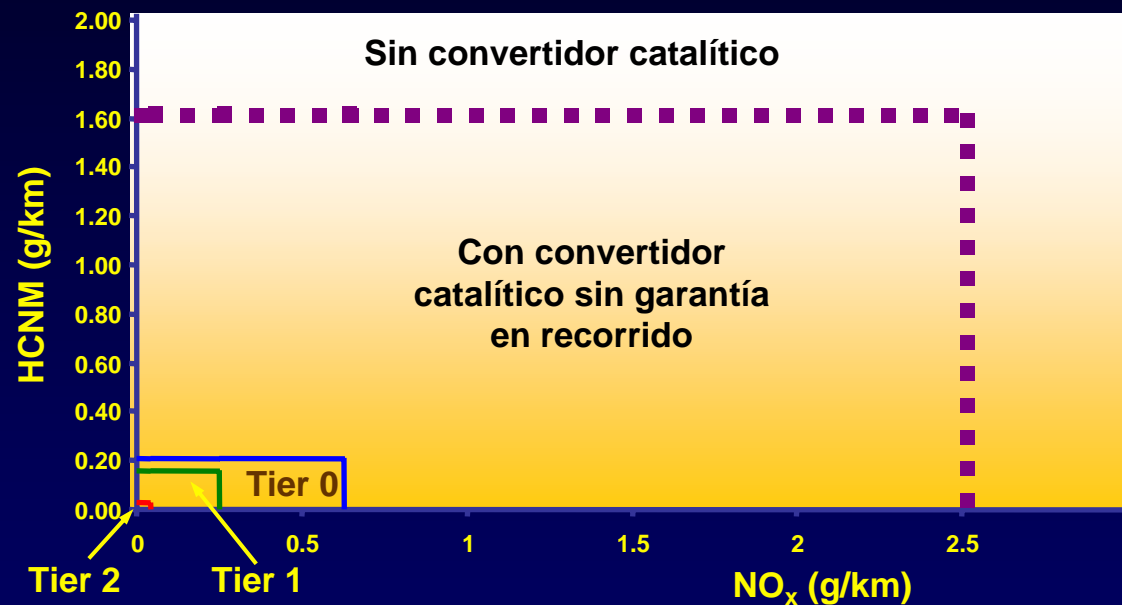
■ Turbosina

¹ Fuente: PEMEX, abril 2004

Tecnología automotriz

Vehículos de gasolina

- La disminución de emisiones contaminantes en vehículos está asociada a la utilización de convertidores catalíticos y sistemas de control de emisiones, así como a la calidad de los combustibles utilizados.



Contenido de azufre en la gasolina

Menor a 50 ppm	300 ppm	1000 ppm
Tier 2	Tier 1	Tier 0

Situación Actual

- **Actualmente México tiene algunos de los combustibles vehiculares de más alta calidad en Latinoamérica.**
- **El pasado mes de Abril, PEMEX introdujo la gasolina Premium con un contenido de azufre de 300 ppm en las zonas metropolitanas del país.**
- **Sin embargo, todavía este contenido de azufre se encuentra en un nivel 10 veces superior al necesario para introducir tecnologías avanzadas de control de emisiones en los vehículos.**
- **PEMEX estima que costará aprox. 3 mil millones de USD el modernizar las nueve refinerías de México para producir gasolina de bajo azufre.**