

# EMISIONES DE VEHÍCULOS

Autor:  
Guillermo Wolff  
Dr. Ingeniero Industrial  
Presidente de la Comisión Técnica de ASEPA de  
Motores, Combustibles y Lubricantes

Nº 123

Marzo 2018

DOCUMENTOS  
CC.TT.

**asepa**

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PROFESIONALES DE AUTOMOCIÓN

Ponente de ASEPA: GUILLERMO WOLFF

# EMISIONES DE VEHÍCULOS

Videoconferencia Mecánica y Automoción  
(Miércoles 21 de Marzo 2018)



Formación Profesional  
a Distancia

 Planeta  
Formación y  
Universidades



# Videoconferencia

## Emisiones de Vehículos



# Índice:

- Presentación Experto
- ASEPA
- Tipos de emisiones contaminantes
- Sistemas que incorporan los vehículos para reducir emisiones
- Normativas europeas sobre reducción de misiones y consumo de combustible
- Diferentes sistemas de diagnosis a bordo (OBD) y su control en las emisiones
- Inspección técnica de vehículos

# Experto

CEAC

Formación Profesional  
a Distancia

## Guillermo Wofff Elósegui



Doctor Ingeniero Industrial. Exconsultor de Automoción y Combustibles de Repsol S.A. Profesor del Máster de Ingeniería de Automoción del INSIA – UPM y del Máster de Ingeniería Industrial de la Universidad Rey Juan Carlos. Presidente de la Comisión Técnica de Motores, Combustibles y Lubricantes de ASEPA. Dilatada experiencia en proyectos del sector de automoción, motores de combustión interna y combustibles.

**ASEPA** es la **Asociación Española de Profesionales de la Automoción** sin ánimo de lucro, fundada en 1996 con el objetivo de favorecer la formación, promoción y relación entre todos los profesionales españoles del sector de la automoción y tecnología afines.



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PROFESIONALES DE AUTOMOCIÓN

Gracias al **acuerdo de Colaboración entre CEAC y ASEPA**, los alumnos de los cursos de Mecánica y Automoción disponen de las siguientes ventajas:

- Boletín Noticias de Automoción
- Newsletter con información y novedades del sector
- Diccionario de Automoción online
- Monográficos
- Participación gratuita en actividades de la asociación
- Descuentos en conferencias y ferias del sector
- Videoconferencias con expertos

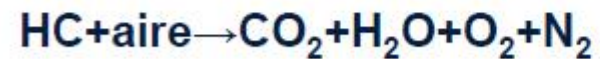
# Tipos Emisiones Contaminantes

CEAC

Formación Profesional  
a Distancia



Productos de una **combustión ideal**:



# Tipos Emisiones Contaminantes



Productos de una **combustión ideal**:



**Gas efecto invernadero** → cambio climático

# Tipos Emisiones Contaminantes



Productos de una **combustión real**:

HC+aire→

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{N}_2 + \text{CO} + \text{HC} + \text{PM} + \text{NO}_x + \text{SO}_2$

Contaminantes primarios

Productos de una combustión ideal:

HC+aire→  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{N}_2$

Gas efecto invernadero → cambio climático

# Tipos Emisiones Contaminantes



Reacciones en la atmósfera

$\text{CO} + \text{HC} + \text{PM} + \text{SO}_2 + \text{NO}_x + \text{atmósfera} + \text{radiación solar} \rightarrow$

Productos de una combustión real:

$\text{HC} + \text{aire} \rightarrow$

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{N}_2 + \text{CO} + \text{HC} + \text{PM} + \text{NO}_x + \text{SO}_2$

Contaminantes primarios

Productos de una combustión ideal:

$\text{HC} + \text{aire} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{N}_2$

Gas efecto invernadero  $\rightarrow$  cambio climático

# Tipos Emisiones Contaminantes



## Reacciones en la atmósfera

$\text{CO} + \text{HC} + \text{PM} + \text{SO}_2 + \text{NO}_x + \text{atmósfera} + \text{radiación solar} \rightarrow \text{O}_3 + \text{PM} + \text{NO}_2 + \text{CO} + \text{PAN} + \text{H}_2\text{O}_2 + \dots$

Inmisiones  $\rightarrow$  calidad del aire

## Productos de una combustión real:

$\text{HC} + \text{aire} \rightarrow$

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{N}_2 + \text{CO} + \text{HC} + \text{PM} + \text{NO}_x + \text{SO}_2$

Contaminantes primarios

## Productos de una combustión ideal:

$\text{HC} + \text{aire} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{N}_2$

Gas efecto invernadero  $\rightarrow$  cambio climático

# Sistemas Reducción

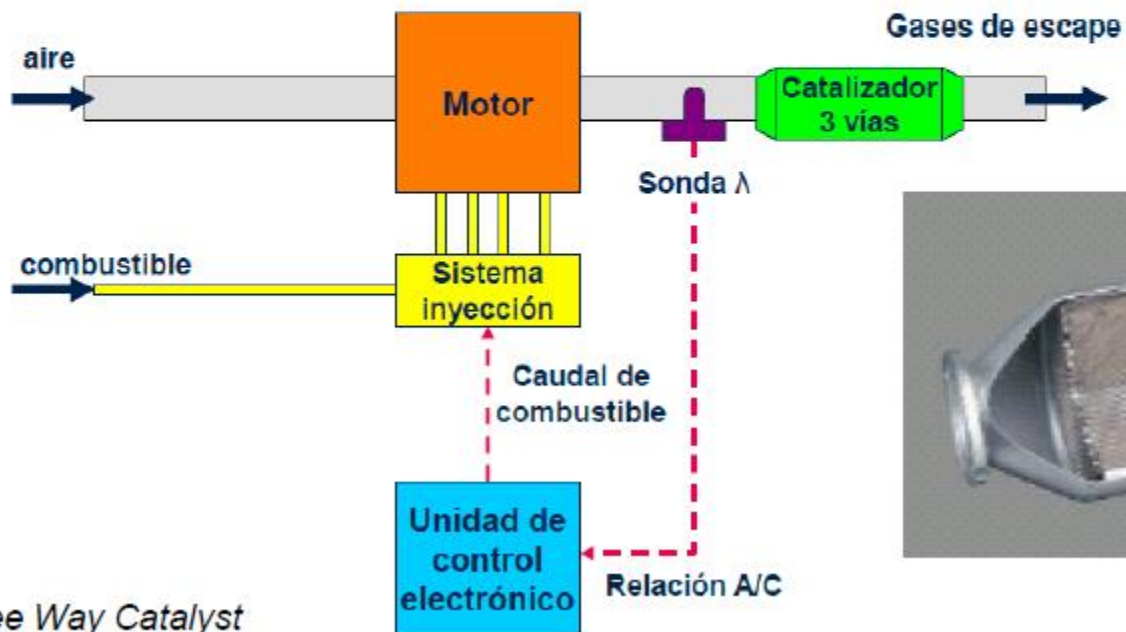
## Emisiones Contaminantes

- Características específicas de los MEP y MEC
  - **MEP**
    - Emisiones locales bajas
    - Emisiones de **CO<sub>2</sub>** altas
  - **MEC**
    - Emisiones de **NOx y partículas** altas
    - Emisiones de **CO<sub>2</sub>** bajas

# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEP

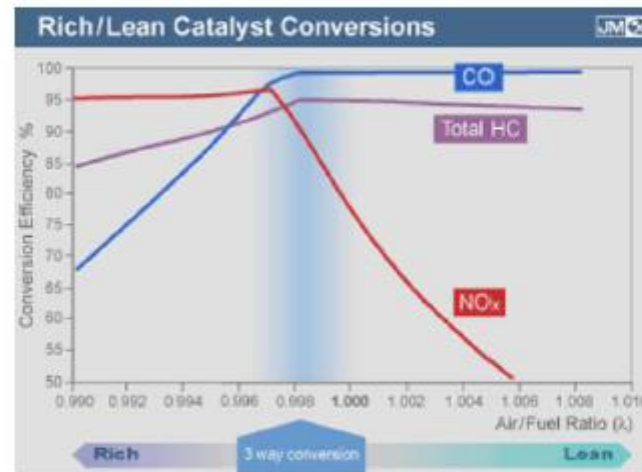
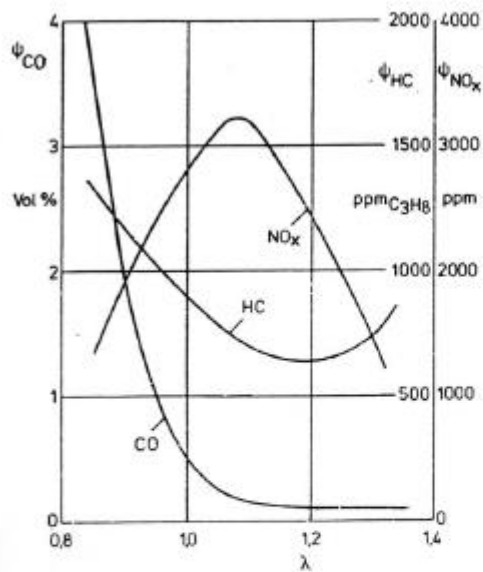
- **Sistemas de postratamiento**
  - **Motor convencional**, utilizando mezclas estequiométricas ( $\lambda = 1$ )
    - CO, HC, NO<sub>x</sub>
    - **Catalizador de tres vías (TWC)**



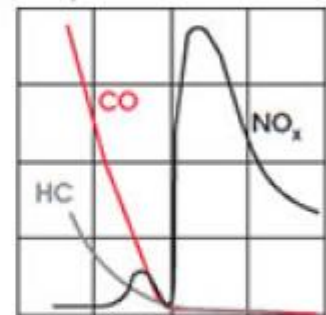
TWC: *Three Way Catalyst*

# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEP



Después del catalizador



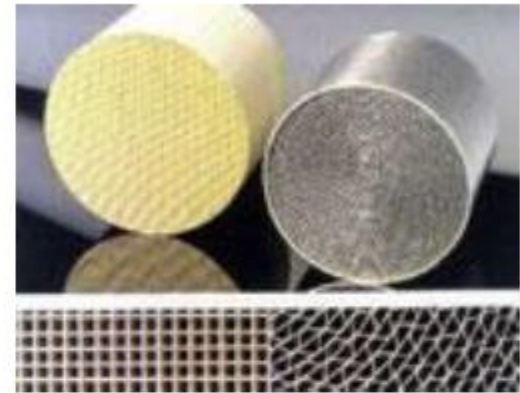
Fuente: Johnson Matthey

Ventana de actuación:  $\lambda = 1 \pm 0,005$  (0,995 – 1,005)

# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEC

- **Sistemas de postratamiento**
  - CO, HC, fracción soluble de partículas
    - **Catalizador de oxidación (Oxicat)**



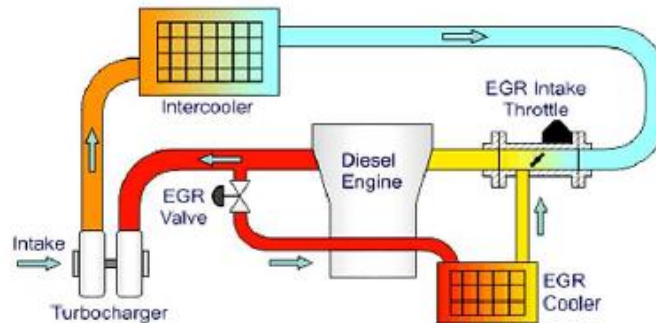
- Sistema sencillo, que no requiere regulación
- Disminuyen las emisiones de CO y HC al oxidarlos
- Oxida el azufre formando sulfatos, que al condensar en el escape incrementa la fracción insoluble de las partículas

Oxicat: Oxidation Catalyst

## *Sistemas de postratamiento en los MEC*

### NOx

- **Recirculación de gases de escape refrigerado (EGR)**



- **Catalizador DeNOx de almacenamiento (LNT)**
  - **Tecnología con rendimiento moderado**

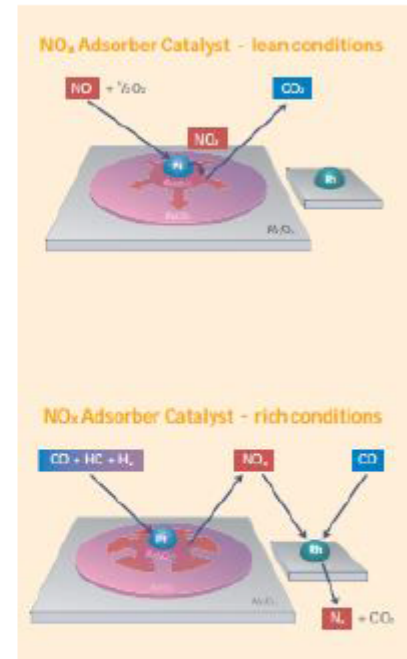
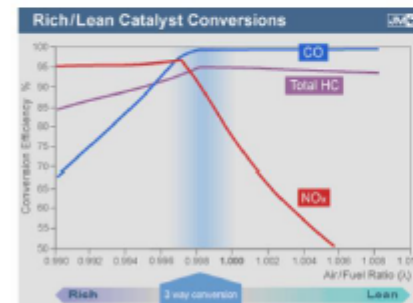
EGR: Exhaust Gas Recirculation

LNT: Lean NOx Trap

# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEC

- **Catalizador DeNOx de almacenamiento (LNT)** LNT: Lean NOx Trap
- Incorporación de BaO
  - Mezcla pobre
    - $\text{NO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{NO}_2$
    - $\text{NO}_2 + \text{BaO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  (retención en estado sólido)
  - Mezcla rica temporal
    - $\Delta T$ , la reacción se invierte y los  $\text{NO}_2$  se reducen a  $\text{N}_2$  en un catalizador de tres vías
    - Se incrementa la emisión de partículas



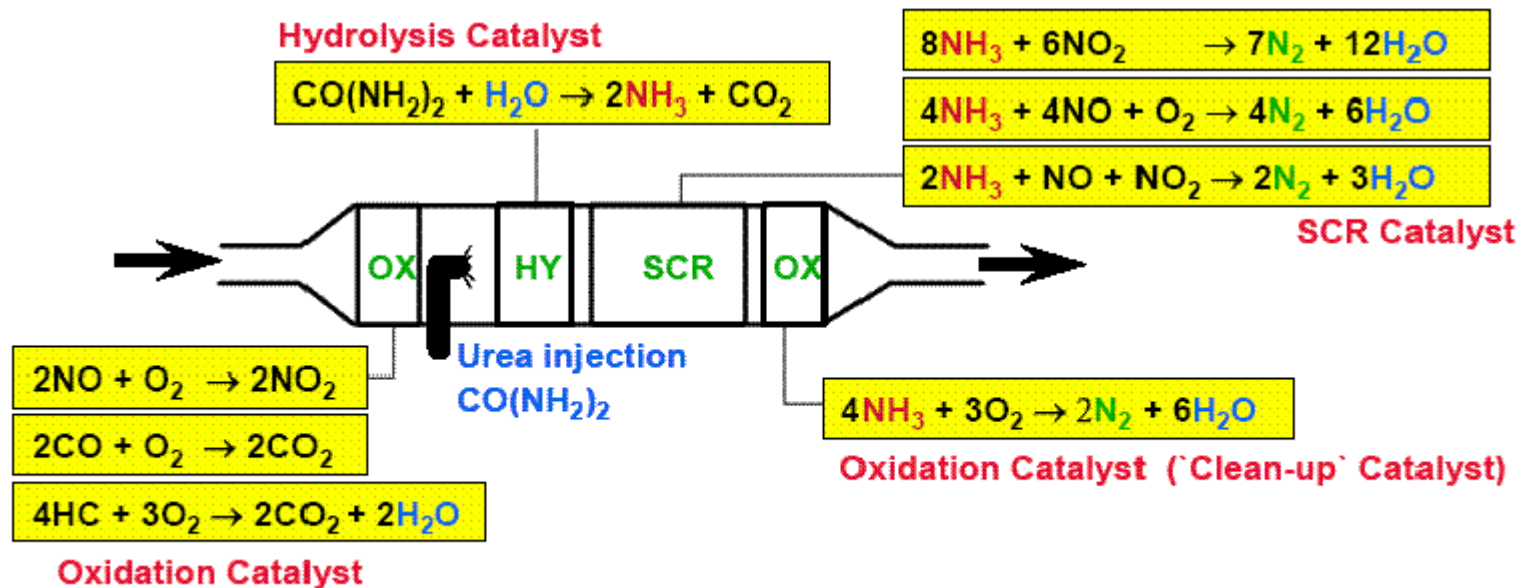
Fuente: Johnson Matthey

- S camino similar al  $\text{N}_2$  formando sulfato de bario
  - Dificultad de invertir reacción, ocupando espacio

# Sistemas Reducción

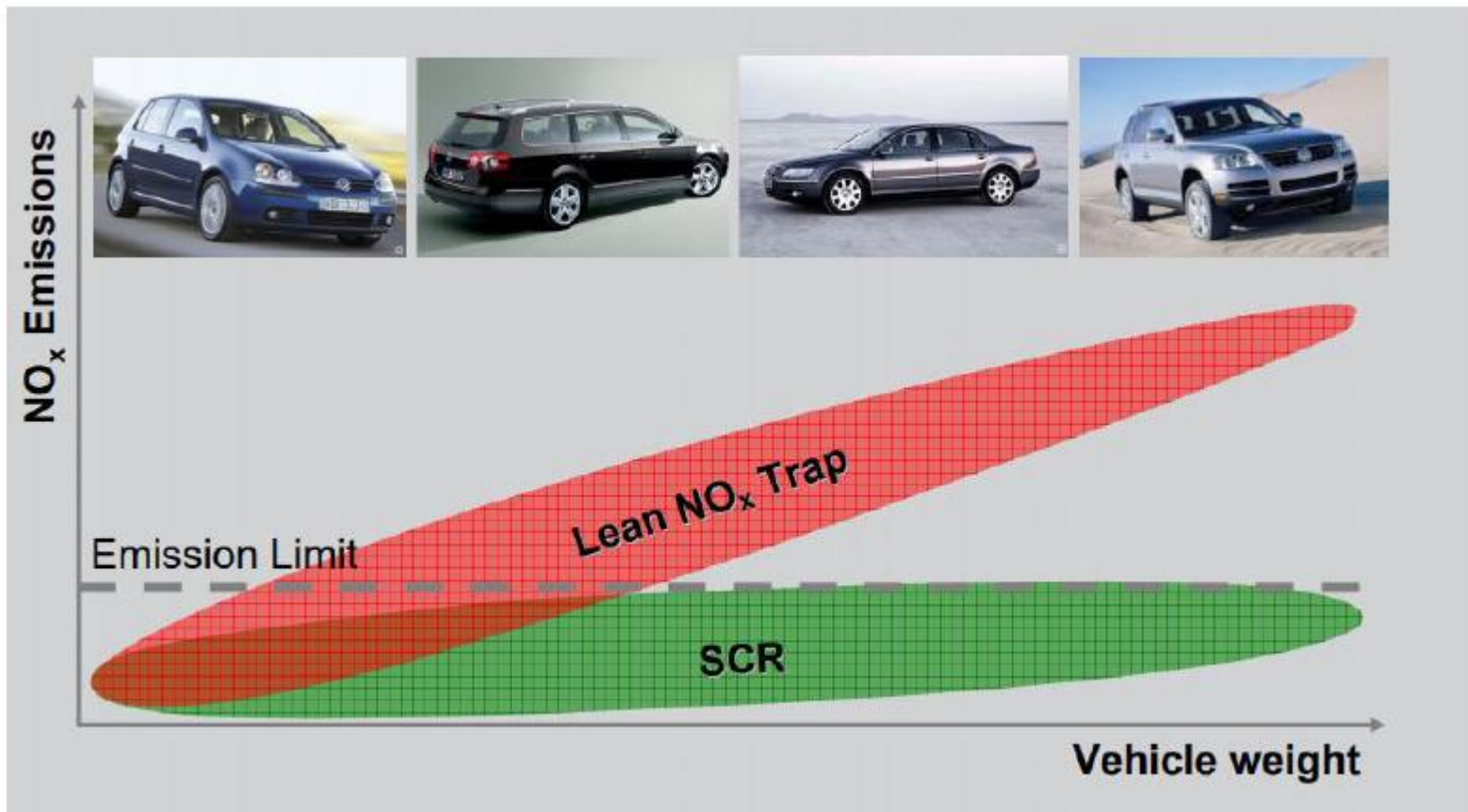
## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEC

- **Catalizador DeNOx de reducción selectiva (SCR)**
  - Tecnología aplicada en instalaciones estacionarias (centrales térmicas e incineradoras de basuras)
  - Gran rendimiento
  - Elevado coste
  - Requerimiento de un reactivo



# Sistemas Reducción

Tecnologías para reducir la contaminación de los MEC

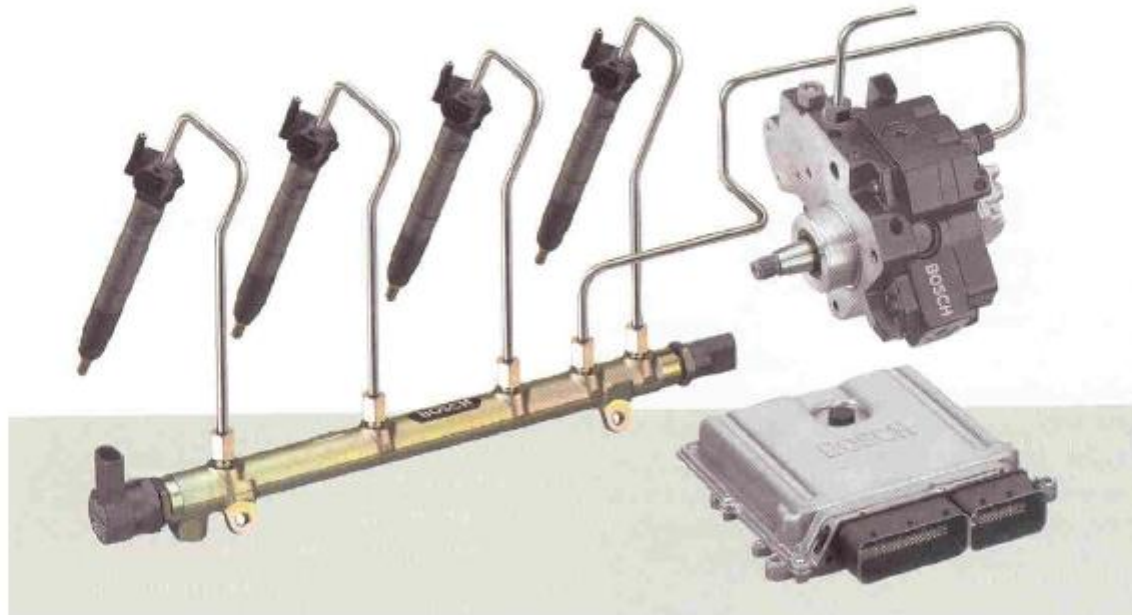


Fuente: VW

# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEC

- **Partículas**
  - **Soluciones sobre el proceso de combustión**
    - **Alta presión de inyección y ley de inyección discontinua (Common Rail)**

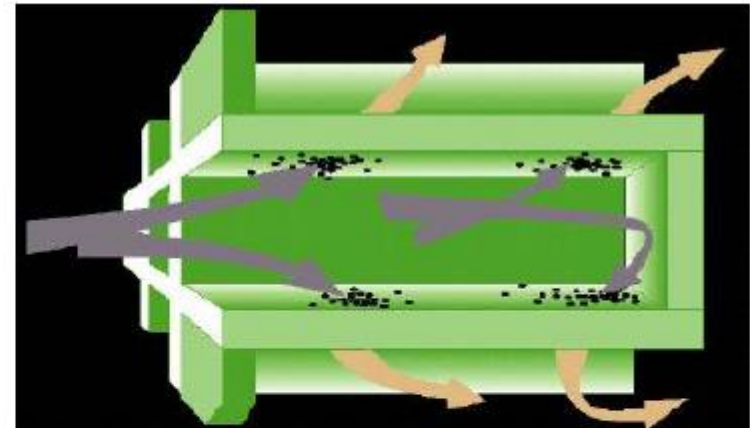
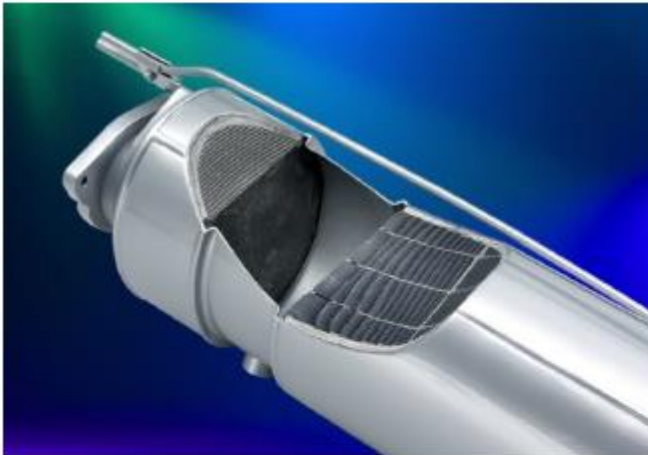


3ª generación Common-Rail con inyectores piezoeléctricos en línea (hasta 10 orificios) y 1600/1800 bar  
Fuente: Bosch

# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEC

- **Partículas**
  - **Filtro de partículas**
    - **Regeneración discontinua: Filtro DPF**
    - **Regeneración continua: Filtro CRT o filtro CDPF**



DPF: *Diesel Particle Filter*

CRT: *Continuously Regenerating Trap*

CDPF: *Catalysed DPF*

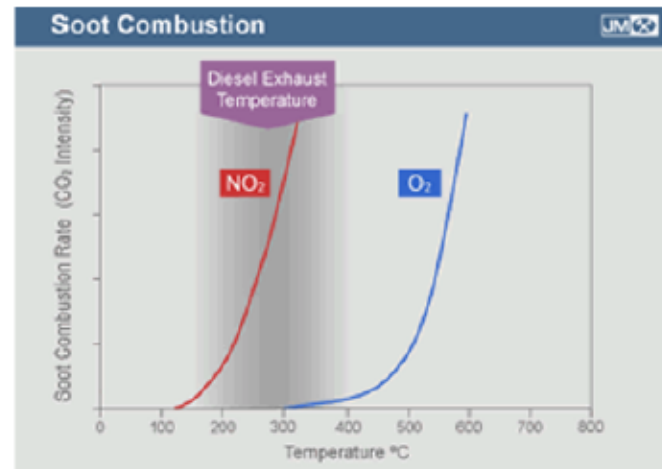
# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEC

- **Filtro de partículas regenerable en continuo CRT**
  - **Regeneración continua** del filtro mediante oxidación de las partículas con  $\text{NO}_2$  (generación de  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$ )
    - Filtro de partículas con **recubrimiento superficial catalítico** (platino)
    - El  $\text{NO}_2$  se genera en el oxicat y en la superficie catalítica
    - Temperatura de oxidación menor que con  $\text{O}_2$  (~ 250 – 400 °C)
    - Sensible a las **cenizas sulfatadas** de los lubricantes y azufre (gasóleo con azufre < 50 ppm)
    - Vida superior a los 200.000 km y disminución de emisiones de CO y HC durante la regeneración

CRT: Continuously Regenerating Trap

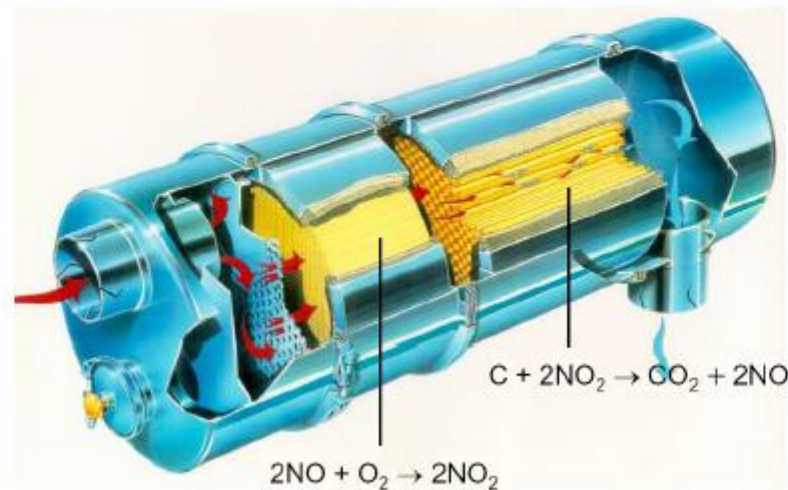
Fuente: Johnson Matthey



# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEC

- **Filtro de partículas regenerable en continuo CRT**
  - El filtro se antecede por un catalizador de oxidación:
    - Oxidación
      - $\text{CO y HC} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
      - $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$
    - Importante mantener una proporción  $\text{NO/C}$  adecuada
    - Debe o puede ir seguido de un sistema SCR para eliminar los  $\text{NO}_x$



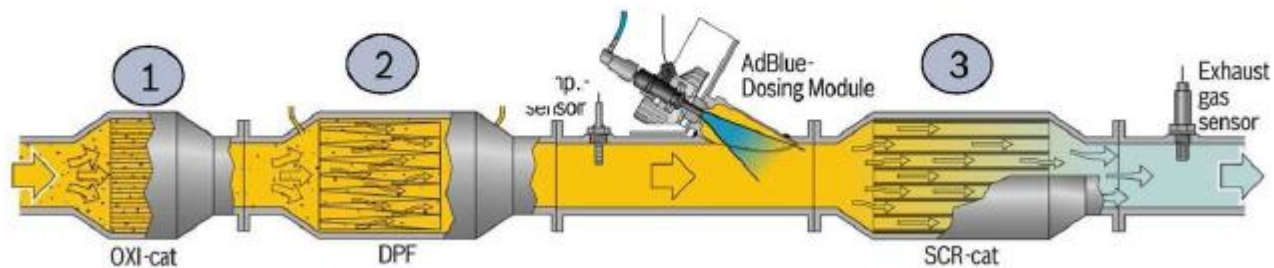
# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEC

- **Sistema postratamiento MEC actual**

### Tratamiento posterior de los gases de escape

- 1.- Catalizador de oxidación
- 2.- Filtro de partículas
- 3.- Catalizador SCR: sistema Denoxtronic



# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación CO2 de los MEP

- Actuación sobre los motores térmicos
  - Reducción del consumo
    - **Inyección directa (GDI)**
      - **Reducción de la cilindrada y sobrealimentación (*downsizing*)**
  - Reducción de pérdidas mecánicas
    - Reducción de la fricción mecánica
    - Desacoplamiento mecánico selectivo de auxiliares del motor (electrificación)
- Actuación sobre los vehículos
  - **Reducción de la masa del vehículo**
  - Reducción de la resistencia aerodinámica
  - Reducción de la resistencia a la rodadura
  - Optimización del funcionamiento de las cajas de cambio
- Optimización del grupo motopropulsor
  - **Hibridación (motor térmico + motor eléctrico)**

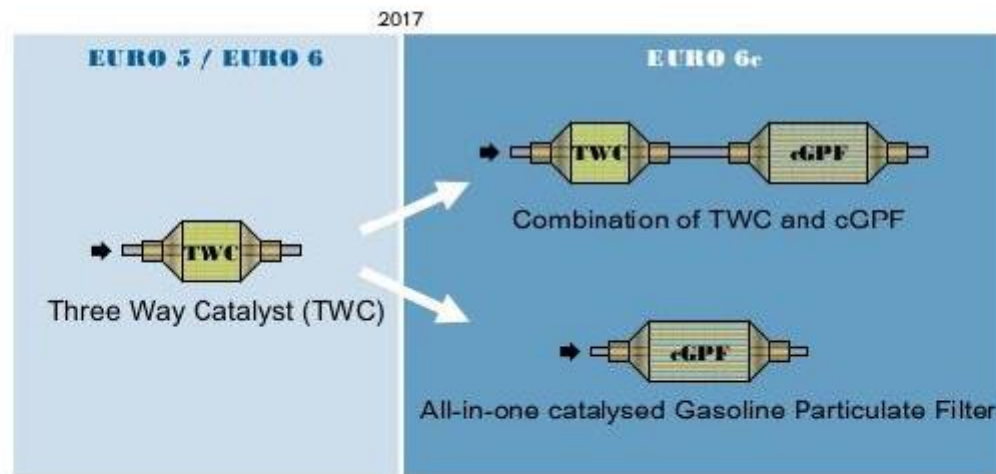
# Sistemas Reducción

## Tecnologías para reducir la contaminación de los MEP

- Sistema postratamiento motor inyección directa gasolina Euro 6c

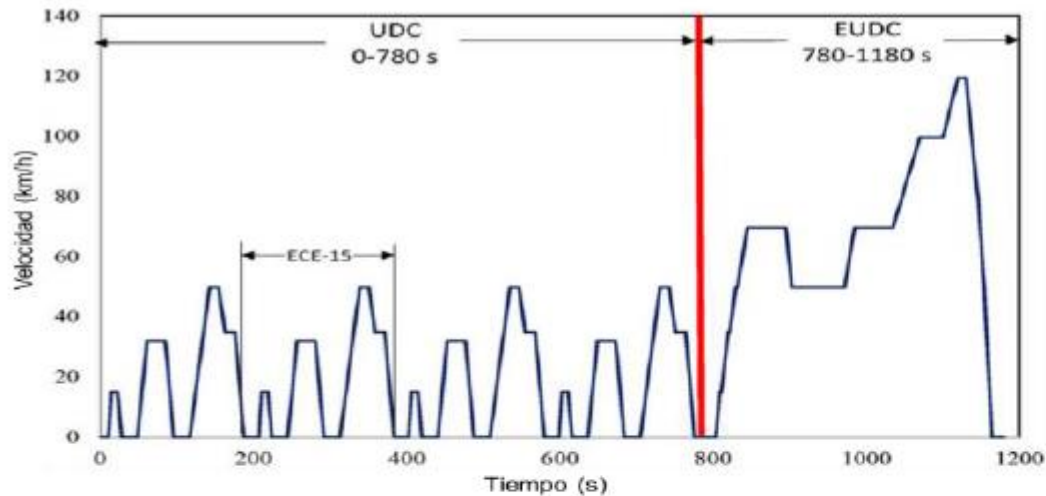


Potential Gasoline particulate  
reduction system concepts



# Normativas Europeas

Reglamentación anticontaminante en vehículos ligeros.  
Ciclo de homologación NEDC

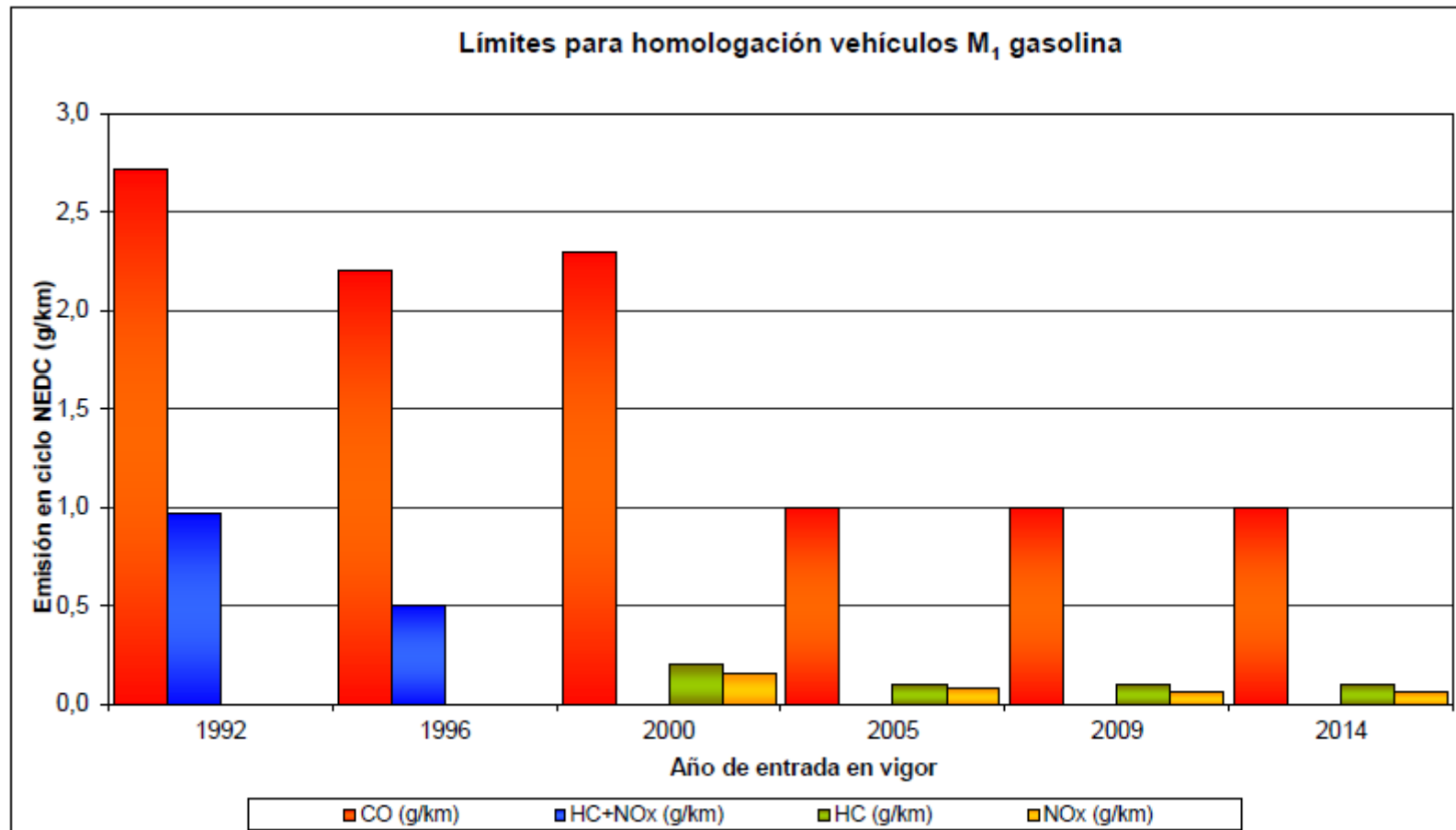


	NEDC
Tiempo de conducción	aprox. 20 minutos (1.180 s)
Longitud del recorrido	11,007 km
Velocidad máxima	120 km/h
Velocidad media	33.6 km/h
Media parados	25% / 14 paradas (280 s)
Equipamiento opcional incluido	No
Puntos de cambio	Especificados de acuerdo a la velocidad

- Antes de iniciar el ensayo el vehículo deberá realizar un recorrido previo de 3.000 km
- Especies contaminantes
  - MEP: CO, HC, NOx y partículas (GDI)
  - MEC: CO, HC, NOx y partículas

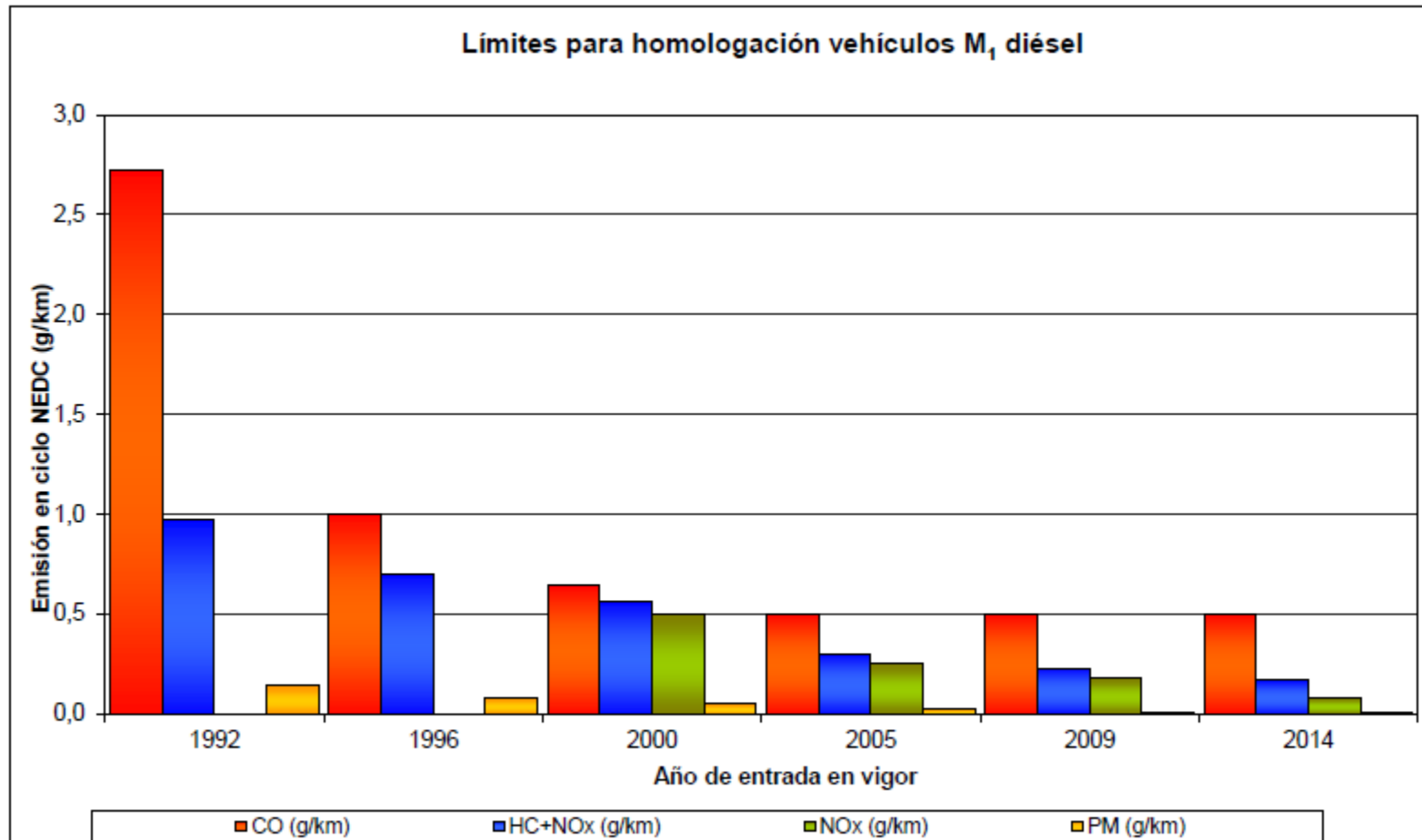
# Normativas Europeas

Reglamentación anticontaminante en vehículos ligeros.



# Normativas Europeas

Reglamentación anticontaminante en vehículos ligeros.



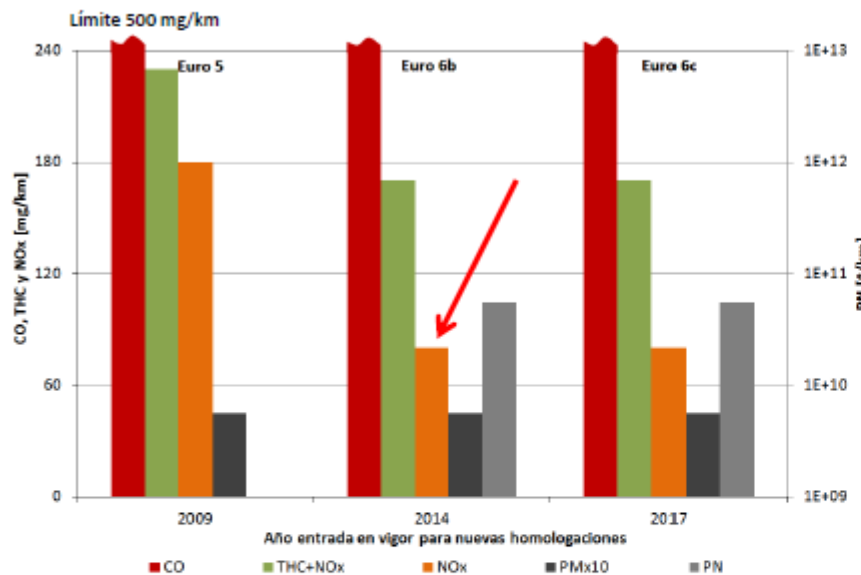
# Normativas Europeas

CEAC

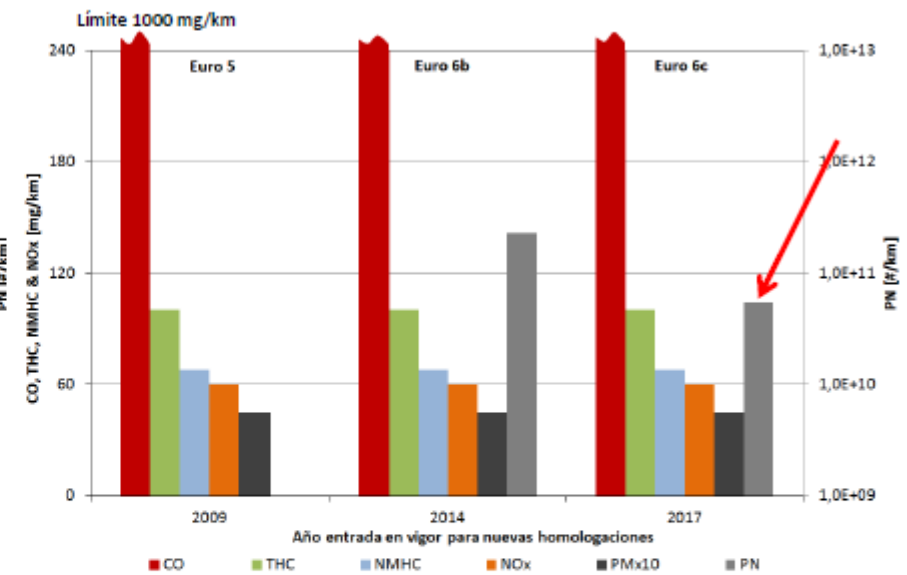
Formación Profesional a Distancia

Reglamentación anticontaminante en vehículos ligeros.

## Motor Diesel



## Motor Otto

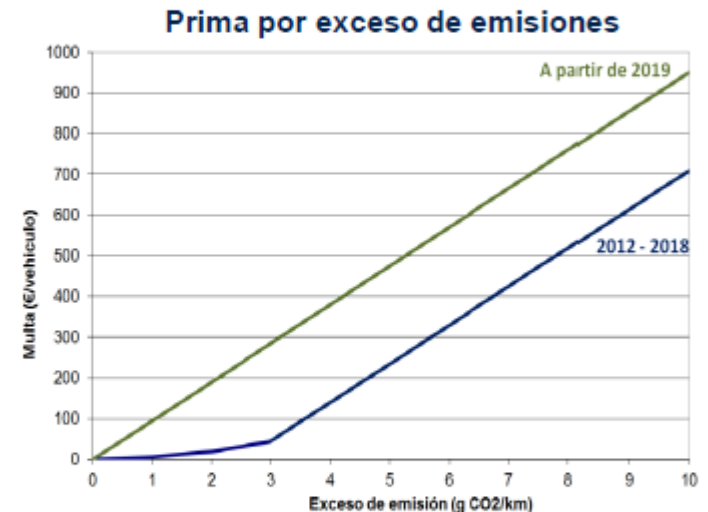


- Reglamento UE 459/2012 Euro 6 (sept. 2014/2015)
  - Reducción significativa en la emisión de NOx en motores Diesel
    - Implica la utilización de catalizador DeNOx (de almacenamiento o SCR con urea)
  - Límite de emisión partículas en **inyección directa gasolina igual al de motor Diesel**
    - Flexibilización los 3 primeros años (Euro 6c en 2017)

# Normativas Europeas

## Reglamentación CO<sub>2</sub> en vehículos ligeros

- Reglamento CE 443/2009 (23-04-09)
  - Emisiones medias de CO<sub>2</sub> del parque de vehículos nuevos 120 g/km, admitiendo **130 g/km** y reducción de 10 g de CO<sub>2</sub>/km, mediante otras mejoras tecnológicas y una mayor utilización de los biocarburantes
  - Aplicación progresiva
    - 65 % de las matriculaciones en 2012
    - 75 % de las matriculaciones en 2013
    - 80 % de las matriculaciones en 2014
    - 100 % de las matriculaciones en 2015
  - Multas por superación de las emisiones
    - Valores claramente disuasorios
- Reglamento (UE) N 333/2014 que establece las normas para alcanzar el **objetivo de 2021** de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos de turismo nuevos (marzo 2014)
  - Establece un objetivo de **95 g CO<sub>2</sub>/km**
    - 95 % de la flota en 2020
    - 100 % de la flota en 2021



# Normativas Europeas

CEAC

Formación Profesional  
a Distancia

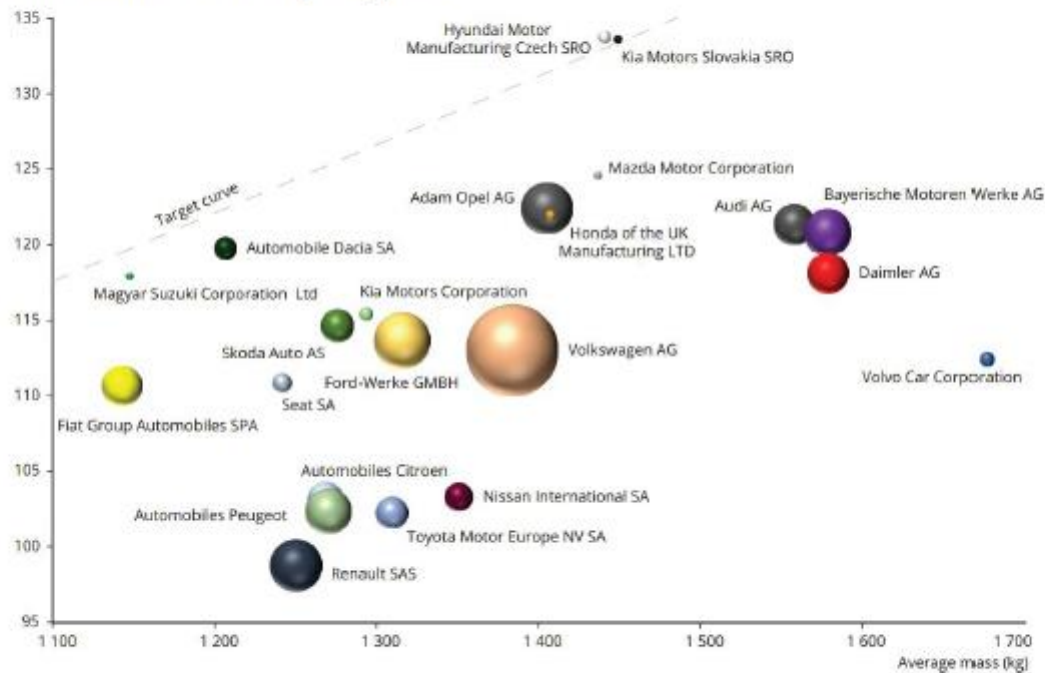
## Reglamentación CO<sub>2</sub> en vehículos ligeros



# Normativas Europeas

## Reglamentación CO<sub>2</sub> en vehículos ligeros

- Desde 2013, los fabricantes ya cumplen el objetivo 2015 de 130 gCO<sub>2</sub>/km
  - Valor medio 2013: 127,0 gCO<sub>2</sub>/km
  - Valor medio 2014: 123,4 gCO<sub>2</sub>/km
  - Valor medio 2015: 119,6 gCO<sub>2</sub>/km

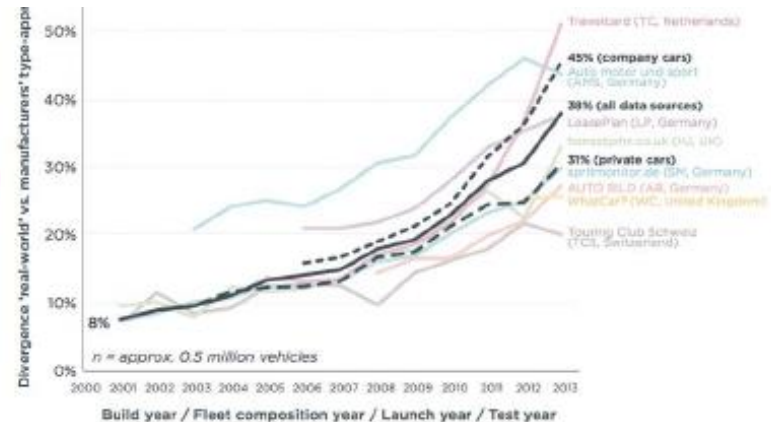


# Normativas Europeas

## Reglamentación CO<sub>2</sub> en vehículos ligeros

- Distintas pruebas con coches europeos indican que **en servicio real producen entre 20 y 50 % más CO<sub>2</sub>** que lo homologado con ciclo NEDC

Fuente: ICCT 2014



- Recientes medidas de PSA sobre 28 modelos con ciclo RDE (25 km urbano, 39 km carretera, 31 km autopista) y condiciones de marcha (aire acondicionado, equipaje, pasajeros, pendientes, etc.) revelan el siguiente resultado (julio 2016)

	Media real (L/100 km)	Media homolog. (L/100 km)	Rango desviación (L/100 km)	Desviación media (%)
Gasolina	6,5	4,5	1,5-2,7	44
Diesel	5,5	3,7	1,2-2,6	47



# Normativas Europeas

## Reglamentación CO<sub>2</sub> en vehículos ligeros

- **Nuevo procedimiento de homologación mundial armonizado WLTP** (World Light Vehicle Test Procedure), más realista que el actual (NEDC) y compuesto de:
  - **Ciclo en banco de rodillos (WLTC, World Light Vehicle Test Cycle)**



Fuente: ANFAC

- **Medidas embarcadas** (PEMS, Portable Emissions Measurement System) **en conducción real** (RDE, Real Driving Emissions). Reglamento (UE) 2016/427 sobre emisiones turismos y vehículos comerciales ligeros Euro 6 (marzo 2016)

# Normativas Europeas

## Reglamentación CO<sub>2</sub> en vehículos ligeros

- Es un **sistema mixto** en el que se mantiene la prueba de laboratorio en **banco de rodillos (WLTC)**, siendo la nueva **referencia**, pero a continuación **se valida** comparándola con datos obtenidos en **conducción real (RDE)**.



# Normativas Europeas

## Reglamentación CO<sub>2</sub> en vehículos ligeros

- Factores de conformidad

	Euro 6d TEMP		Euro 6d	
	NOx $f_c = 2,1(110\%)$	PN $f_c = 1,5(50\%)$	NOx $f_c = 1,5(50\%)*$	PN $f_c = 1,1(10\%)**$
Nuevos modelos	1.9.2017		1.1.2020	
Nuevas fabricaciones	1.9.2019		1.1.2021	

\*Valor a evaluar anualmente \*\*Valor lo más riguroso posible

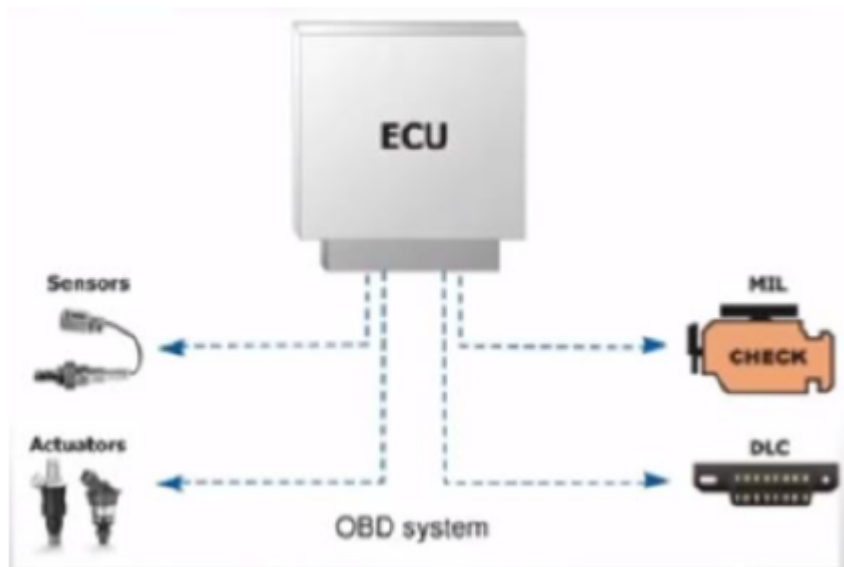
- Desde el 1.9.2018 las nuevas fabricaciones se homologarán según el ciclo WLTC, que sustituirá completamente NEDC, con los límites Euro 6c
- A partir de 1.9.2019 todos los coches en los concesionarios deberán tener valores de CO<sub>2</sub> WLTC para evitar la confusión de los consumidores (están exentos los finales de serie, aquellos vehículos en stock que todavía no hayan sido vendidos, que tendrán un año más para ser matriculados)
  - El incremento de CO<sub>2</sub> del ciclo WLTC respecto al NEDC se encuentra entre 5 y 20 g/km dependiendo del vehículo, con un valor medio del orden de 10 gCO<sub>2</sub>/km

# Sistemas de Diagnóstico

## OBD y Control Emisiones

### ❖ ¿Qué es el OBD (On Board Diagnostic)?

Es un sistema de **diagnóstico a bordo** en vehículos (coches y camiones), que permite la **monitorización** constante de todos los sistemas funcionales del vehículo, y además **almacena** ciertos códigos de errores referente a los fallos que ocurren en el vehículo.



# Sistemas de Diagnóstico

## OBD y Control Emisiones

### Objetivo del diagnóstico a bordo (gasolina)

1. Vigilancia de funcionamiento del catalizador.
2. Diagnóstico de envejecimiento de las sondas Lambda.
3. Pruebas de tensión de las sondas Lambda.
4. Sistema de aire secundario.
5. Sistema de retención de los vapores de combustible.
6. Sistema de recuperación de vapores de combustible (canister).
7. Sistema de alimentación de combustible.
8. Fallos de combustión.
9. CAN-BUS.
10. Control del sistema de gestión electrónica del motor.
11. Vigilancia de todos los sensores y actuadores que intervienen en las emisiones de escape y que están conectados a la unidad electrónica de control (ECU).

# Sistemas de Diagnóstico

## OBD y Control Emisiones

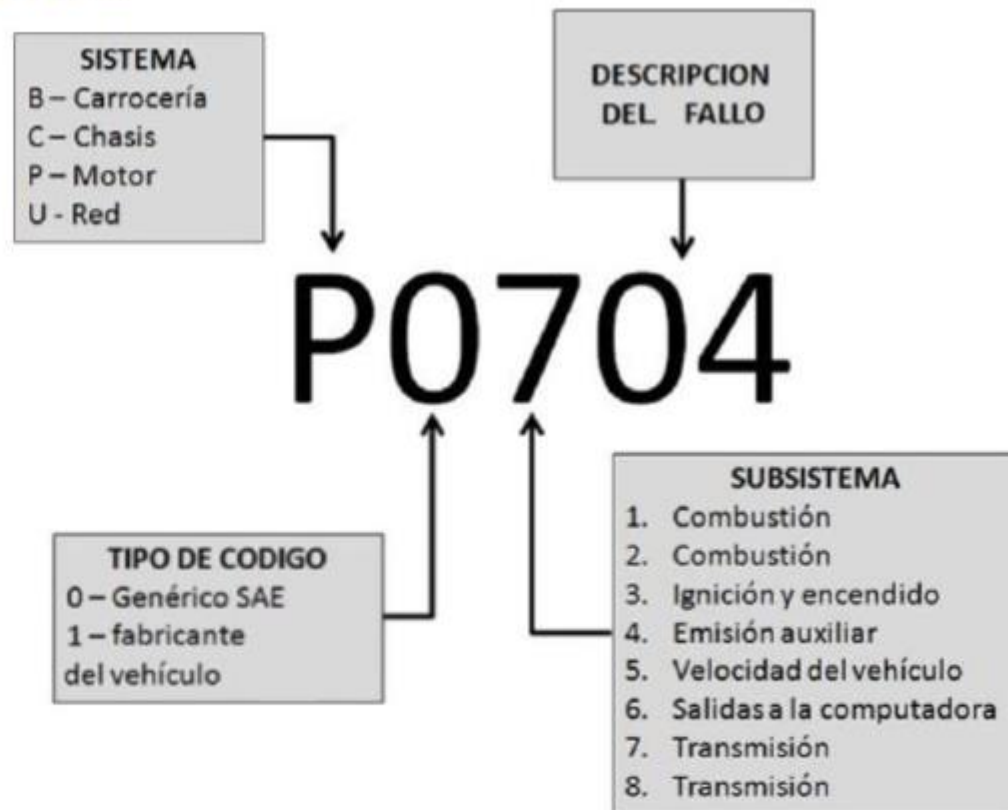
### Objetivo del diagnóstico a bordo (diésel)

1. Fallos de combustión.
2. Recirculación de gases de escape.
3. Regulación del comienzo de la inyección.
4. Regulación de la presión de sobrealimentación.
5. CAN-BUS.
6. Control del sistema de inyección directa diésel.
7. Vigilancia de todos los sensores y actuadores que intervienen en las emisiones de escape y que están conectados a la unidad electrónica de control (ECU).

# Sistemas de Diagnóstico

## OBD y Control Emisiones

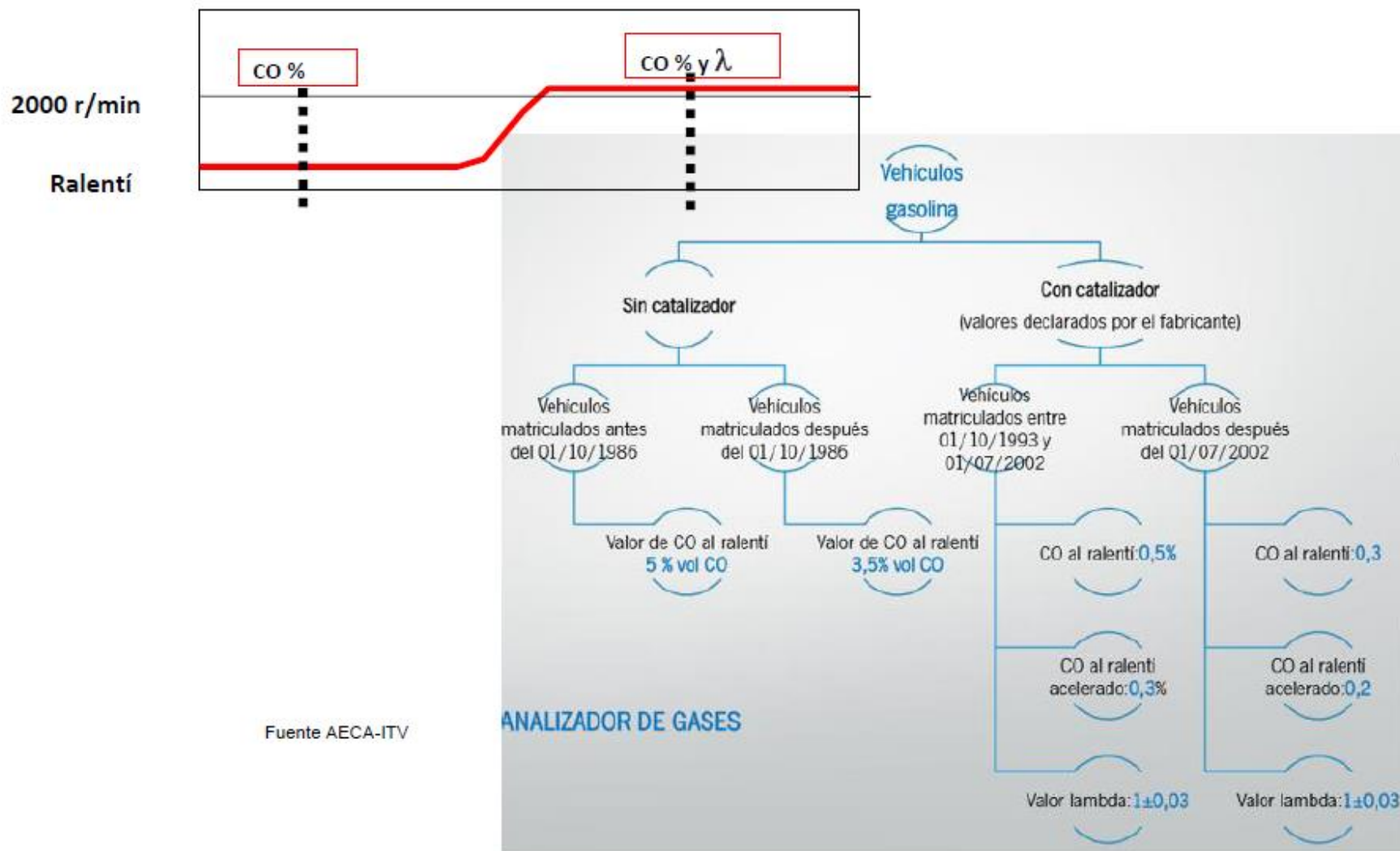
### Interpretación de códigos de error



Aunque existe una tabla con todos los códigos estandarizados, no impide que cada fabricante, añada sus propios códigos para el control de parámetros o errores que no están tabulados en los códigos estándares.

# Inspecciones Técnicas

## Vehículos con motor de ciclo Otto

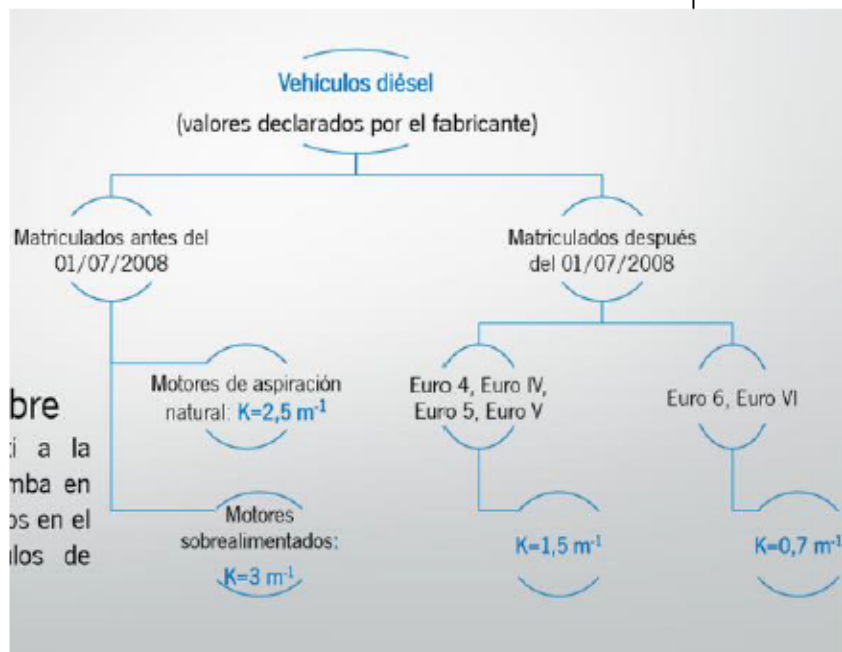
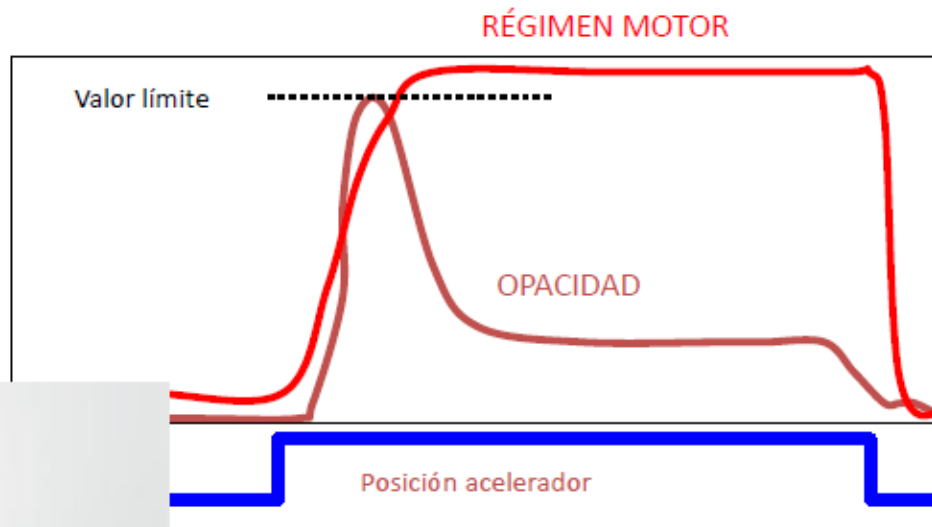


# Inspecciones Técnicas

## Vehículos con motor diésel

Los valores máximos de opacidad deben ser:

- Aspiración natural  $k < 2,5 \text{ m}^{-1}$
- Sobrealimentados  $k < 3,5 \text{ m}^{-1}$



Fuente AECA-ITV

# Inspecciones Técnicas

## Control futuro de emisiones en ITV

Las futuras inspecciones de ITV deben ser una herramienta imprescindible para contribuir en la mejora de la calidad del aire en los entornos urbanos europeos

- **Requerimiento**
  - **Detectar los vehículos más contaminadores**
  - **Vigilar el correcto funcionamiento y la posible manipulación de los sistemas anticontaminación e inspeccionar las centralitas en busca de fallos o anomalías ocultas**
- **Consecuencias**
  - **El análisis del OBD debe permitir detectar todo tipo de errores o manipulaciones**
  - **Real Decreto 920/2017, por el que se regula la ITV (octubre 2017)**
    - **Se obliga por primera vez a las estaciones a disponer de herramientas de lectura de diagnóstico que se conectan con los ordenadores de a bordo de los vehículos**
  - **La combinación de pruebas de emisiones y lectura de OBD dará una mejor evaluación del sistema de emisiones del vehículo**

# Inspecciones Técnicas

## Proyecto SET

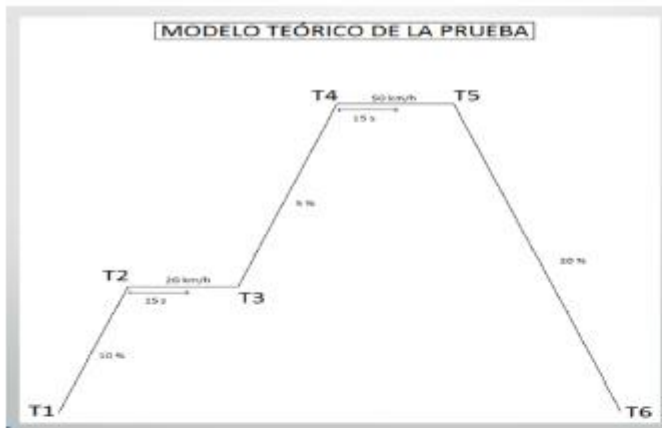
- **Proyecto SET** (*Sustainable Emission Testing, pruebas de emisiones sostenibles*)
  - **Objetivo**
    - **Buscar una correlación entre las emisiones en el tubo de escape y el control EOBD, así como los umbrales aplicables vehículos de gasolina y diesel**
  - **Conclusiones (2015)**
    - **No existe una correlación clara entre una prueba de emisiones y la prueba OBD para vehículos de gasolina o diésel**
    - **Se recomienda que, para los vehículos Euro 4 o posteriores, se realicen tanto una pruebas de emisiones como una verificación OBD**
    - **Límite de CO para vehículos de gasolina**
      - **Euro 4 o posteriores: 0,1 % de CO** máximo para la prueba de ralentí acelerado
      - **El límite podría ser 0,05 %, pero algunos Estados miembros pueden requerir nuevos equipos para probar a este nivel**
    - **Límite de opacidad para vehículos diésel**
      - **Euro 4 porque algunos están equipados con filtro de partículas el límite debe ser el valor de la placa, pero máximo 1.0 m<sup>-1</sup>**
      - **Euro 5 o posteriores, se recomienda aplicar un límite de 0,2 m<sup>-1</sup>**

# Inspecciones Técnicas

CEAC

Formación Profesional a Distancia

## Proyecto SET II



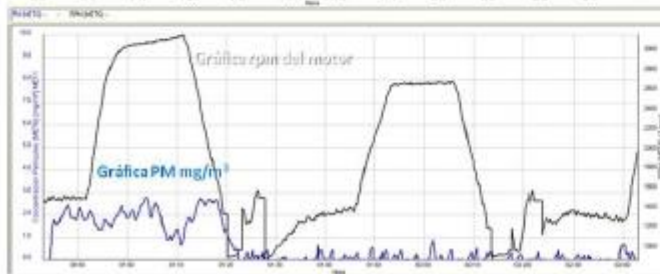
## Desarrollo procedimiento emisiones NOx

### EQUIPAMIENTO

Reproducción ciclo urbano, visualización y adquisición de datos.



Visualizador emisiones



Fuente AECA-ITV



**¡MUCHAS GRACIAS POR TU ATENCIÓN!**



Formación Profesional  
a Distancia



Planeta  
Formación y  
Universidades



[www.ceac.es](http://www.ceac.es)