



SIGUIENDO LA PISTA

Análisis del control de emisiones de vehículos en la Provincia de León

Eduardo Fernández Fernández

Ingeniero Técnico Industrial, Master en Valoración Ambiental de Riesgos Naturales de la Facultad de CC. Biológicas y Ambientales. Universidad de León.

efernandez@itevelesa.com

Este trabajo ha sido presentado como práctico del Master de Riesgos Naturales de la Universidad de León bajo la tutoría del doctor D. José Luis Sánchez Gómez, Catedrático de Física de la Universidad de León. En él se muestra la evolución de las emisiones de los vehículos a la atmósfera, constatándose un aumento en la producción de CO₂, así como una disminución de la cantidad de hidrocarburos no quemados (HC), al igual que el monóxido de carbono.

Introducción

El Cambio Climático es una realidad que ya afecta a ecosistemas, sociedad, economía y salud. No existen fronteras, por lo que los problemas y las posibles soluciones a aplicar son globales. La forma de vida tal como se conoce hoy día se va a ver afectada sin tener en cuenta países ricos o pobres, vulnerabilidad ante el mismo o influencia en su origen. Compatibilizar desarrollo con reducción de emisiones es un reto que tiene que ser asumido por todos. Entre los principales factores causantes del cambio climático se citan los gases de efecto invernadero (GEI). Las fuentes de los gases de efecto invernadero son múltiples: quema de combustibles para generación de electricidad, transporte, procesos industriales, agricultura, turismo, vivienda... Esto significa que todos estamos contribuyendo a este fenómeno en mayor o menor medida, siendo necesaria una colaboración transfronteriza para mitigar las causas que lo originan y sus consecuencias.

En este sentido en el trabajo que presentamos se analiza la posible influencia de la ITV (Inspección Técnica de Vehículos) en la reducción de las emisiones de gases a la atmósfera, centrándonos en tres gases emitidos por vehículos de gasolina: el dióxido de carbono (CO₂) responsable en gran medida del efecto invernadero, monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados (HC), y en los valores de opacidad (valor K) de los vehículos diesel.

Con carácter general, en el tráfico rodado, se distingue entre contaminantes primarios y contaminantes secundarios:



- 1. Contaminantes primarios:** Son aquéllos emitidos directamente por una fuente identificable. Están contenidos en los gases de escape de los vehículos.
- 2. Contaminantes secundarios:** Son los que aparecen en la atmósfera después de un cierto tiempo. Normalmente se generan por reacción química a partir de los contaminantes primarios, y su aparición se ve favorecida por un agente externo que actúa de catalizador.

En concreto, de entre todos los contaminantes emitidos por los vehículos, destacan los siguientes (**Tabla 1**):

| Contaminante | Descripción |
|---|--|
| NO _x (NO y NO ₂) | Óxidos de nitrógeno expresados en masa de NO ₂ |
| N ₂ O | Óxido nitroso |
| SO _x (SO y SO ₂) | Óxidos de azufre expresados en masa de SO ₂ |
| CH ₄ | Metano |
| COVNM | Compuestos orgánicos volátiles, excepto el metano (COV-CH ₄) |
| CO | Monóxido de carbono |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| NH ₃ | Amoniaco |
| PM | Partículas |

Tabla 1. Principales contaminantes emitidos por los vehículos.

También se pueden distinguir entre emisiones en caliente, partidas en frío y evaporativas.

A) El proceso de combustión normal (en caliente): la combustión de la gasolina, el gas o el gasoil de los vehículos se produce dentro de los cilindros del motor según diferentes sistemas de encendido. Los más habituales son la combustión instantánea (por chispa) o la combustión gradual (por compresión). En uno y otro caso el resultado es la quema del combustible. En la combustión teórica (Horrowitz, 1982) se produce la conversión completa de los hidrocarburos a CO₂ y agua. En la realidad también el nitrógeno atmosférico y los demás componentes del combustible, como el azufre, son oxidados. El carbono quemado de forma incompleta se transforma en CO. Por otra parte, existe una cierta cantidad de los hidrocarburos que no es quemada por falta de temperatura adecuada, principalmente en las paredes de la cámara de combustión. Tendremos por tanto una emisión de gases cuya cantidad y



proporción varían dependiendo de factores diversos: del tipo de combustible, de la proporción de mezcla de éste, de la temperatura del motor, etc.

B) Las emisiones del arranque en frío: cuando un vehículo ha estado detenido durante varias horas, la temperatura ambiente condiciona la rapidez con la que su motor alcanza una temperatura estable. Esto se traduce en que el automóvil recorrerá unos cientos de metros hasta alcanzarla. Esa longitud puede expresarse como una fracción de la longitud total recorrida, a igual temperatura exterior, por lo que a menudo se habla de porcentaje o **fracción de recorrido en frío**. Para Bendtsen y Thorsen (1995) la circulación en frío, para un vehículo de gasolina, es la que tiene lugar en los 2,5 minutos siguientes al arranque, después de haber dejado el vehículo al menos 2 horas con el motor parado. Si la temperatura varía sensiblemente, también lo hace el periodo de arranque en frío. Cuando el motor está frío el combustible no se vaporiza bien y la influencia de la temperatura de las paredes del cilindro es grande. De esta manera son especialmente el CO y los hidrocarburos no quemados los que son expulsados por el tubo de escape. Estas emisiones tienen lugar en todos los modos o situaciones de conducción, y en todo tipo de vehículos, independientemente de su edad; en los que disponen de sistemas catalizadores este fenómeno es el responsable de prácticamente la totalidad de la contaminación generada, ya que el catalizador no es operativo hasta que se alcanza una cierta temperatura. Las investigaciones que se encaminan a la reducción de emisiones en vehículos con catalizador centran la atención en este periodo de circulación en frío (Samaras, 1999). El cálculo de las emisiones en frío es una tarea en la que existe bastante imprecisión, debido a la gran cantidad de datos que se desconocen. Existen dos tipos de circulación en frío (Bendtsen y Thorsen, 1995), aunque en la práctica no se suelen distinguir:

1- el arranque en frío en el que el motor y el catalizador están parados y fríos, a la temperatura ambiente; esto suele suceder 8 h después de detener el vehículo.

2- un arranque medio-frío en el que el motor y el catalizador están a unos 20°C. El tiempo medio que se considera para este caso es de 2 h.

C) Emisiones evaporativas: las emisiones contaminantes a la atmósfera por la evaporación de los componentes volátiles del combustible (hidrocarburos) se producen desde los componentes por los que pasa aquél, fundamentalmente desde el cárter, el carburador y el depósito del combustible. La evaporación se produce principalmente cuando el vehículo no está en funcionamiento, pero el motor aún está caliente, por lo que las emisiones dependen tanto del periodo de circulación en frío propiamente dicho, como del periodo de enfriamiento del vehículo estacionado (cool-down). Éste es mucho

más difícil de conocer, aunque puede estimarse de forma aproximada: toda la noche, si se coge para ir al trabajo; 7-8 horas de día si se toma para volver del trabajo; etc. (Harrowitz, 1982).

Algunas de estas emisiones presentan efectos globales como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, que permanecen en la atmósfera por mucho tiempo, y otros contaminantes presentan efectos locales y que permanecen por horas o meses como máximo en la atmósfera. Entre estos últimos, es posible mencionar monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, etc. (Lenz 1999, Pearson 2001). Por tanto en el análisis de la emisión de contaminantes deben considerarse dos posibles regímenes de funcionamiento del motor: en frío y en caliente; y también deben considerarse las emisiones por evaporación del combustible que dependen fundamentalmente de las características técnicas del motor, de las gasolinas y la temperatura ambiente.

Si contemplamos el tipo de emisiones que se producen en España, comprobamos que tiene el perfil emisor típico de un país industrializado, donde dominan las emisiones procedentes del manejo de la energía, industria (en parte energía) y el transporte (también energía) en cuanto a sectores (**Fig. 1**), y el CO₂ en cuanto a gases.

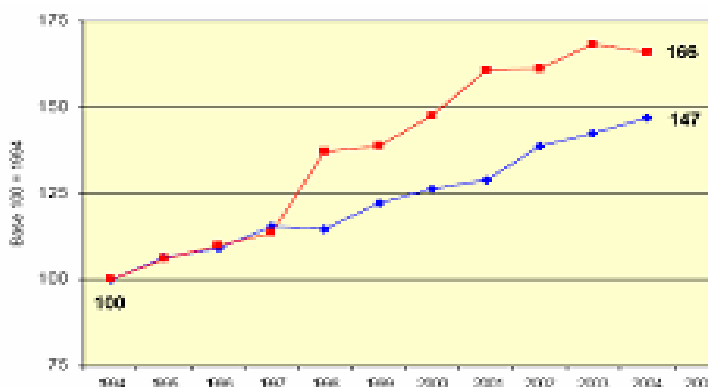


Figura 1. Emisiones GEI (Gases de Efecto Invernadero) procedentes del transporte por carretera (1994-2004). ◆: Viajeros por carretera; ■: Mercancías por carretera. Fuente: elaboración a partir del Banco Público de Indicadores de medio Ambiente.

Las emisiones en España muestran una tendencia de crecimiento significativo desde el año 1990 (**Fig. 2**), con ligeros descensos puntuales para algunos años como el 1993 y 1996.

Esto ha llevado a unas emisiones totales en CO₂ equivalente de 440,7 Mt en 2005, frente a las 289,6 Mt de 1990 (un incremento del 52%).

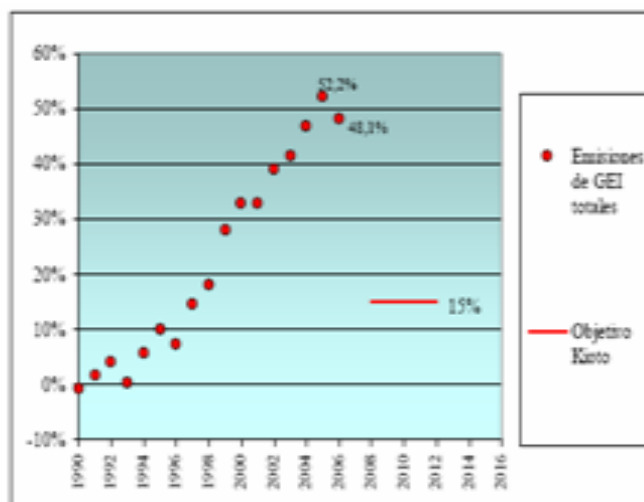


Figura 2. Evolución de emisiones de GEI en España desde 1990.

De todos los factores generadores de contaminación ambiental, el que más aumenta en España y en la Unión Europea es el transporte por carretera, pese a los avances introducidos para conseguir una combustión menos contaminante (en especial, los catalizadores). En España las emisiones procedentes del transporte representaban menos del 30% en 2005 pero se estima que llegarán al 40% en 2010. Además de influir en el calentamiento del planeta, el transporte basado en el consumo de petróleo es una de las principales causas de otras formas de contaminación ambiental como la acidificación del medio, la concentración de partículas en el aire y la formación de ozono en la troposfera por la emisión de gases precursores del ozono (ej. CO).

El objetivo principal del presente estudio es analizar y constatar la evolución de las emisiones de los vehículos a la atmósfera, comprobando la influencia de los medios de control en cuanto a inspección de los vehículos.

Materiales y Métodos

Las medidas han sido tomadas en estaciones de la provincia de León ubicadas geográficamente en las localidades de Ponferrada, Astorga, Villablino, Cistierna, Onzonilla (**Fig. 3**) y Cembranos. Estas mediciones se realizan en el interior de módulos acondicionados específicamente, que reúnen unas condiciones termohigrométricas en función de las características técnicas de los equipos usados para el control de los vehículos (Norma UNE 82501).



Figura 3. Estación de ITV de Onzonilla.

Para el presente estudio se han tomado datos en ensayos realizados a 3149 vehículos con motor diesel de los que se ha obtenido la opacidad (coeficiente de absorción “K”), 2325 vehículos con motor de gasolina para la obtención de datos sobre monóxido de carbono, y 1177 vehículos también con motor de gasolina de los que se ha obtenido los datos de dióxido de carbono e hidrocarburos sin quemar.

La medida del CO, el coeficiente de absorción “K”, el HC y CO₂ se ha realizado utilizando la metodología existente en el Manual de Procedimiento de Inspección de vehículos aprobada por el Ministerio de industria y energía. En la **Fig. 4** se muestra uno de los analizadores de gases utilizados en el estudio.



Figura 4. Analizador de gases.

Resultados y Discusión

Parque Automovilístico

Respecto del total de turismos matriculados en la provincia de León desde el año 1985 hasta el año 2005 se observa el aumento de las matriculaciones de vehículos diesel siguiendo la tendencia de CyL (**Fig. 5**).

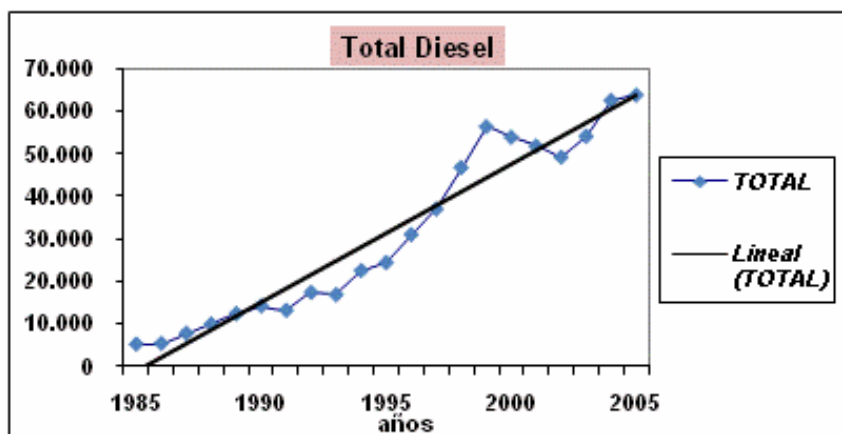


Figura 5. Número de vehículos diesel matriculados en Castilla y León desde 1985 hasta 2005.

En el caso de los vehículos matriculados con gasolina se observa un aumento, pero no tan pronunciado como en los vehículos diesel (**Fig. 6**).

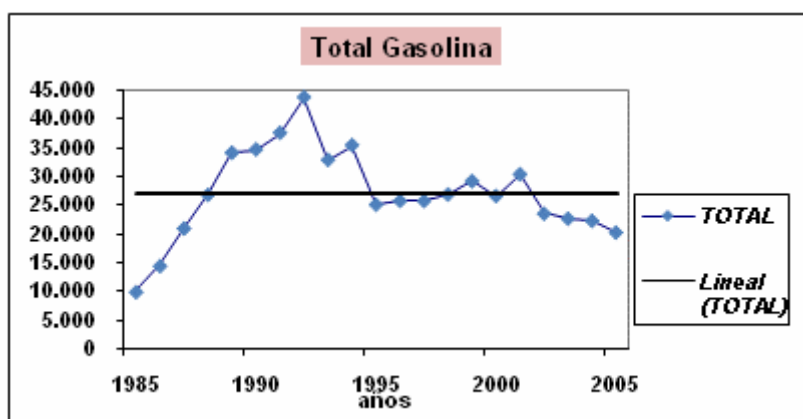


Figura 6. Número de vehículos gasolina matriculados en Castilla y León desde 1985 hasta 2005.

Antigüedad del parque automovilístico

En cuanto a la antigüedad del parque, y atendiendo a los datos de que disponemos sobre Castilla y León (Tabla 2), podemos comprobar que el parque de vehículos inspeccionados (independientemente del tipo de combustible) es bastante antiguo, vemos que el mayor porcentaje corresponde a vehículos de

entre 11 a 15 años, factor significativo para los valores que se han obtenido en los ensayos.

| | >15 | 11-15 | 6-10 | < 5 | Total | % | % | % | % |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 1998 | 168.102 | 228.567 | 266.960 | 115.358 | 778987 | 21,58 | 23,34 | 34,27 | 14,81 |
| 1999 | 173.174 | 264.153 | 215.479 | 111.338 | 764.144 | 22,66 | 34,57 | 28,20 | 14,57 |
| 2000 | 176.688 | 295.913 | 247.819 | 117.135 | 837.555 | 21,10 | 35,33 | 29,59 | 13,59 |
| 2001 | 180.150 | 321.007 | 214.660 | 126.311 | 842.128 | 21,39 | 38,12 | 25,49 | 15,00 |
| 2003 | 213.533 | 352.397 | 201.752 | 152.911 | 920.593 | 23,28 | 38,28 | 21,52 | 16,61 |
| 2004 | 236.697 | 342.959 | 217.314 | 152.121 | 949.091 | 24,54 | 36,14 | 22,58 | 16,03 |
| 2005 | 261.197 | 326.082 | 229.569 | 157.386 | 974.234 | 26,81 | 33,47 | 23,56 | 16,15 |

Tabla 2.- Antigüedad del parque automovilístico en Castilla y León

Consumo de combustibles

En el periodo considerado en el presente estudio a partir de los datos obtenidos del Ente Regional de la Energía de Castilla y León se aprecia que en la provincia de León ha habido un incremento significativo en el consumo de gasóleo en comparación con el consumo de gasolina.

Opacidad de vehículos diesel

En el total de vehículos diesel matriculados a partir de 1980, objeto de estudio, se observa una tendencia a su disminución (**Fig. 7**).

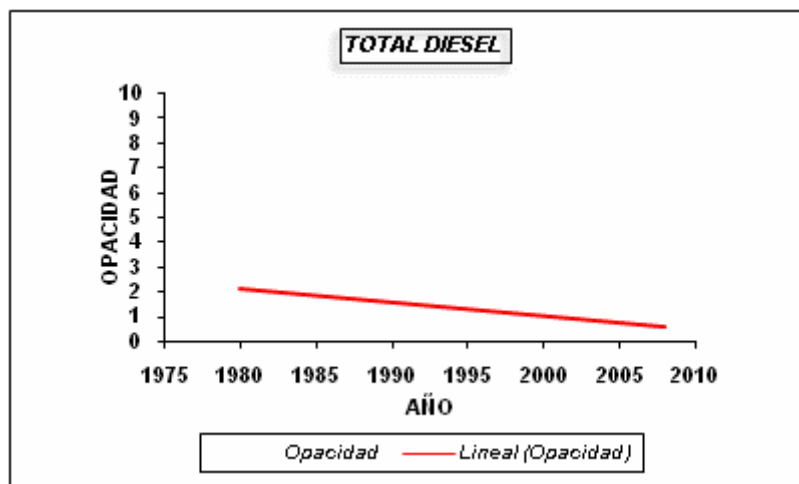


Figura 7. Opacidad en vehículos diesel.

Esta disminución se debe principalmente a la entrada en vigor de la normativa “Euro”, que marca los límites aceptables para estos valores en la Comunidad Económica Europea.

Emisiones de CO₂, HC y CO de vehículos gasolina

En una combustión perfecta de un hidrocarburo, los únicos productos resultantes serían CO₂ y H₂O. En las combustiones “reales” aparecen una serie de productos contaminantes que es necesario eliminar (CO, HC, NO_x). Así, si la mezcla es excesivamente rica, no existe suficiente O₂ para la formación de CO₂, se produce CO; y si la temperatura de combustión es baja favorece la combustión incompleta, aumentando los HC.

Los resultados que se presentan a continuación en los vehículos que utilizan como combustible la gasolina son los obtenidos con los equipos mencionados en el apdo.2.2, ya que éstos nos muestran no sólo los valores de CO en % de volumen, sino también muestra los valores de CO₂ y de HC, éstos últimos en ppm. Por éste motivo hemos contemplado en el estudio tres apartados en función del contaminante medido, y dentro de éstos, los datos obtenidos con el vehículo al ralentí y acelerado en vacío según normativa vigente.

Anhídrido Carbónico (CO₂)

En cuanto a las emisiones de CO₂ en vehículos de gasolina en régimen de acelerado, se observa que desde el año 1989 hasta el año 2006, existe un ligero incremento (**Fig. 8**).

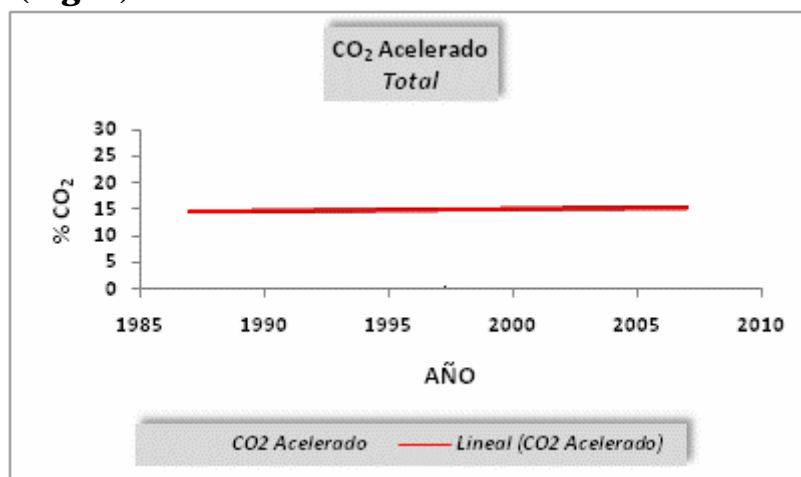


Figura 8. Emisión de CO₂ en vehículos de gasolina.

Hidrocarburos (HC)

En este caso los valores obtenidos por los analizadores nos dan las medidas en ppm, pudiendo observar en la figura que representa todas las medidas obtenidas una recta con pendiente negativa (**Fig. 9**), por lo que se puede deducir un mejor funcionamiento, en general, en esta prueba (con el motor al corte de bomba).

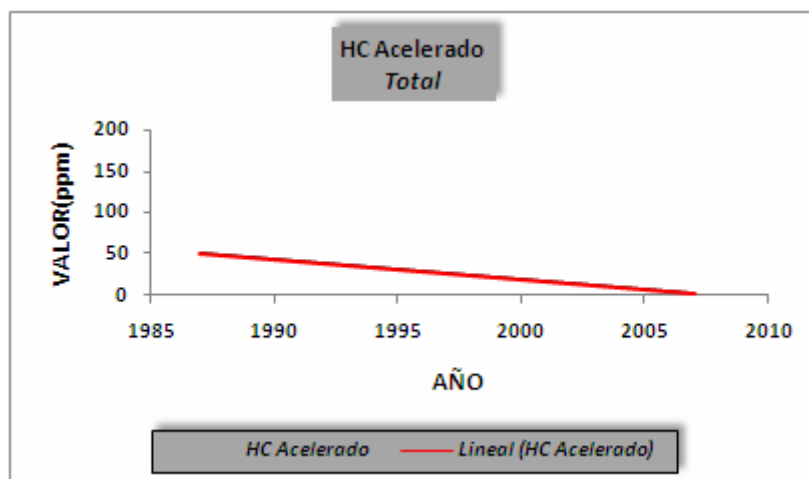


Figura 9. Emisión de HC en vehículos de gasolina.

Existen ciertas zonas de la cámara de combustión que al no alcanzar la temperatura de combustión favorecen la combustión incompleta, aumentando la presencia de HC. Con la entrada en vigor de la normativa Euro se ha observado una mayor disminución en la emisión de estos relativamente altos, mientras que en los valores que se obtienen llevando al vehículo al corte de inyección la pendiente es menos pronunciada (**Fig. 10**), partiendo, como se observa en la figura, de valores más bajos en la emisión de “inquemados” al medio ambiente.

Monóxido de Carbono (CO)

El CO se produce en mezclas excesivamente ricas, al no existir oxígeno suficiente para la formación de CO₂. Es el contaminante propiamente dicho más abundante que generan los vehículos de gasolina o gasóleo, es un gas incoloro, inodoro y más ligero que el aire.

El CO es el valor que se mide en la ITV de forma oficial y motivo de la aceptación o rechazo del vehículo ensayado, en función de unos valores, más o menos restrictivos, que vienen determinados por la fecha de matriculación del vehículo (**Fig. 10**). Se pueden apreciar pendientes acusadas, siendo a partir del 2005 valores prácticamente cero.

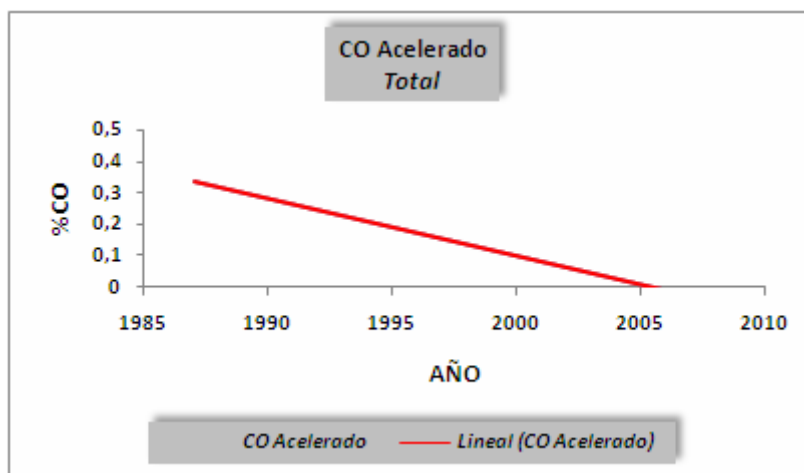


Figura 10. Porcentaje de CO emitido por vehículos de gasolina.

Conclusiones

- La disminución del coeficiente K en vehículos diesel en el total de la muestra es significativa, al igual que el aumento de las matriculaciones de vehículos diesel y el consumo de este combustible (Según el IPCC las partículas se mantienen en torno a las 30.000 Tm hasta el 2005, pese al aumento del consumo diesel, principal responsable de este tipo de emisiones).
- Hay que resaltar la situación que se produce con respecto a las emisiones de CO₂. Los resultados del estudio muestran un aumento de las mismas para todos los años del estudio. Lo cual es a su vez resultado de una mejor combustión de los motores. El aumento de la movilidad va acompañado de un aumento en el consumo de combustible, lo cual lleva a su vez a un aumento del CO₂ emitido. El consumo de los vehículos afecta también a las emisiones. Orientar al consumidor hacia vehículos de menor cilindrada, reducir su peso, desarrollar motores más eficientes..., permitiría disminuir el consumo de los vehículos y por tanto, controlar las emisiones de CO₂ aun con un incremento de la movilidad (coherente con los resultados del IPCC en el estudio de sostenibilidad a nivel nacional).
- Los HC experimentan una importante disminución a partir de la entrada en vigor de la normativa Euro, lo que confirma los datos del IPCC sobre éstos y los compuestos orgánicos volátiles no metano (COVNM) mencionando una disminución del 28% desde 1992.
- El monóxido de carbono (CO) sigue una clara tendencia a la baja (llama la atención el efecto de la entrada en vigor de la normativa Euro, produciendo una fuerte reducción de los contaminantes CO desde 1992).



Bibliografía

- Bendtsen, H. y Thorsen, H. (1995) A survey of the number of cold vehicles on the roads. *The Science of the Total Environment*, no. 169, 113-121
- Horowitz, J.L. (1982) *Air quality analysis for urban transportation planning*. MIT Press, Massachusetts.
- Samaras, Z. (1999) Future evolution of transport externalities: anticipating the impact of emission standards and technology advances. *Jornadas sobre la política de transporte y el cambio climático*. Asociación Técnica de la Carretera. Valencia
- Sorensen, S. y Schramm, J. (1992) Individual and public transportation - emission and energy consumption models. Rep. RE 91-5, Laboratory for Energetic. Technical University of Denmark, Copenhagen. 62 pp.
- INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE ESPAÑA AÑOS 1990-2005 (comunicación a la comisión europea)
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. *MEDIO AMBIENTE EN ESPAÑA, 2005*. -- Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Centro de Publicaciones, 2006. –
- DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL. *PERFIL AMBIENTAL DE ESPAÑA 2005 : informe basado en indicadores / Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos*,
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos. *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de España edición 2007 (serie 1990-2005) sumario de resultados. medidas urgentes de la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía limpia-eccel-(20/07/07)*