

Contenido



1. Introducción

- a. Reflexiones sobre medioambiente y desarrollo económico
- b. Contexto del curso de capacitación

2. Motores

- a. Tendencias tecnológicas en control de emisiones (Normas emisiones Euro)
- b. El futuro: ¿Euro 7/VII?, cero impacto en emisiones (ZIE)
- 3. Combustibles
 - a. Composición y propiedades claves: convencionales/alternativos
 - b. Marco legal colombiano
- 4. Emisiones

Cuáles son, cómo se miden y cómo se regulan, nueva propuesta ITP diésel

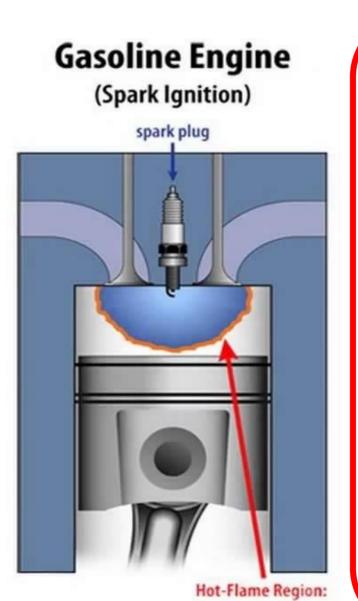


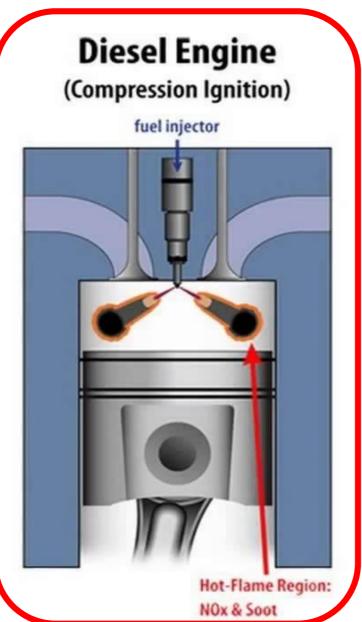


UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Tipos de motores disponibles en el mercado





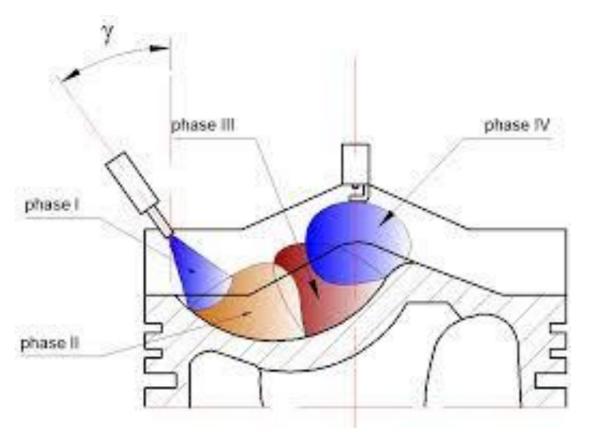


HCCI Engine (Homogeneous Charge Compression Ignition)

Low-Temperature Combustion:

Ultra-Low Emissions (<1900K)

Inyección directa de gasoline (GDI)



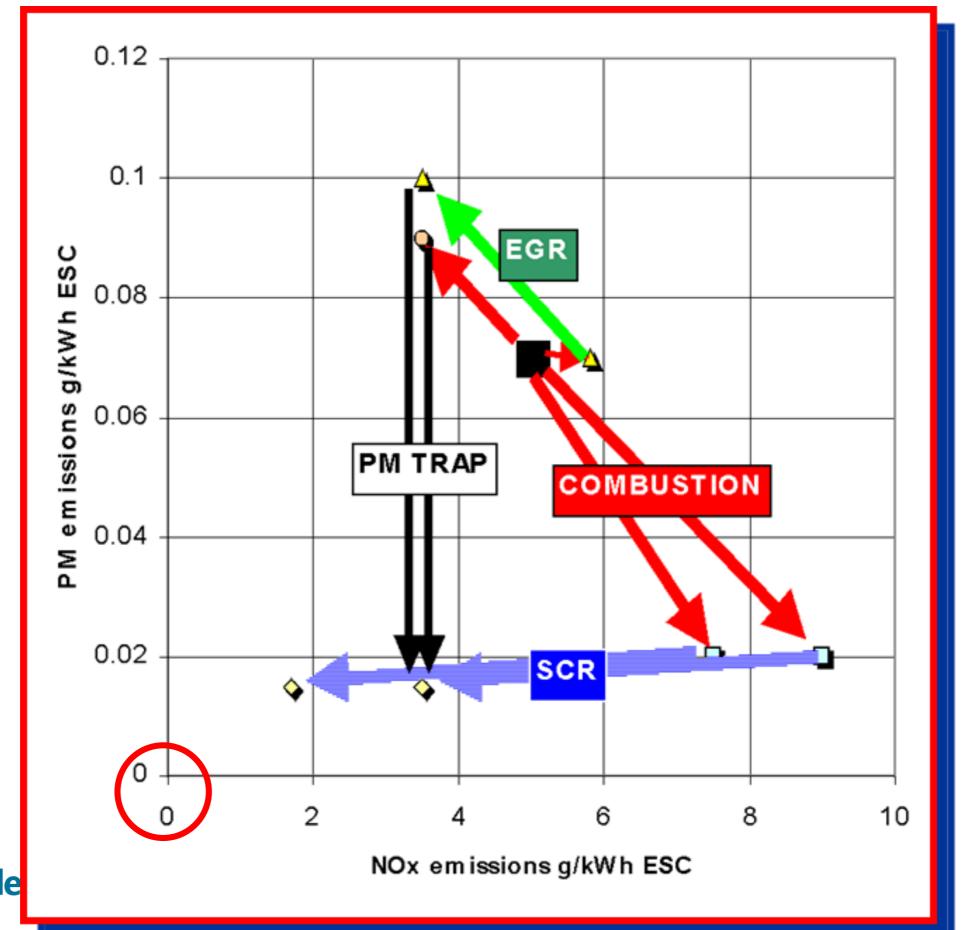
Fuente: John Dec, Yi Yang, Magnus Sjoberg, The importance of intermediate-temperatura reactions in HCCI and HCCI-like engines. Workshop on Techniques for High-pressure combustión. Argonne National Lab. Aug. 29 – sept. 1, 2011





Todos los caminos llevan a Roma, pero...







EGR: recirculación gases de escape

DOC: catalizador de oxidación diésel

AP-BP: Alta-Baja presión

VGT: turbina de geometría variable

SCR: catalizador de reducción selectiva

POC: catalizador de oxidación de partículas

DPF: filtro de partículas diésel

LNT: Trampa pobre de NOx

ASC: catalizador selectivo de amoníaco





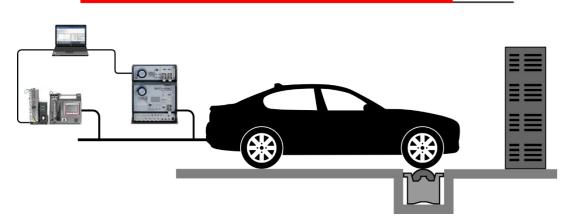


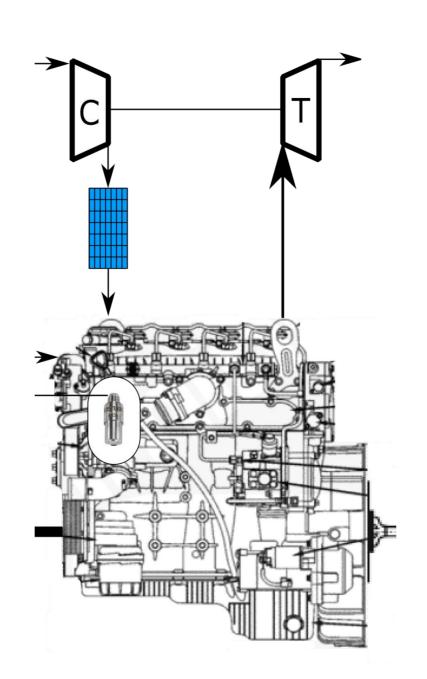
Motor básico: Pre-Euro o Euro 1/I



Vehículos livianos

	Euro 1			
Publication of the directive	1991			
Application of the limits	1992			
Directive /regulation	91/441	/EEC		
	[179]			
Driving cycle	NEDC			
	Limit			
CO (mg/km)	2720			
THC + NO _X (mg/km)	970			
NO _X (mg/km)	-			
Particle mass (mg/km)	140			
Particle number (#/km)	-			





Vehículos pesados

Números romanos (MD/HD)

Evaluados en banco de motores (No de vehículos)

- Diferentes categorías de vehículos pesados (pasajeros, carga, urbanos, etc...)
- Amplio rango de cargas de los vehículos

Legislación diferentes para maquinaria NO de carretera

- Bajas presiones de inyección (normalmente entre 200 y 400 bar)
- Sistemas de inyección mecánicos o electrónicos básicos
- Algunos incorporan "intercooler" (posenfriador del aire)
- EGR-AP: sistema de recirculación de gases de escape de alta presión

Contenido azufre combustible: NO



INTRODUCCIÓN

MOTORES

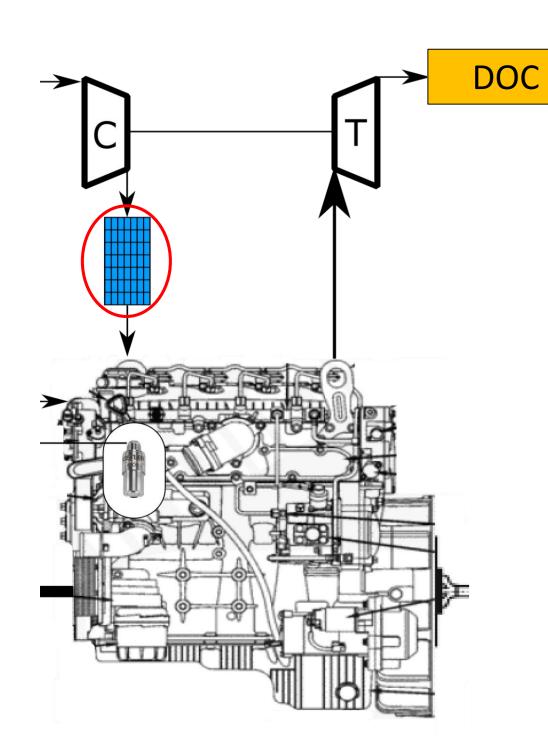
COMBUSTIBLES

EMISIONES

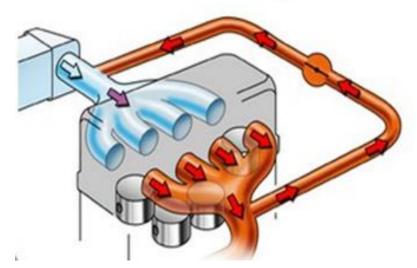
Facultad de Ingeniería

Motor Euro 2/II





Circuito EGR de alta presión



Fuente: Fernández-Rodríguez, D. Evaluation of n-butanol as blending component for diesel engines with Euro 6 aftertreatment system.

Tesis Doctoral. Universidad Castilla-La Mancha. 2019

	Euro 1	Euro 2
Publication of the directi	ve 1991	1994
Application of the limits	1992	1996
Directive /regulation	91/441/EEC	94/12/EC
	[179]	[180]
Driving cycle	NEDC	NEDC
	Limit	Limit
CO (mg/km)	2720	1000
THC + NO _X (mg/km)	970	700
NO _X (mg/km)	-	-
Particle mass (mg/km)	140	80
Particle number (#/km)		

THC & NOx ¿ DOC ?
<u>PM</u> Euro 1 → Euro 2
J 43%

- P.I. entre 200 y 700 bar
- S.I. mecánicos/electrónicos sencillos
- EGR-AP
- Intercooler
- DOC (Catalizador de oxidación diésel)

Contenido azufre combustible: NO



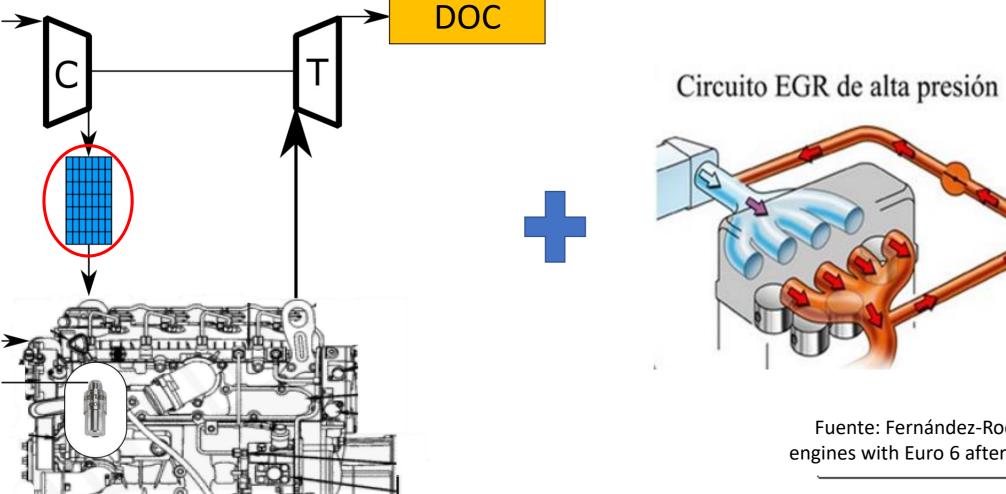
Contenido azufre

combustible: NO

Facultad de Ingeniería

Motor Euro 3/III





Fuente: Fernández-Rodríguez, D. Evaluation of n-butanol as blending component for diesel engines with Euro 6 aftertreatment system. Tesis Doctoral. Universidad Castilla-La Mancha. 2019

	Euro 1	Euro 2	Euro 3
Publication of the directive	1991	1994	1998
Application of the limits	1992	1996	2000
Directive /regulation	91/441/EEC	94/12/EC	98/69/EC
	[179]	[180]	[181]
Driving cycle	NEDC	NEDC	NEDC
	Limit	Limit	Limit
CO (mg/km)	2720	1000	640
THC + NO _X (mg/km)	970	700	560
NO _X (mg/km)	-	-	500
Particle mass (mg/km)	140	80	50
Particle number (#/km)	, -	, -	, -

 $\frac{\text{THC & NOx}}{\text{Euro 1}} \Rightarrow \text{Euro 3}$ 42%

 $\frac{PM}{\text{Euro } 1 \rightarrow \text{Euro } 3}$ 4 64%

THC 60 mg/km



- S.I. electrónicos
- EGR-AP
- Intercooler
- DOC



Euro 3/III

Azufre combustible:

50 ppm

INTRODUCCIÓN

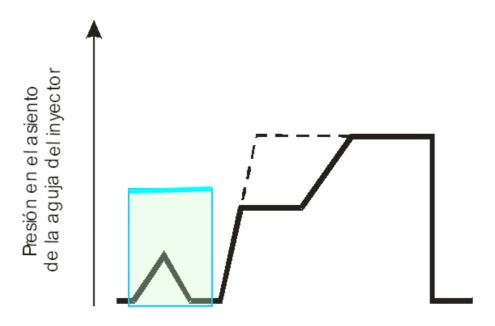
MOTORES

COMBUSTIBLES

EMISIONES

Motor Euro 4/IV

g/kWh!!



Sistema VGT





- P.I. 700 y 1800 bar
- Split injection 1ra. Generación
- **EGR-AP refrigerado**
- Intercooler
- DOC
- VGT: Turbina Geometría Variable

Fuente: Fernández-Rodríguez, D. Evaluation of n-butanol as blending component for diesel engines with Euro 6 aftertreatment system. Tesis Doctoral. Universidad Castilla-La Mancha. 2019

	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4
Publication of the directive	1991	1994	1998	1998
Application of the limits	1992	1996	2000	2005
Directive /regulation	91/441/EEC	94/12/EC	98/69/EC	98/69/EC
	[179]	[180]	[181]	[181]
Driving cycle	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC
	Limit	Limit	Limit	Limit
CO (mg/km)	2720	1000	640	500
THC + NO _X (mg/km)	970	700	560	300
NO _X (mg/km)	-	-	500	250
Particle mass (mg/km)	140	80	50	25
Particle number (#/km)				-

<u>NOx:</u> Euro 3 → Euro 4 ↓ 50%
<u>PM:</u> Euro 1 → Euro 4 ↓ 82%

Tier	Date	Test cycle	СО	НС	NO _x	NH ₃ [ppm]	PM	PN [#/kWh]	Smoke [m ⁻¹]
Euro I	1992, < 85 kW		4.5	1.1	8.0		0.612		
Euloi	1992, > 85 kW	ECE R49	4.5	1.1 (8.0	<u> </u>	0.36	<u> </u>	
Euro II	October 1995	EGE R49	4.0	1.1	7.0		0.25		
Eulo II	October 1997		4.0	1.1	7.0		0.15		
	October 1999 EEVs only		1.5	0.25	2.0	(56%)	0.02	94%	0.15
Euro III	October 2000	ESC & ELR	2.1	0.66	5.0		0.10 0.13*		0.8
Euro IV	October 2005		1.5	0.46	3.5	<u> </u>	0.02	<u> </u>	0.5

EEV: Enhanced Environmentally Friendly Vehicle Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards



Futuro sostenible •

INTRODUCCIÓN

MOTORES

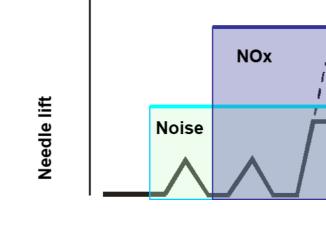
COMBUSTIBLES

EMISIONES

Motor Euro 5/V

Postrat.





Intercambiador de sobrealimentación

EGR

EGR de baja presión:

P.I. 700 y 2000 bar

EGR-AP refrigerado

Intercooler

• SCR

Doble turbocompresor

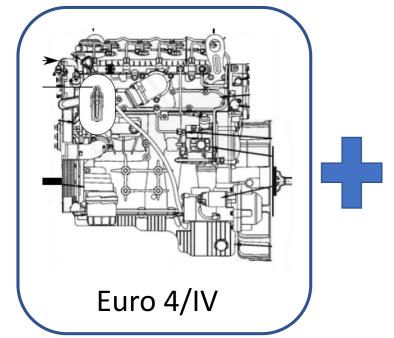
- Split injection 2da. Gen.

- EGR-BP refrigerado

- DOC

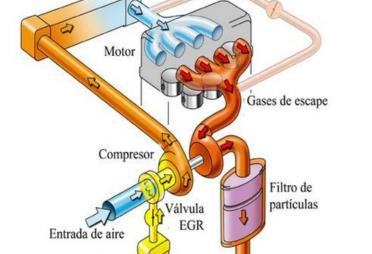
- POC (Algunos)

- VGT





Azufre combustible: 50 / 15 ppm



Soot

Fuente: Fernández-Rodríguez, D. Evaluation of n-butanol as blending component for diesel engines with Euro 6 aftertreatment system. Tesis Doctoral. Universidad Castilla-La Mancha. 2019

	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5a	Euro 5b
Publication of the directive	1991	1994	1998	1998	2007	2007
Application of the limits	1992	1996	2000	2005	2009	2011
Directive /regulation	91/441/EEC	94/12/EC	98/69/EC	98/69/EC	715/2007	715/2007
	[179]	[180]	[181]	[181]	[182]	[182]
Driving cycle	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC
	Limit	Limit	Limit	Limit	Limit	Limit
CO (mg/km)	2720	1000	640	500	500	500
THC + NO _X (mg/km)	970	700	560	300	230	230
NO _X (mg/km)	-	-	500	250	180	180
Particle mass (mg/km)	140	80	50	25	5	4.5
Particle number (#/km)	-	-	-	-	-	6E+11

Euro 3 \rightarrow Euro 5b \downarrow 64%
<u>PM:</u> Euro 1 → Euro 5b ↓ 97%

NOx:

Tier	Date	СО	НС	NO _x	NH ₃ [ppm]	PM	PN [#/kWh]	Smoke [m ⁻¹]
Euro IV	October 2005	1.5	0.46	3.5		0.02		0.5
Euro V	October 2008	1.5	0.46	2.0		0.02		0.5

 $\frac{NOx:}{Euro\ IV \rightarrow Euro\ V}$ ↓ 43%



Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards

INTRODUCCIÓN

COMBUSTIBLES

EMISIONES



Motor Euro 6 (Livianos)

MOTORES

	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5a	Euro 5b	Euro 6	Euro 6d
Publication of the directive	1991	1994	1998	1998	2007	2007	2008	
Application of the limits	1992	1996	2000	2005	2009	2011	2014	2020
Directive /regulation	91/441/EEC	94/12/EC	98/69/EC	98/69/EC	715/2007	715/2007	692/2008	8
	[179]	[180]	[181]	[181]	[182]	[182]	[183]	
Driving cycle	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC	WLTC
	Limit	Limit	Limit	Limit	Limit	Limit	Limit	
CO (mg/km)	2720	1000	640	500	500	500	500	
$THC + NO_X (mg/km)$	970	700	560	300	230	230	170	
NO _X (mg/km)	-	-	500	250	180	180	80	60
Particle mass (mg/km)	140	80	50	25	5	4.5	4.5	4.5
Particle number (#/km)	-		-	-	-	6E+11	6E+11	6E+11

 $\frac{NOx}{Euro 3 \rightarrow Euro 6d}$ $\downarrow 88\%$

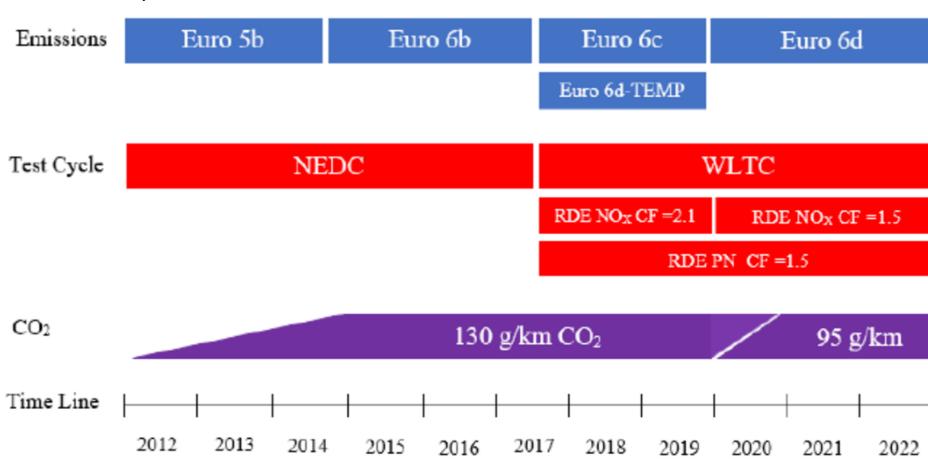
Sin cambio en PM ni en PN

Fuente: Fernández-Rodríguez, D. Evaluation of n-butanol as blending component for diesel engines with Euro 6 aftertreatment system. Tesis Doctoral.

Universidad Castilla-La Mancha. 2019

Azufre combustible: **10 ppm**

- P.I. 700 y 2500 bar
- Split injection 3ra. Genenración
- EGR-(AP/BP) refrigerados
- DOC
- SCR
- LNT: Lean NOx Tramp
- DPF





Motor Euro VI (pesados)



European emission standards for heavy-duty diesel engines, g/kWh

Tier	Date	Test cycle	СО	НС	NO _x	NH ₃ [ppm]	PM	PN [#/kWh]	Smoke [m ⁻¹]
Euro I	1992, < 85 kW		4.5	1.1	8.0		0.612		
Euloi	1992, > 85 kW	ECE DAO	4.5	1.1	8.0		0.36		
Fura II	October 1995	ECE R49	4.0	1.1	7.0		0.25		
Euro II	October 1997		4.0	1.1	7.0		0.15		
	October 1999 EEVs only		1.5	0.25	2.0		0.02		0.15
Euro III	October 2000	ESC & ELR	2.1	0.66	5.0		0.10 0.13*		0.8
Euro IV	October 2005		1.5	0.46	3.5		0.02		0.5
Euro V	October 2008		1.5	0.46	2.0		0.02		0.5
Fune \/	21 December 2010[15]	WHSC	1.5	0.13	0.4	10	0.01	8 × 10 ¹¹	
Euro VI	Euro VI 31 December 2012 ^[15]	WHTC	4.0	0.16	0.46	10	0.01	6 × 10 ¹¹	

^{*} for engines of less than 0.75 dm³ swept volume per cylinder and a rated power speed of more than 3,000 per minute.

EEV is "Enhanced environmentally friendly vehicle".



Euro $V \rightarrow$ Euro VI

NOx: **↓** 80%

PM: ↓ 50%

Se regulan: PN & NH3

INTRODUCCIÓN

MOTORES

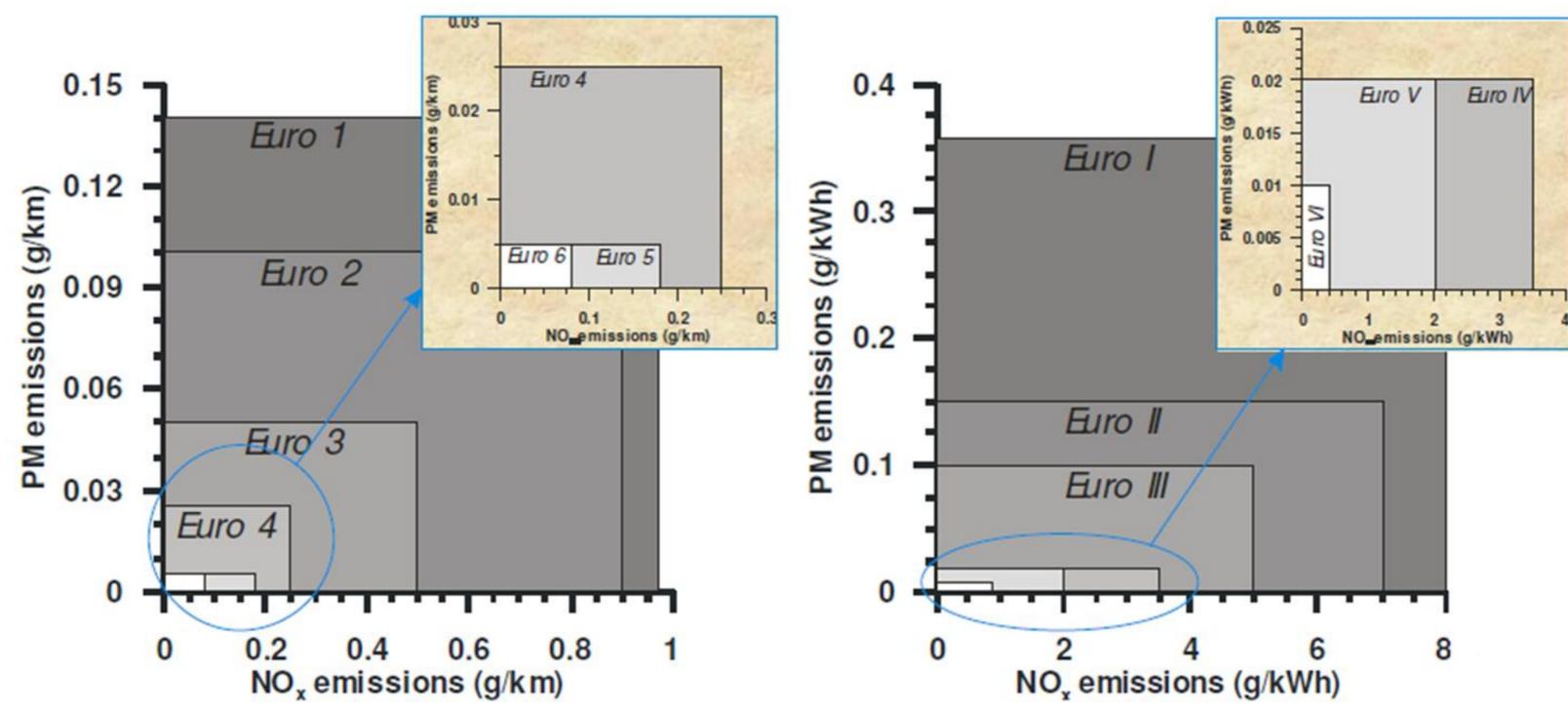
COMBUSTIBLES

EMISIONES

Facultad de Ingeniería

Resumen







INTRODUCCIÓN

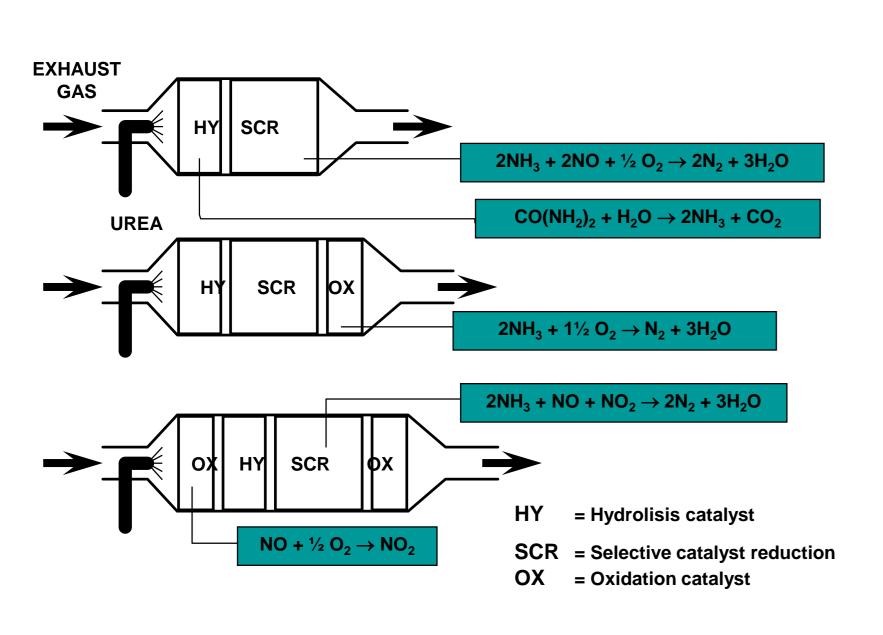
MOTORES

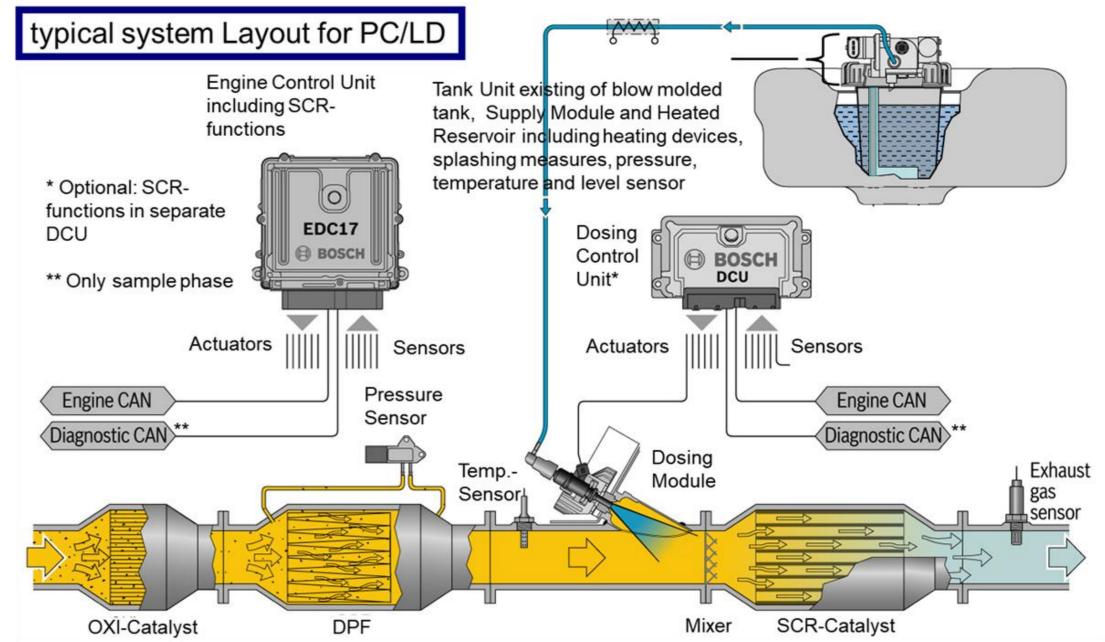
COMBUSTIBLES

EMISIONES

Sistema SCR







Source: Robert Bosch GmbH, DS/ENC J. Hammer: Lecture "Injection Technoloy", Uni Stuttgart, IVK



Hochschule Heilbronn Technik • Wirtschaft • Informatik

ExhGasTreat © H. Koch-Gröber Master T1 MAS, MMA, MMR

Lecture Prof. Koch-Gröber

Slide 113 Faculty M&E



INTRODUCCIÓN

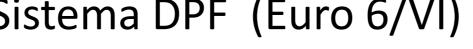
MOTORES

COMBUSTIBLES

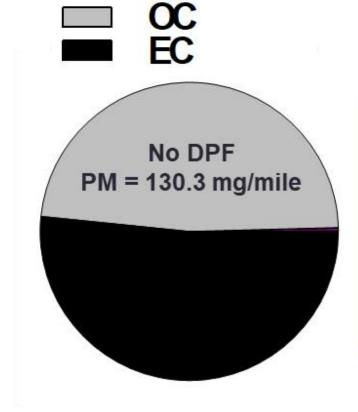
EMISIONES

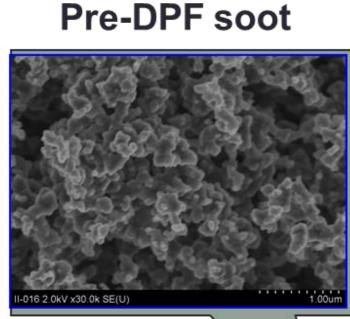
Facultad de Ingeniería

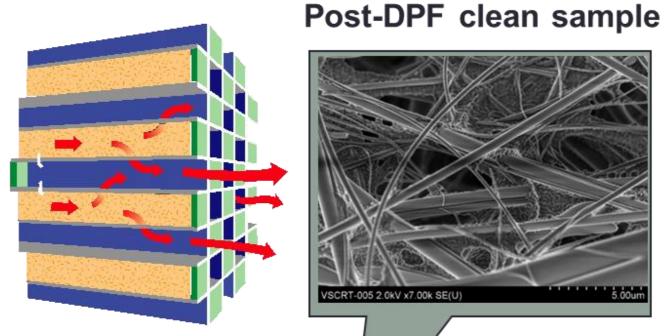
Sistema DPF (Euro 6/VI)

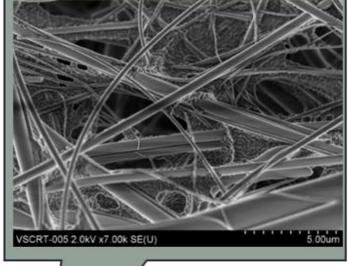




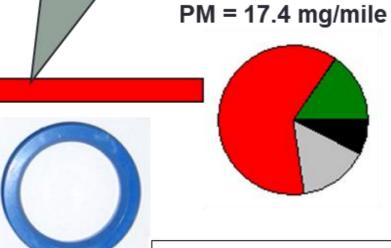












DPF+SCR

Source: Alberto Ayala. Experiencia en California sobre Emisiones y Control de Particulas. 1ª Conferencia Latinoamericana sobre emisión de nanopartículas en motores de combustión interna 15 – 17/ Octubre / 2019, Ciudad de México - México

Potassium Sodium Ammonium **Nitrate Sulfate** OC EC 23 / 50

Filtración profunda

- 0...30 km recorrido
- Dentro de la pared
- Peor eficiencia

Filtración superficie

- 200...500 km
- En la pared
- Filtrado perfecto (99%)

Fritz-Haber Institute **Futuro sostenible**

SEM images courtesy of Dr. D. Su,

Azufre combustible: 10 ppm

INTRODUCCIÓN

MOTORES

COMBUSTIBLES

EMISIONES



Para llevarse a casa:

EGR: recirculación gases de escape

DOC: catalizador de oxidación diésel

AP-BP: Alta-Baja presión

VGT: turbina de geometría variable

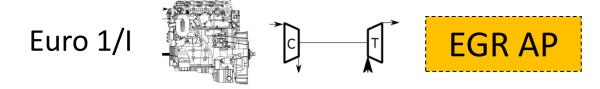
SCR: catalizador de reducción selectiva

POC: catalizador de oxidación de partículas

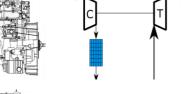
DPF: filtro de partículas diésel

LNT: Trampa pobre de NOx

ASC: catalizador selectivo de amoníaco

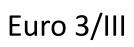


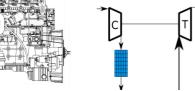
Euro 2/II



EGR AP

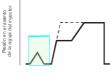
DOC



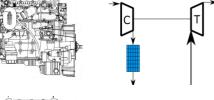


EGR AP

DOC



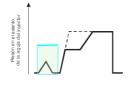
Euro 4/IV



EGR AP

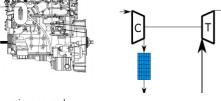
EGR BP

DOC



S: 50 ppm

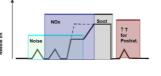
Euro 5/V



EGR AP

EGR BP

DOC



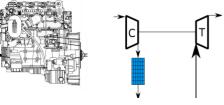
VGT

SCR

POC

S: 50 ppm

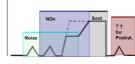
Euro 6/VI



EGR AP

EGR BP

DOC



VGT

LNT

DPF

SCR

S: 10 ppm



Euro 7/VII



Euro 6/VI



DOC1

DPF

DOC2

SCR

ASC



Contenido



- 1. Introducción
 - a. Reflexiones sobre medioambiente y desarrollo económico
 - b. Contexto del curso de capacitación
- 2. Motores
 - a. Tendencias tecnológicas en control de emisiones (Normas emisiones Euro)
 - b. El futuro: ¿Euro 7/VII?, cero impacto en emisiones (ZIE)
- 3. Combustibles
 - a. Composición y propiedades claves: convencionales/alternativos
 - b. Marco legal colombiano
- 4. Emisiones

Cuáles son, cómo se miden y cómo se regulan, nueva propuesta ITP diésel

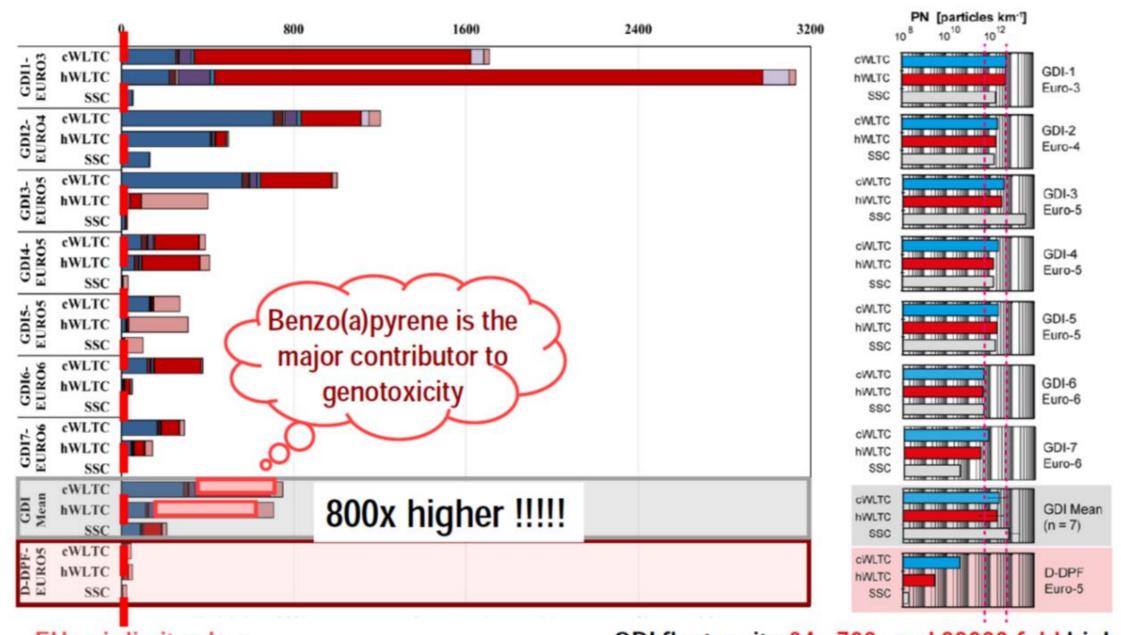


INTRODUCCIÓN MOTORES COMBUSTIBLES EMISIONES

Euro 7/VII ¿PAH?







EU - air limit value:

1 ng/m³ benzo(a)pyrene (2014/107/EC Directive)

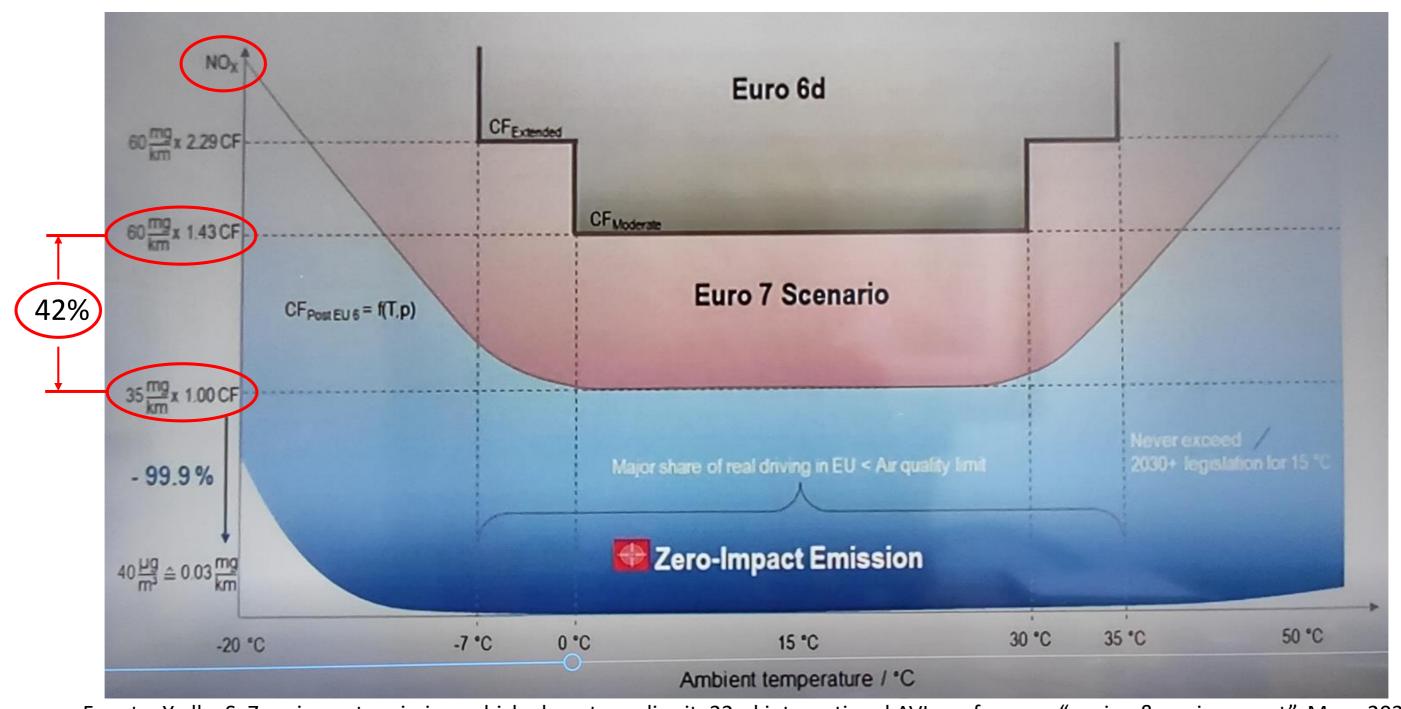
GDI fleet emits 64-, 700- and 39000-fold higher PN emissions than the Euro-5 diesel vehicle



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Euro 7/VII ¿?





Fuente: Yadla, S. Zero impact emission vehicle: how to realize it. 32nd international AVL conference: "engine & environment". Mayo 2020



CF: Factor de conformidad entre Emisiones en conducción reales (RDE) y prueba de laboratorio (WLTC) ZIE: cero impacto en emisiones



¿Qué se entiende por ZIE?



ZIE: cero impacto en emisiones



> 99% reducción comparado con Euro 6d

1. Que no emita más que los límites de calidad de aire

 $NOx = 40 \mu g/m^3 \text{ (aprox. 0,03 mg/km)}$

PM2.5 = 25 μ g/m³ (aprox. 0,02 mg/km)

- 2. Iguales emisiones que un vehículo eléctrico considerando Well-to-wheel (pozo a rueda)
- 3. Que la contribución del vehículo a las inmisiones en una vía de alto tráfico sea del orden del valor de la inmisión de NO_2 en una zona rural (en Alemania 3.5 $\mu g/m^3$)



INTRODUCCIÓN

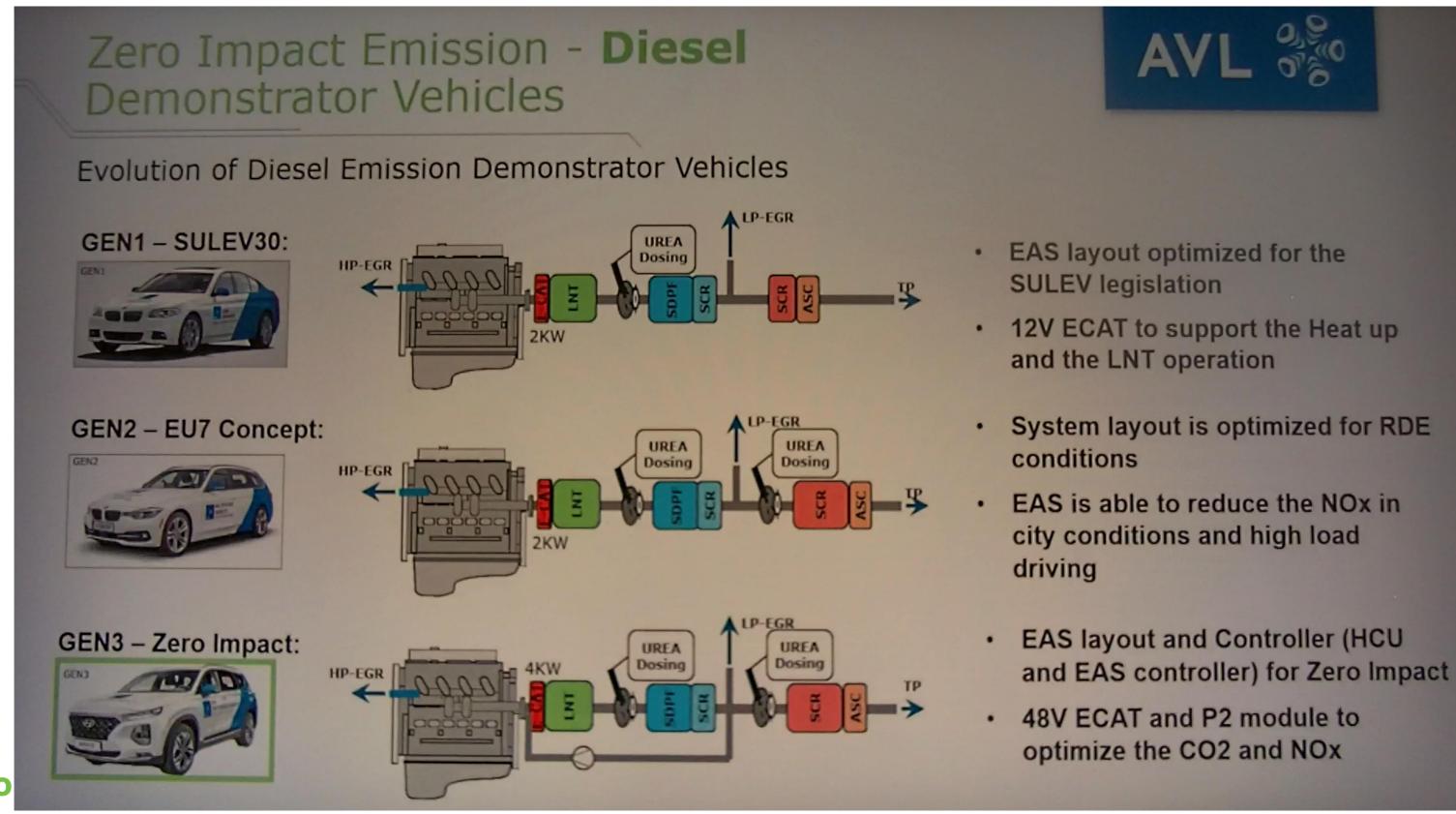
MOTORES

COMBUSTIBLES

EMISIONES

¿Qué viene?







Futuro

INTRODUCCIÓN

MOTORES

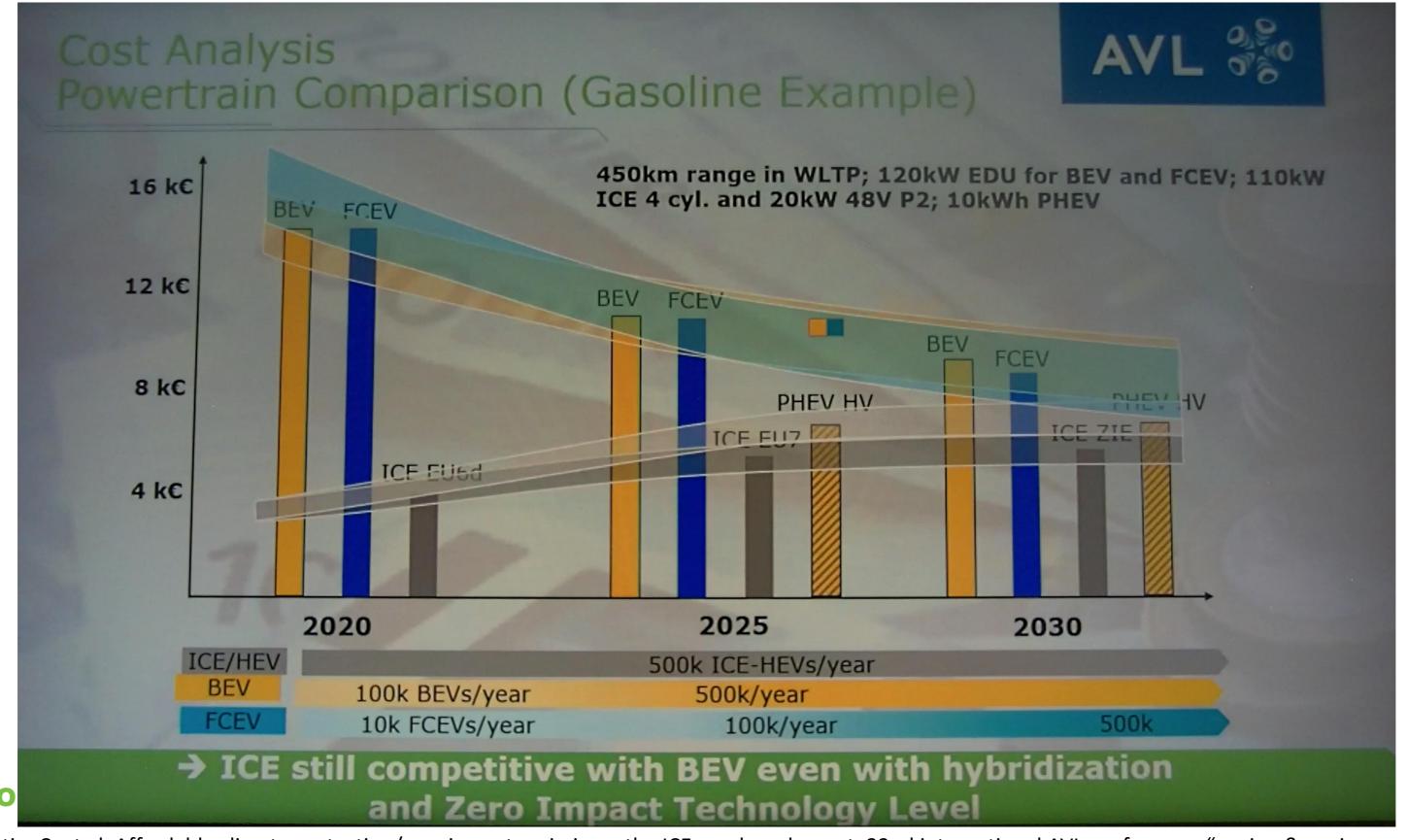
COMBUSTIBLES

EMISIONES

Facultad de Ingeniería

¿Qué viene?







Futuro

INTRODUCCIÓN

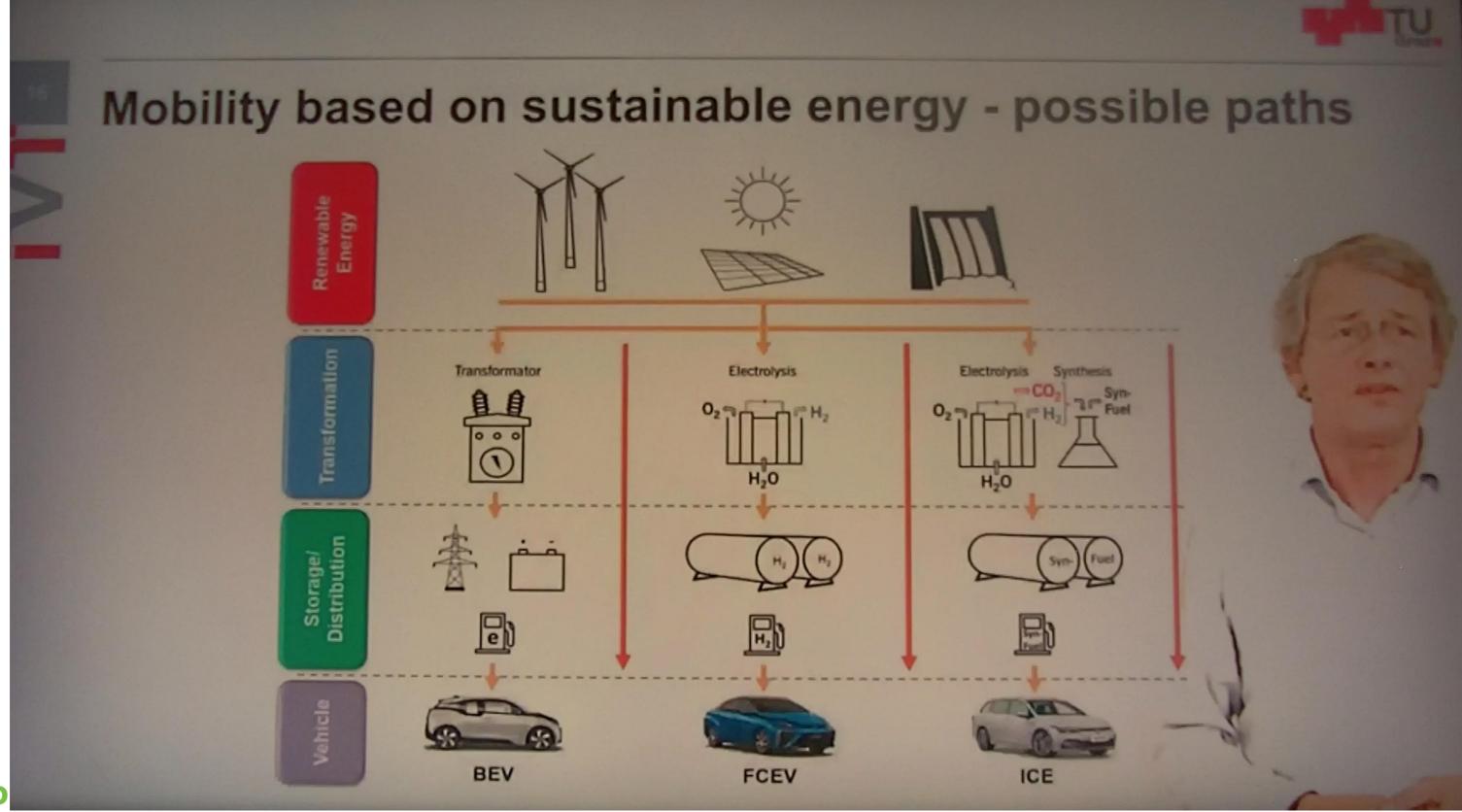
MOTORES

COMBUSTIBLES

EMISIONES

¿Qué viene?







Eichlseder, H. Zero Impact ICE, A visión?. 32nd international AVL conference: "engine & environment". Mayo 2020

UNIVERSIDAD

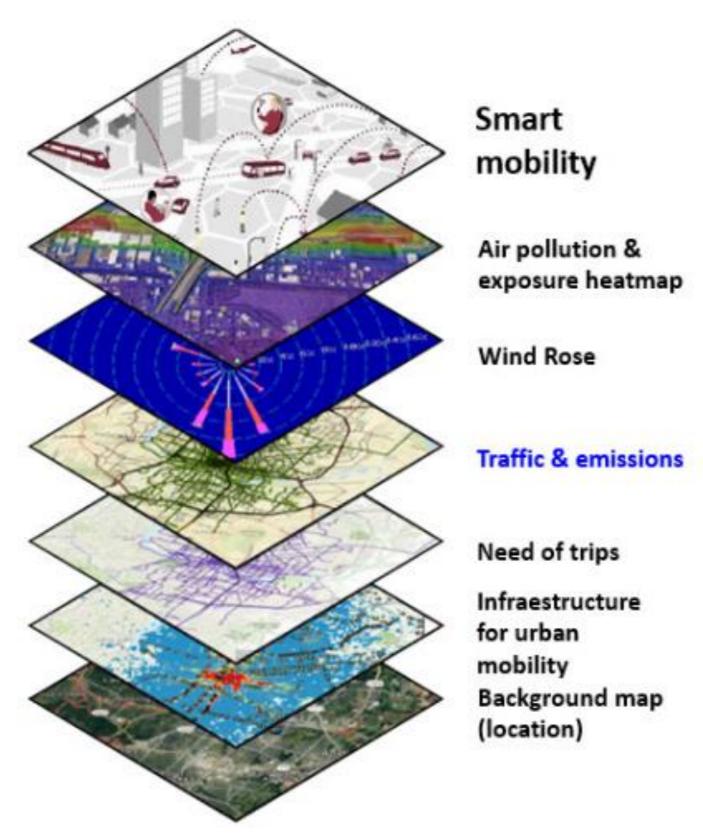
DE ANTIOQUIA

¿Qué viene?



ERA "Smart"





Internet de las cosas Ciudades inteligentes Edificios inteligentes Movilidad inteligente

• •

¿ciudadanos inteligentes? ¿control ciudadanos?

• • •



Fuente: adaptada de https://www.carteeh.org/



Compromiso



- ¿ruta trazada x gobierno en calidad de combustible y emisiones para vehículos diésel?
- ¿Qué tipo de biocombustibles se usan actualmente en el país, qué tendencias se presentan en este sector, y cómo impactan a los vehículos diésel?
- ¿Por qué la **opacidad de humo no** es un buen indicador del estado técnico-mecánico de un vehículo diésel moderno, y qué **alternativa** se plantea para reemplazar esta prueba?
- ✓ ¿calidad de combustible requerida según la tecnología de control de emisiones (EURO) de los vehículos diésel?
- ✓ ¿Qué tendencias en términos de vehículos diésel se están discutiendo actualmente en el ámbito internacional y cuándo entraría en vigor la normatividad Euro 7/VII?
- ✓ Electromovilidad vs diésel Euro 6/VI vs Gas Natural, tendencias tecnológicas y limitaciones





Contenido



- 1. Introducción
 - a. Reflexiones sobre medioambiente y desarrollo económico
 - b. Contexto del curso de capacitación
- 2. Motores
 - a. Tendencias tecnológicas en control de emisiones (Normas emisiones Euro)
 - b. El futuro: ¿Euro 7/VII?, cero impacto en emisiones (ZIE)
- 3. Combustibles
 - a. Composición y propiedades claves: convencionales/alternativos
 - b. Marco legal colombiano
- 4. Emisiones

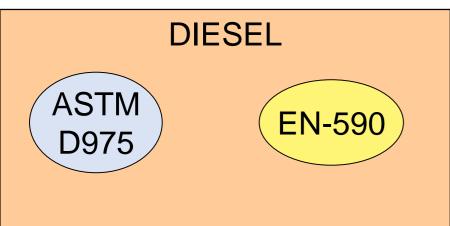
Cuáles son, cómo se miden y cómo se regulan, nueva propuesta ITP diésel

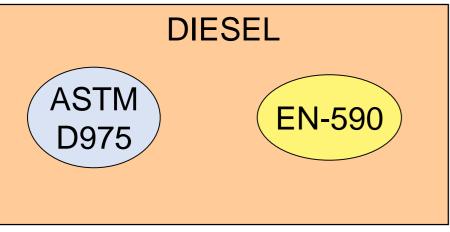


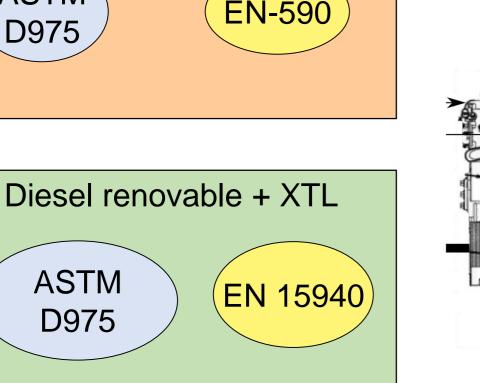


Combustible diésel: Marco regulatorio actual









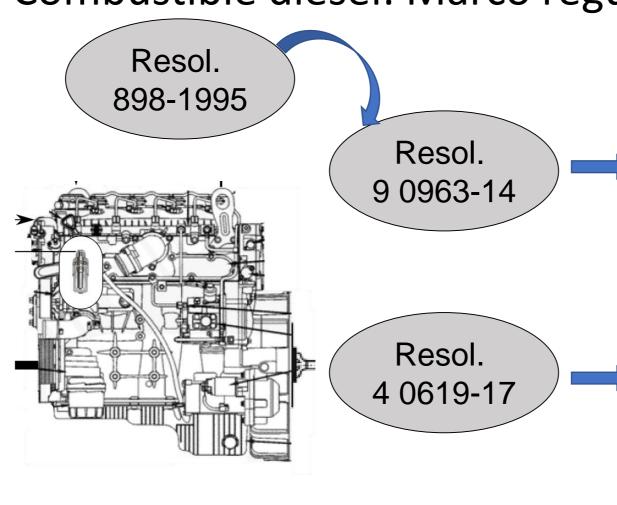
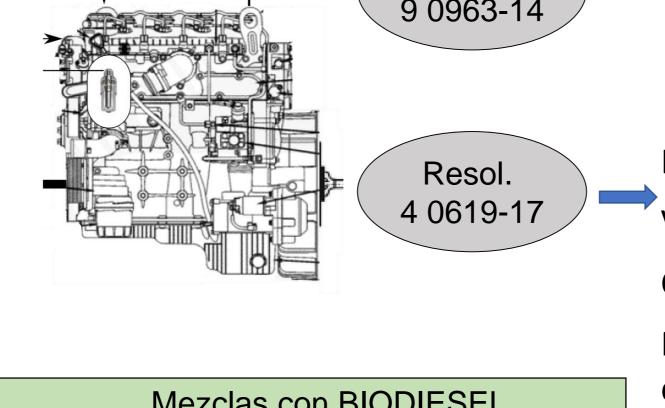


Tabla 3.A: Requerimientos B100 \rightarrow 27 parámetros Tabla 3.B: Mezcla diésel/biodiésel \rightarrow 21 parámetros Tabla 3.C: Diésel renovable → 16 parámetros

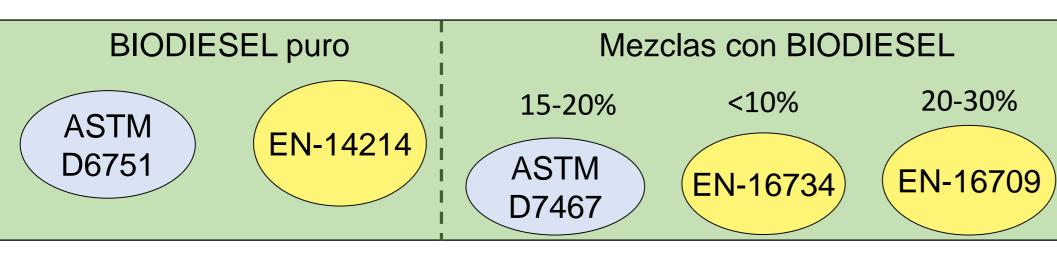


Límites definitivos a notas al pie de Res. 9 0963-14

Visc. Cinemática máx.: \rightarrow Unifica en 4.5 mm²/s

Contenido PAH máx.: → Unifica en 11 % m/m

Modifica notas al pie 2 y 8 de la Res. 898-1995: para darle salida a los crudos pesados de petroquímica de Barrancabermeja



"weivers"



ASTM

D975

INTRODUCCIÓN

MOTORES

COMBUSTIBLES

EMISIONES

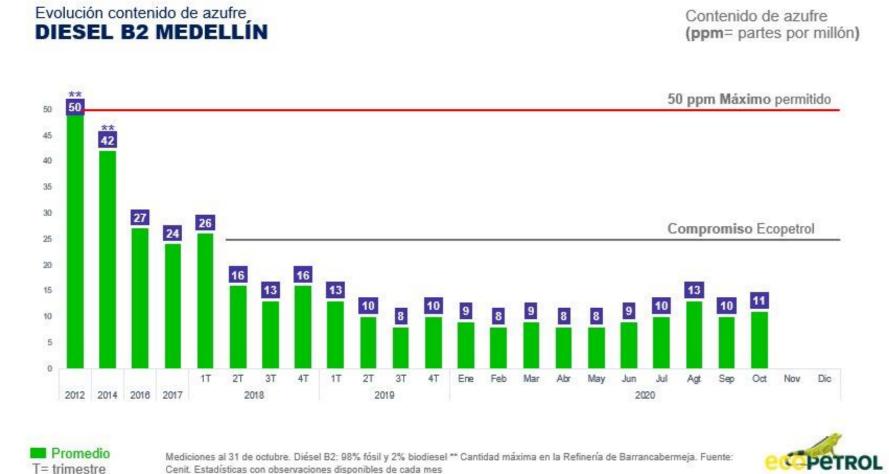
Facultad de Ingeniería

Combustible diésel: Calidad actual

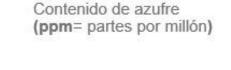
140

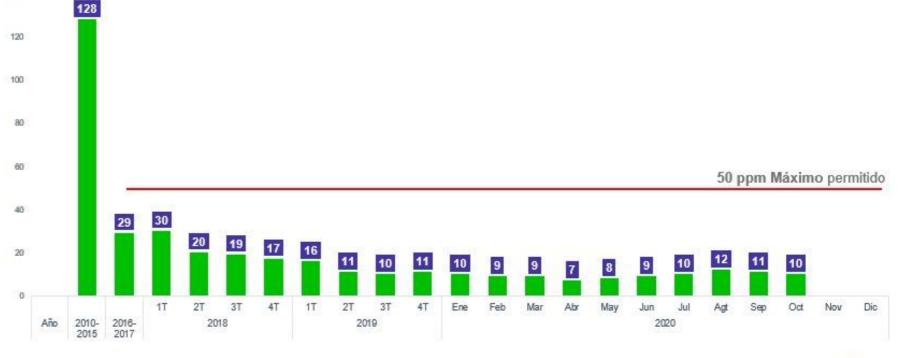












Mediciones al 31 de octubre. Diésel B2: 98% fósil y 2% biodiesel. Ecopetrol entrega diésel B2 en todo el país. A partir de septiembre 2019 también se entrega diésel B2 en Cartagena y Barranquilla. Fuente: Cenit. Contenido promedio nacional



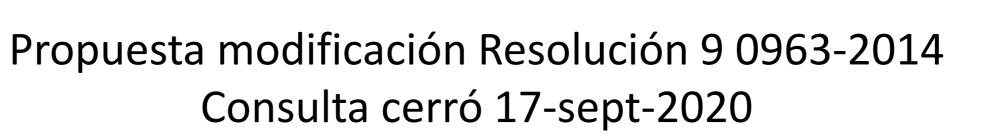




Tabla 3.A: Requerimientos B100

- 1. N.C.: 47 a 51
- 2. Viscosidad (mm²/s): [1.9 6] a [3.5 5]
- De 27 a 24 parámetros →
- 3. Estabilidad oxidación: 6h a 8h
- 1. Fósforo (ppmm): 10 a 4
- 5. Carbón residual (% m/m): 0.3 a 0.05
- 6. Monoglicéridos (% m/m): 0.8 a 0.7 (1 año para ↓0.4)
- 7. Filtrabilidad (s): 360 o 105 kPa



RECOMENDACIÓN: Dejar la tabla 3D (pruebas abreviadas para B100), tal como estaba definida en el borrador de la anterior consulta pública de mayo-junio de 2019



Propuesta modificación Resolución 9 0963-2014 Consulta cerró 17-sept-2020



Tabla 3.B: Requerimientos mezcla Diésel/biodiésel

1. Azufre: en línea con Conpes 3943 de 2019

2. N.C.: 45 a 48

3. Viscosidad (mm²/s): [1.9 – 5] a [1.9 – 4.5]

Pasa de "Reportar" a 8 PAH (%m/m):

Densidad (kg/m³): pasa de gravedad API a [815 – 865]

Agua (ppm): 500 a 200

T95 (°C): 360 a 370

POFF (°C): Pasa de "Reportar" a +5

Conductividad (PS): 100

10. Filtrabilidad (s): 360 o 105 kPa (error para CSFT)

De 21 a 20 parámetros →



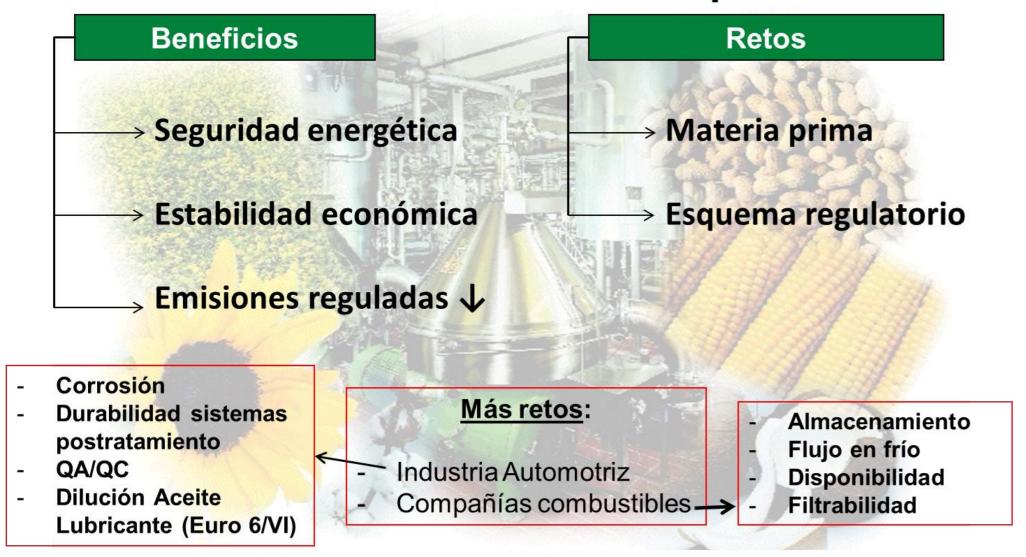




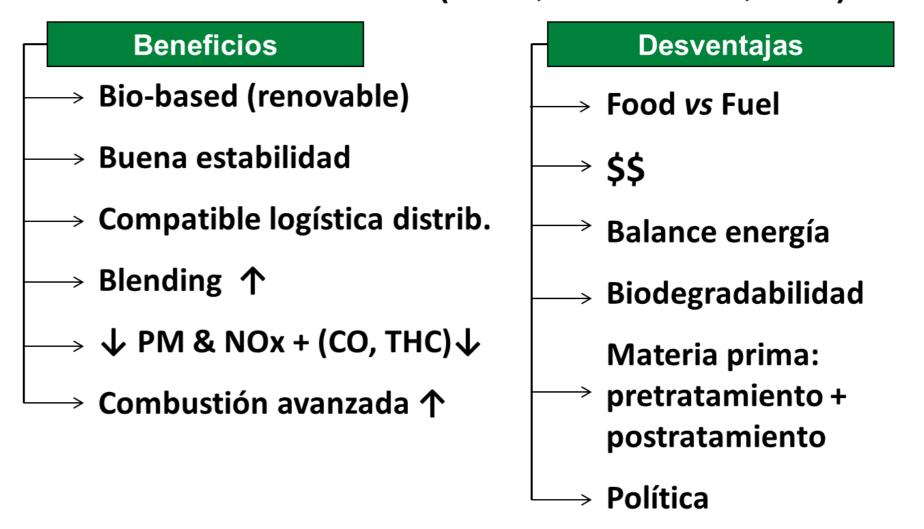
Biocombustibles en Colombia



BIODIESEL: una mirada rápida



Diesel renovable (HVO, biocetano, etc.)



P.S. Nigam, A. Singh / Progress in Energy and Combustion Science 37 (2011) 52-68

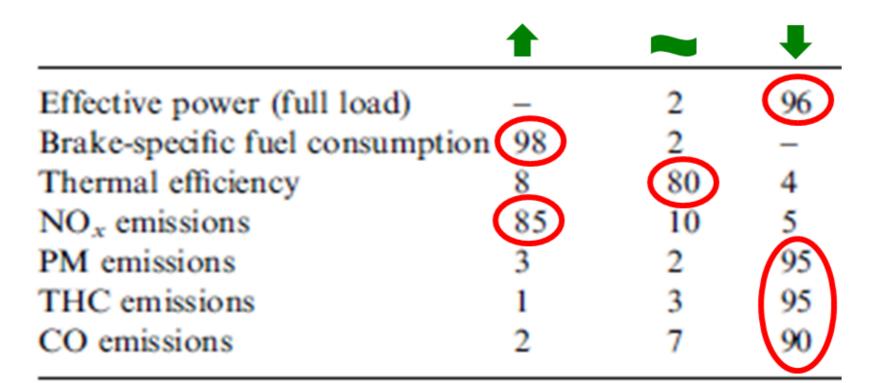


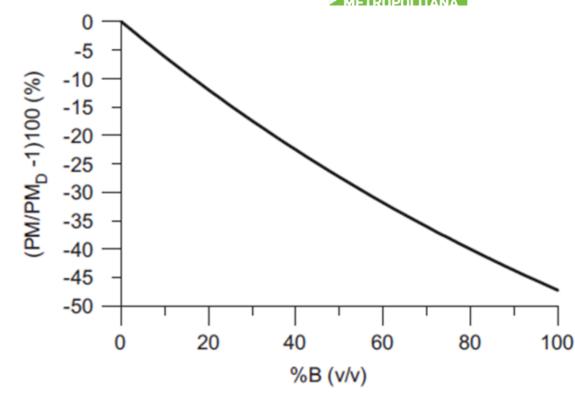
Características de operación de motores con tecnología Euro 3 y Euro 4 usando mezclas diésel / biodiésel -CAMBIO-





Combustible diésel en Colombia



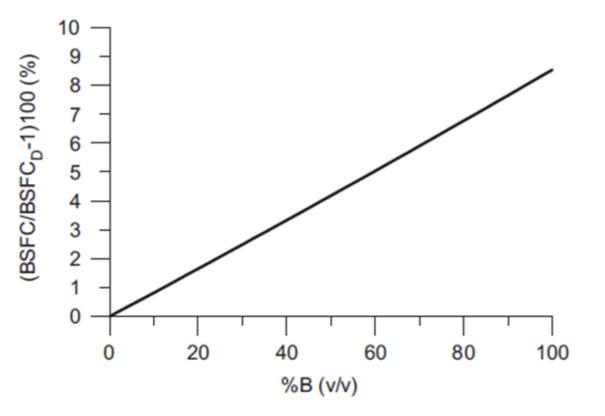


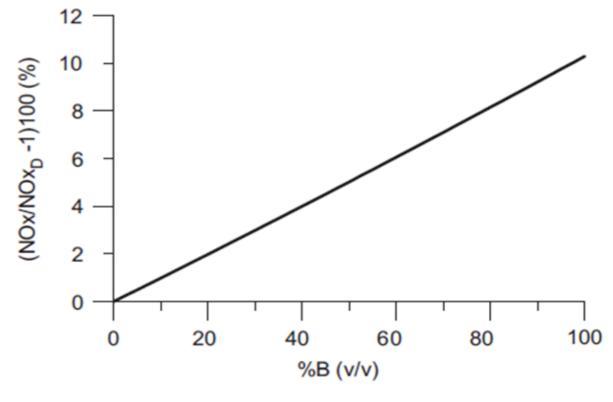
Determinación del factor de emisión de material particulado (PM2.5) en condiciones de operación reales de tres vehículos de carga operando con combustible B20 y B100 en el Valle de Aburrá (B20-PM2.5)











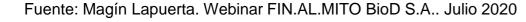


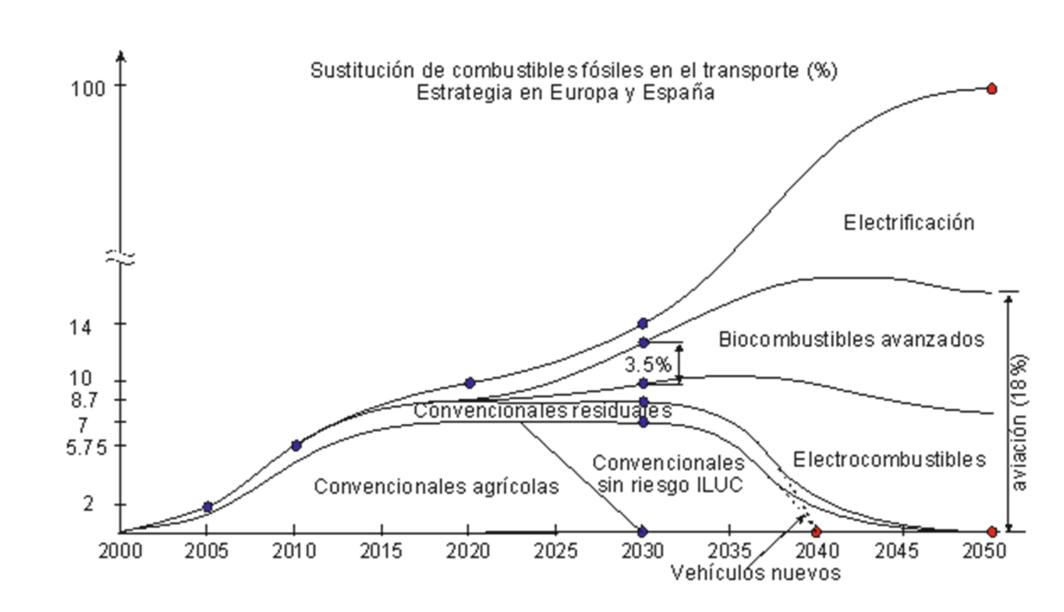
Tendencias biocombustibles Europa



IMPACTO GLOBAL

- Directiva UE/2001/2018 (2030):
 - Limitación de biocarburantes convencionales
 - Eliminación biocarburantes con riesgo ILUC
 - Estancamiento de residuales
 - Promoción de avanzados y electro-combustibles
- Ley de Transición Energética/Climática (2050):
 - Europa: neutralidad climática
 - España: eliminación de emisiones directas





Fuente: Magín Lapuerta. Estrategia energética para el transporte en Europa y España: ¿una referencia para Colombia?. Congreso de la república de Colombia. Mayo 2020





Preguntas claves







INTRODUCCIÓN

MOTORES

COMBUSTIBLES

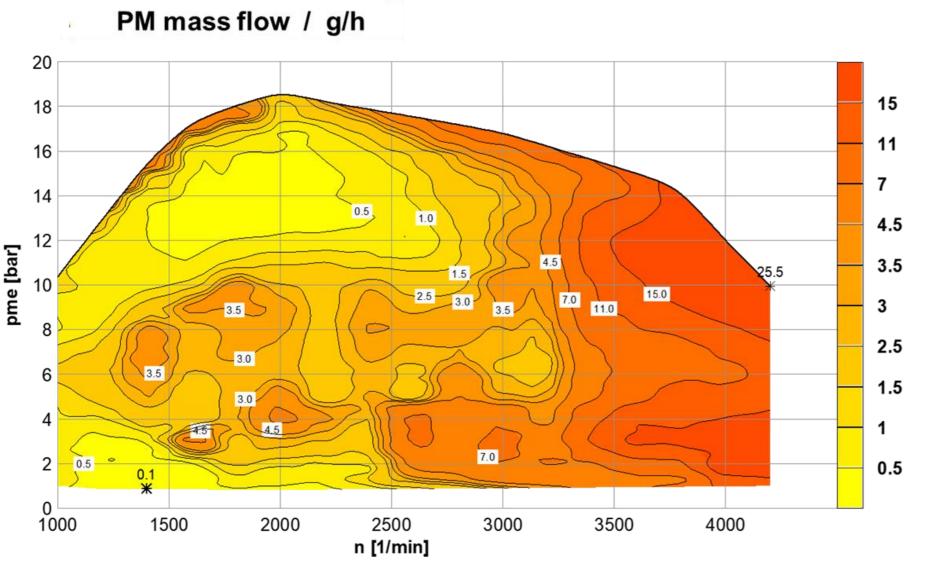
EMISIONES

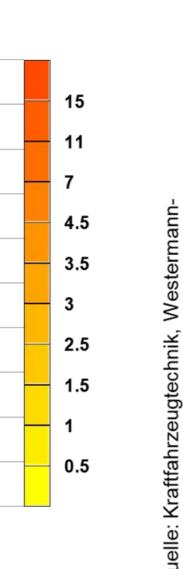
Facultad de Ingeniería

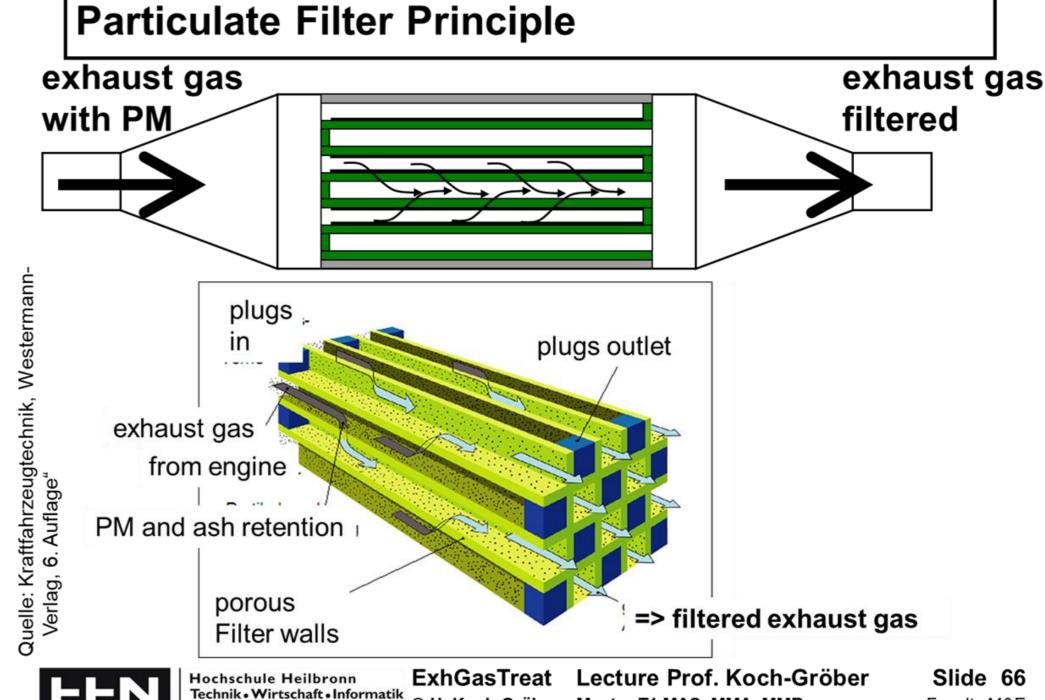
DPF flujo total / pared



map pc Diesel engine Eu4







© H. Koch-Gröber Master T1 MAS, MMA, MMR



Hochschule Heilbronn Technik • Wirtschaft • Informatik

ExhGasTreat

Lecture Prof. Koch-Gröber © H. Koch-Gröber Master T1 MAS, MMA, MMR

Slide 41 Faculty M&E

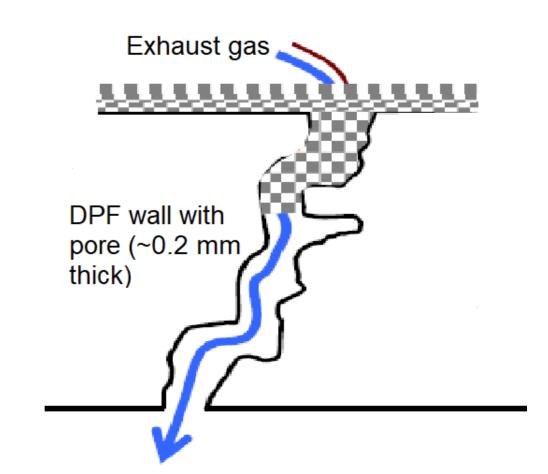


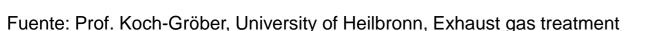
Faculty M&E

DPF flujo total / pared / Regeneración activa



- Difusión a través de la pared
- Partículas grandes/pesadas golpean en la pared por inercia: "no siguen la curva"
- ► Partículas pequeñas/ligeras **golpean** en la pared **por movimiento propio**: oscilan mucho y se adhieren a la pared
- No perder de vista que: filtro ≠ "colador"
 - → Las partículas pequeñas se filtran muy bien
- ► Filtración "**profunda**" hasta que la pared es bloqueada por los aglomerados de hollín (0....30 km recorrido, dentro pared, ↓η)
 - → A continuación: filtración **superficial** (crecimiento de la torta)
 - 200....400 km recorrido, en la superficie, η > 99%
 - → Cuando: 8 hPa $< \Delta p > 12$ hPa \rightarrow Regeneración







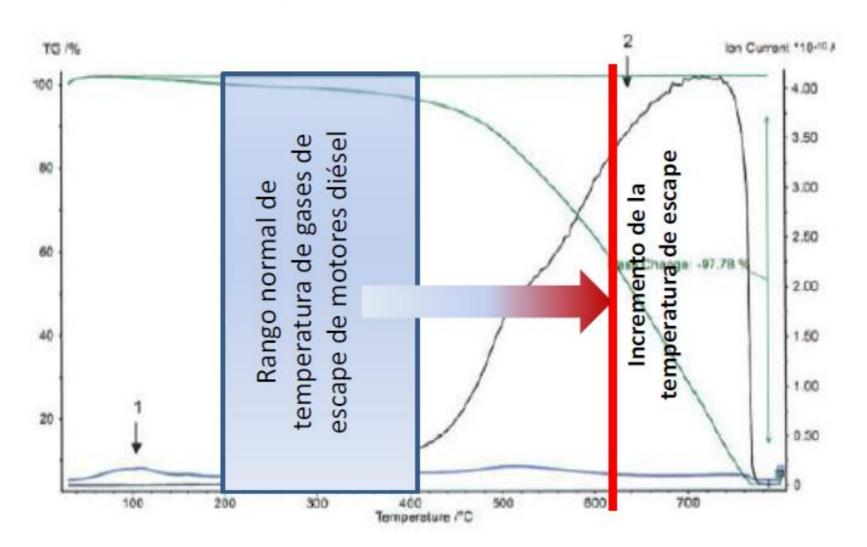
► Regeneración activa ~ 600 °C (post-injections desde la UCE)



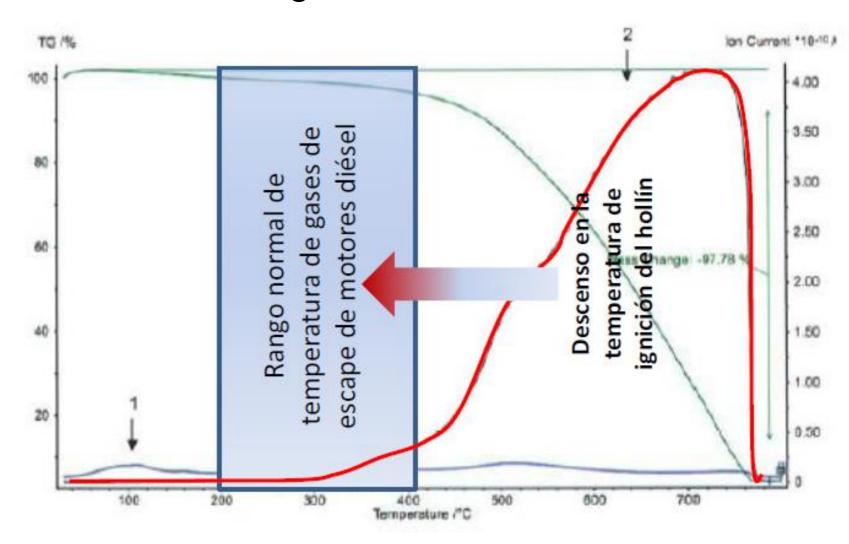
DPF flujo parcial/ Regeneración pasiva



Regeneración Activa



Regeneración Pasiva



Hensel, Volker. Reducción de emisiones de maquinaria de construcción. Tecnologías de filtrado. CALAC+. Webinar junio 2020



INTRODUCCIÓN

MOTORES

COMBUSTIBLES

EMISIONES

Facultad de Ingeniería

DPF flujo parcial/ Regeneración pasiva



Temperaturas de gases de escape de 250 - 450 °C

Temperaturas de gases de escape de 230 - 260 °C

Temperaturas de gases de escape de 180 - 230 °C



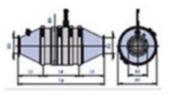


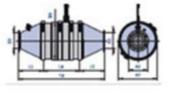


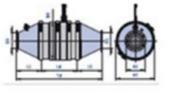
Consideración de otras medidas adicionales, como el aislamiento

Análisis del espacio disponible

Elección del filtro







el filtro de partículas se acumula todo el material particulado procedente de los gases de escape:

- hollín
- residuos no combustibles de cenizas, p. ej. del aceite del motor
- Es necesario someter los sistemas de filtrado de partículas a un proceso de regeneración y remover, así, el hollín acumulado en ellos para evitar que aumente demasiado la contrapresión de los gases de escape
- ¡La regeneración y la limpieza no son lo mismo!

Con la regeneración, se elimina el hollín acumulado en el filtro. Esta función la realiza el sistema de filtrado de partículas de forma autónoma

Con la limpieza, se extraen del filtro materiales no combustibles como las cenizas del aceite, las partículas de metal y los silicatos. La limpieza tiene lugar durante las tareas periódicas de mantenimiento

Imágenes:

HJS Emission Technology GmbH & Co. KG





Clasificación de los diferentes tipos

- Los sistemas de control de emisiones están diseñados para sustancias específicas
- La contaminación y las partículas ultrafinas solo se pueden remover con filtros

Sustancia	DOC	SCR	Filtro de partículas DPF
HC, CO	Reducción de un 90 %	Reducción nula	Reducción nula
NOx	Reducción nula	Reducción de un 90 %	Reducción nula
Partículas	Reducción nula	Reducción nula	Reducción de > 99 %







Freddy Koch Ayer 17:15

En Transmilenio se incorporaron Buses EURO V con DPF. Nos podrías explicar las implciaciones de esta configuarción en términos de emisiones?

	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5a	Euro 5b
Publication of the directive	1991	1994	1998	1998	2007	2007
Application of the limits	1992	1996	2000	2005	2009	2011
Directive /regulation	91/441/EEC	94/12/EC	98/69/EC	98/69/EC	715/2007	715/2007
_	[179]	[180]	[181]	[181]	[182]	[182]
Driving cycle	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC
	Limit	Limit	Limit	Limit	Limit	Limit
CO (mg/km)	2720	1000	640	500	500	500
$THC + NO_X (mg/km)$	970	700	560	300	230	230
NO _X (mg/km)	-	-	500	250	180	180
Particle mass (mg/km)	140	80	50	25	5	4.5
Particle number (#/km)						6E+11
·	·					

METROPOLITANA Valle de Aburrá

Explica límite
de 250,000
#/cm3 de la
propuesta de
norma Holanda

EURO III + DPF ¿Chile?

European emission standards for heavy-duty diesel engines, g/kWh

Tier	Date	Test cycle	СО	НС	NO _x	NH ₃ [ppm]	PM	PN [#/kWh]	Smoke [m ⁻¹]
Euro I	1992, < 85 kW		4.5	1.1	8.0		0.612		
Euloi	1992, > 85 kW	ECE R49	4.5	1.1	8.0		0.36		
Euro II	October 1995	ECE K49	4.0	1.1	7.0		0.25		
Euron	October 1997		4.0	1.1	7.0		0.15		
	October 1999 EEVs only	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0		0.02		0.15
Euro III	October 2000		2.1	0.66	5.0		0.10 0.13*		0.8
Euro IV	October 2005		1.5	0.46	3.5		0.02		0.5
Euro V	October 2008		1.5	0.46	2.0		0.02		0.5
Euro \/I	31 December 2012 ^[15]	WHSC	1.5	0.13	0.4	10	0.01	8 × 10 ¹¹	
Euro VI		WHTC	4.0	0.16	0.46	10	0.01	6 × 10 ¹¹	

Explica límite propuesta de norma Holanda LDV Euro 6 = HDV Euro VI





Contenido



- 1. Introducción
 - a. Reflexiones sobre medioambiente y desarrollo económico
 - b. Contexto del curso de capacitación
- 2. Motores
 - a. Tendencias tecnológicas en control de emisiones (Normas emisiones Euro)
 - b. El futuro: ¿Euro 7/VII?, cero impacto en emisiones (ZIE)
- 3. Combustibles
 - a. Composición y propiedades claves: convencionales/alternativos
 - b. Marco legal colombiano
- 4. Emisiones

Cuáles son, cómo se miden y cómo se regulan, nueva propuesta ITP diésel



DE ANTIOQUIA

Facultad de Ingeniería

Prueba estática en MEP CO (%), HC (ppm) Aceleración libre en MEC Opacidad de humo (%)



Resol. 910-2008 y 1111-2013 CONPES 3943-2019 Ley 1972-2019 Ley 1964-2019



Pruebas dinámicas → certificado ANLA Europa: (LDV: g/km) & (HDV: g/kWh)

USA: (LDV: g/mi) & (HDV: g/btu-h)

F.E. Homologación (Reguladas) Vehículos nuevos C.C. preestablecidos FTP-75 - WLTC

EMISIONES Laboratorio (C.F.) Conducción real

 $F.E. \rightarrow I.E.$ (Reg. & No-Reg.) Instrumento P.P. Vehículos en uso representativos C.C. propios de ciudad/región/país

F.E.: Factor de emisión

C.C.: ciclo de conducción

FTP-75: Federal Test Procedure

WLTC: Worldwide harmonized Light duty Test Cycle

I.E.: Inventario de emisiones

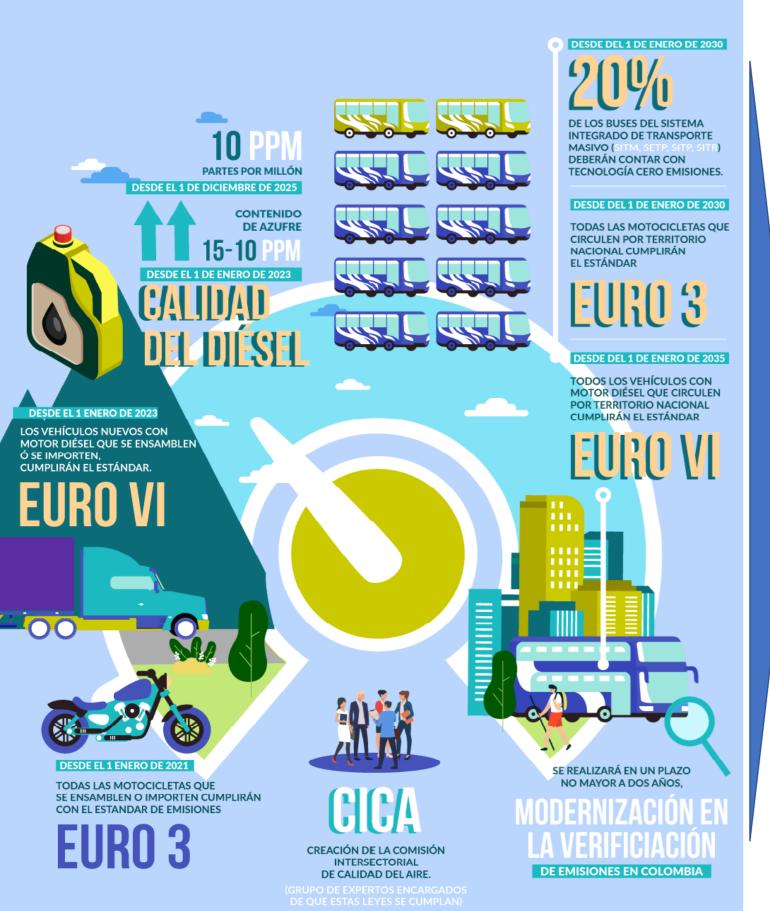
P.P.: política pública

C.F.: Conformity Factor



LEY EMISIONES DE VEHÍCULOS

MEDIDAS PARA REDUCIR GRADUALMENTE LAS EMISIONES CONTAMINANTES DE MOTORES DIÉSEL Y MOTOCICLETAS



MOTORES COMBUSTIBLES

EMISIONES

Ley 1972 de 2019 Congreso de la República



REDUCCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE EMISIONES



BUSES Y CAMIONES UN 96%



MOTOS IN 50%



Infografía proporcionada por la ANDI, oct/2020 BATERÍA DE INSTRUMENTOS PARA LA MASIFICACIÓN DE

DONDE ESTAMOS: A DONDE VAMOS: CERCA DE 1,400 VEHÍCULOS CERCA DE 6,600 VEHÍCULOS ÚLTIMOS 7 AÑOS SUGUIENTES 10 AÑOS

DE LOS VEHÍCULOS NUEVOS QUE COMPRE EL GOBIERNO, TENDRÁN QUE SER ELÉCTRICOS

EN 6 AÑOS.

Ley 1964 de 2019 Congreso de la República





Infografía proporcionada por la ANDI, oct/2020



RTM para Diésel en Colombia



Resolución 910-2008



Año modelo	Opacidad (%)
1970 y anterior	50
1971 – 1984	45
1985 – 1997	40
1998 y posterior	35
> 2010	→ 28%

Comentarios a la propuesta de modificación:









Propuesta modificación Consulta cerró 17-Sept.-2020



Tabla 29. Límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres de carretera con motor de encendido por compresión en aceleración libre a partir del 1 de enero de 2022.

Año modelo	Densidad de humo – K (m ⁻¹)					
Ano modelo	CC<5000	CC≥5000				
2000 y anteriores	6,0	5,5				
2001 – 2015	5,0	4,5				
2016 y posterior	4,0	<mark>3,5</mark>				

Parágrafo 1. Los límites máximos permisibles de emisión de Tabla 29 son establecidos a una Longitud de Trayectoria Óptica Efectiva Estándar (LTOE) de 430 mm.



Al llevar (k=3.5) a opacidad con LTOE de 430 mm

→ Opacidad = 77%!!

Menos restrictivo de lo que teníamos en 2008





INTRODUCCIÓN

MOTORES

COMBUSTIBLES

EMISIONES

Facultad de Ingeniería

Propuesta modificación Resolución 910 - 2008 Prueba dinámica vehículos livianos



Tabla 18. Límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres de carretera clasificadas como vehículos livianos y medianos con motor de encendido por compresión en prueba dinámica, evaluados mediante el Procedimiento Mundial Armonizado para Ensayos de Vehículos Ligeros (WLTP) a partir del 1º de enero de 2023.

Cotogoría	Subcategoría		CO	NO _x	HC+NOx	PM*	PN
Categoría			(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	#/km
M		M1	0,50	0,08	0,17		
		Clase I	0,50	0,08	0,17	0.005	6.0~4011
N	N1	Clase II	0,63	0,105	0,195	0,005	6,0×10 ¹¹
		Clase III	0,74	0,125	0,215		

^{*}El límite máximo permisible de PM será 0,0045 g/km cuando se utilice el procedimiento de medición de PMP.

En lugar de los límites máximos permisibles de emisión definidos en la Tabla 18, se podrán aplicar los correspondientes a Tier 3 Bin 160 para los vehículos con motor de encendido por compresión y que hayan sido evaluados bajo el procedimiento FTP de los Estados Unidos. A partir del 1° de enero de 2025 aplicarán los límites correspondientes a Tier 3 Bin 30

Publication of the direct	ive	2008	
Application of the limits	5	2014	2020
Directive /regulation		692/2008	
		[183]	
Driving cycle		NEDC	WLTC
		Limit	
CO (mg/km)		500	
$THC + NO_X (mg/km)$		170	
NO _X (mg/km)		80	60
Particle mass (mg/km)		4.5	4.5
Particle number (#/km)		6E+11	6E+11
			·





Propuesta modificación Resolución 910 - 2008 Prueba dinámica vehículos pesados



Tabla 20. Límites máximos permisibles de emisión para fuentes móviles terrestres de carretera clasificadas como vehículos pesados con motor de encendido por compresión en prueba dinámica evaluados mediante ciclos WHSC y WHTC a partir del 1º de enero de 2023

Subcategoría	Ciclo	CO (g/kW-h)	HCT (g/kW-h)	NOx (g/kW-h)	NH3 (ppm)	PM (g/kW-h)	PN (1/kWh)
M2 M3	WHSC	1,50	0,13	0,40	10	0,01	8,0×10 ¹¹
N2 N3	WHTC	4,0	0,16	0,46	10	0,01	6,0×10 ¹¹

Parágrafo 2. En lugar de los límites máximos permisibles de emisión establecidos en la Tabla 20, para la presente resolución se entenderán como equivalentes los límites máximos de emisión permisible correspondientes EPA10 o superiores de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

European emission standards for heavy-duty diesel engines, g/kWh

Tier	Date	Test cycle	СО	НС	NO _x	NH ₃ [ppm]	PM	PN [#/kWh]
Euro VI 31 December 2	21 December 2012[15]	WHSC	1.5	0.13	0.4	10	0.01	8 × 10 ¹¹
	3 i December 2012(**)	WHTC	4.0	0.16	0.46	10	0.01	6 × 10 ¹¹



Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards

Por qué la Opacidad no es útil



- 1. Interfencia con NO₂ generado en DOC
- 2. NO detecta PM ultrafino / nanométrico (< 250 nm)
- 3. Precisión baja $(k \pm 0.3 \text{ m}^{-1}) \rightarrow \text{TNO}$ ensayos con opacímetros $k \pm 0.01$: inocuo para DPF
- 4. Fuente de error 2: velocidad de activación del acelerador (1s)
- 5. Fuente de error 3: diámetro del tubo de escape (particularidad de Colombia)
- 6. Fuente de error 4: Filtrado de la señal altera opacidad real
- 7. Prueba es con flujo dinámico \rightarrow calibración basada en mediciones ópticas estáticas
- 8. No se correlaciona con la concentración de material particulado!!
- 9. No representa la realidad como patron de conducción
- 10. Pone en alto riesgo de problemas de salud a los operarios de los CDA



INTRODUCCIÓN

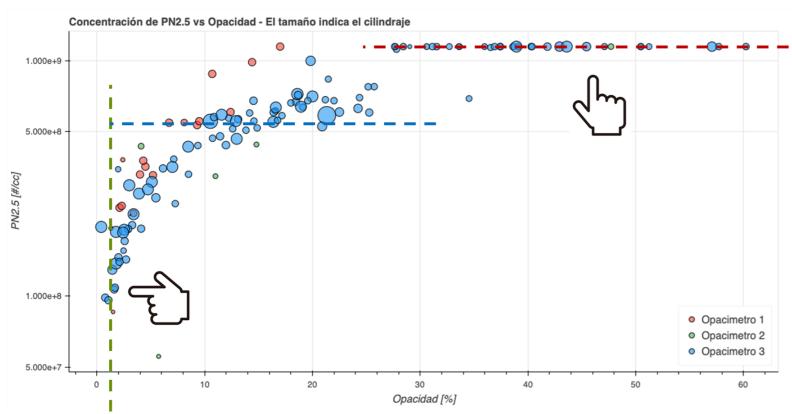
MOTORES

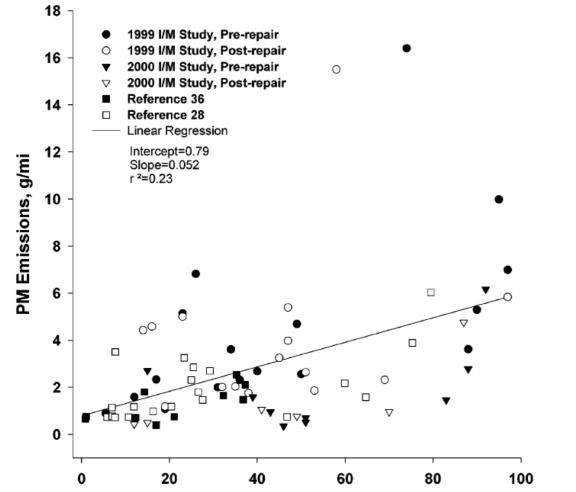
etc...

COMBUSTIBLES

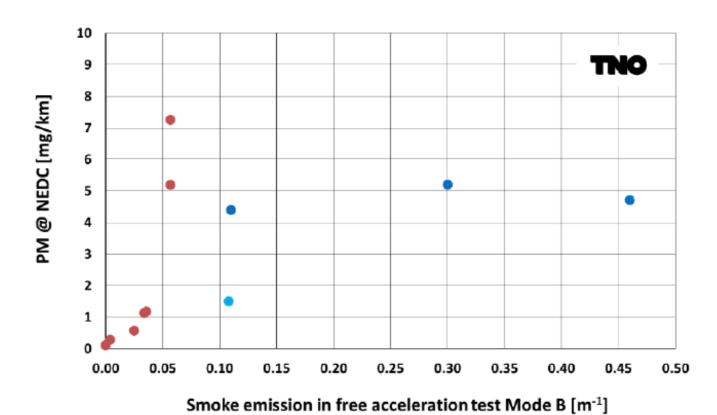
EMISIONES

Facultad de Ingeniería

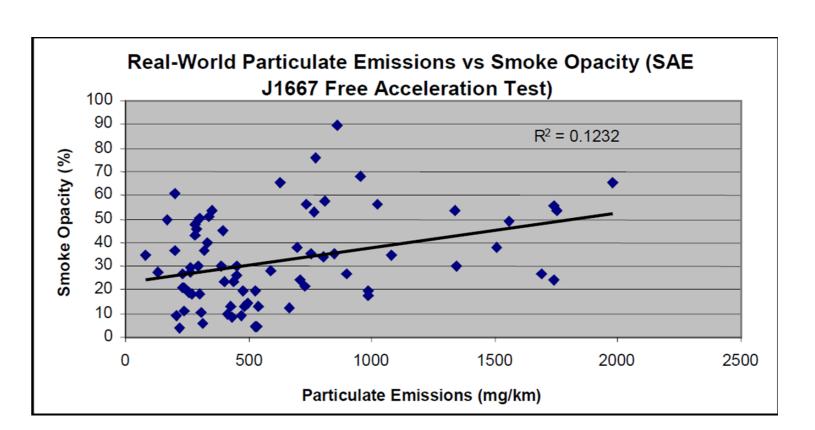




J1667 Smoke Opacity (uncorrected)



Gerrit, K. Investigation into a Periodic Technical Inspection (PTI) test method to check for presence and proper functioning of Diesel Particulate Filters in light-duty diesel vehicles –Part 2. TNO 2017. Report R10530

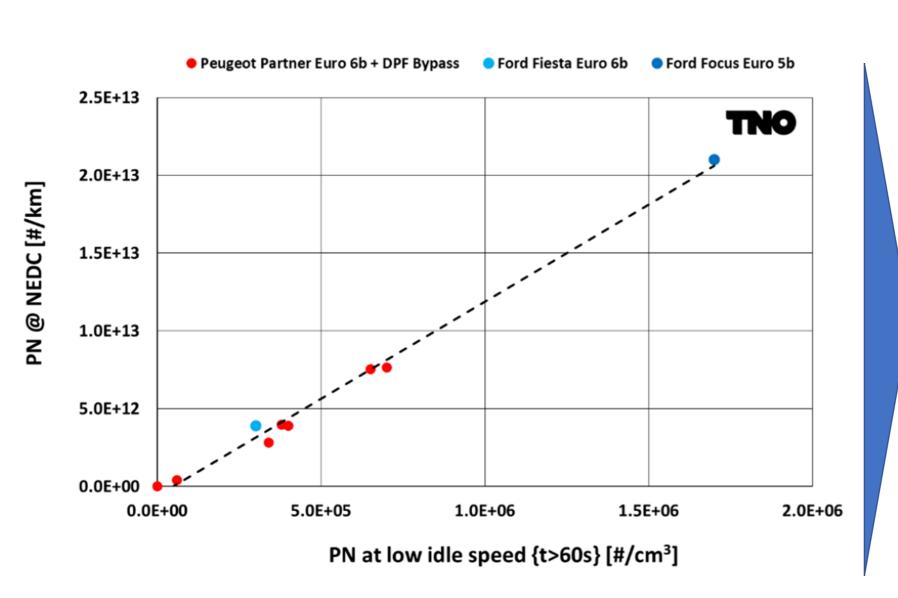




UNIVERSIDAD



"Alternativa": conteo de partículas (#/cm³)

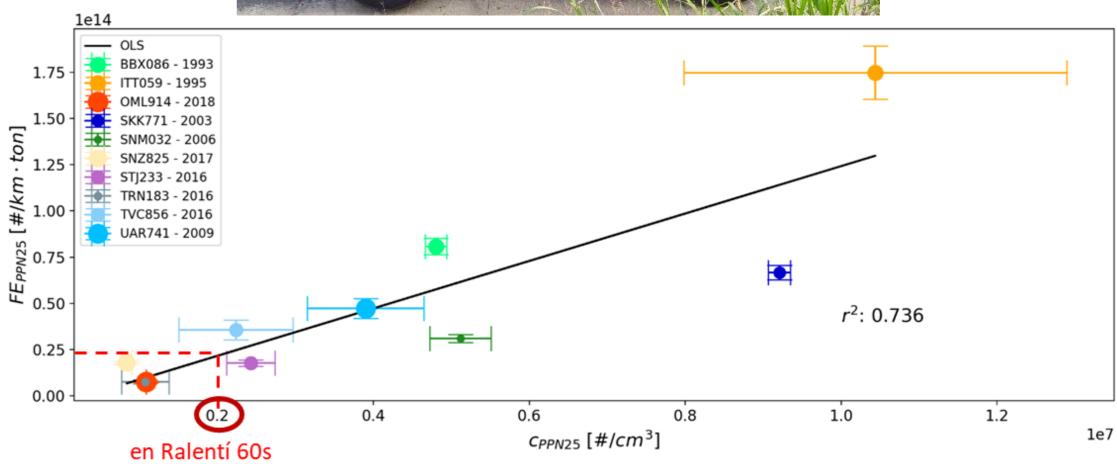


Gerrit, K. Investigation into a Periodic Technical Inspection (PTI) test method to check for presence and proper functioning of Diesel Particulate Filters in light-duty diesel vehicles –Part 2. TNO 2017.

Report R10530







INTRODUCCIÓN

MOTORES

COMBUSTIBLES

EMISIONES

Facultad de Ingeniería

Conteo de partículas (#/cm³): Aproximación Holanda (TNO)

METROPOLITANA
Valle de Aburrá

¿% vehículos sin DPF en Holanda?

Si la opacidad no sirve: ¿Alternativa?

↓ Repetibilidad del ensayo!!





Muestra 213 vehículos diésel livianos (Euro 5 y 6)

It is expected that a new PN-meter cannot be applied for PTI's of diesel engines without DPF. For these vehicles it is recommended to stick with the current PTI smoke emission test procedure.

8% 6% 4% 2%	FA: Free A LI: Low idl						ore	16,49
4%							12,2%	
2%								
0%						8,5%		
8%					E 60/			
6%				2.00/	5,6%			
4%		3,3%	3,3%	3,8%	-//:-			
2% 1,4	% 1,4%		-//:-	-///-	-//:-		-	
0%			71.	77				
,	A-SO mode A O.	Mode A 10,20	PA-10, 1000 A 10, 10	PA-10, 70,30	TOOR A 10,20	Mode A 10, 10	2 (YAN	1504

·			
Parameter	Free Acceleration	Free Acceleration	Low idle
	Standard Opacity	Improved Opacity	PN
Comment	Current method	Improved 1 'CITA'	Improved 2
Representativeness	+/-	+/-	++
Sensitivity, threshold	-	+/-	++
Accuracy	-	+	++
Reliability	+/-	+	++
Screening performance	-	-	++
Reproducability	-	-	++
Repeatability	+/-	+/-	++
Executibility	+/-	+/-	++
Costs	+	+	+/-
Costs [€/test]	3.30 - 15.00	3.30 - 15.00	3.30 - 28.50
Test duration	+/-	+/-	++
Comfort for tester	-	-	+
Acceptance vehicle owner	+/-	+/-	++
Maturity	++	+	+
Limit values		+	++
Limit values	0.7 m ⁻¹	0.10 m ⁻¹	250,000 #/cm ³

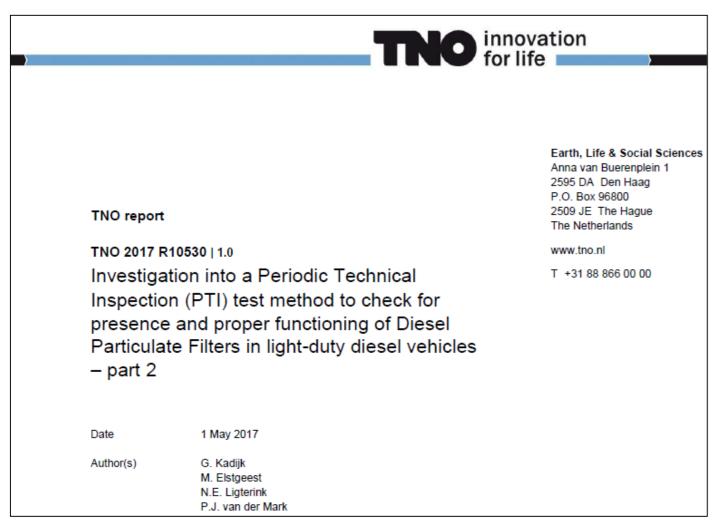
CF: Factor de conformidad

DE ANTIOQUIA Facultad de Ingeniería

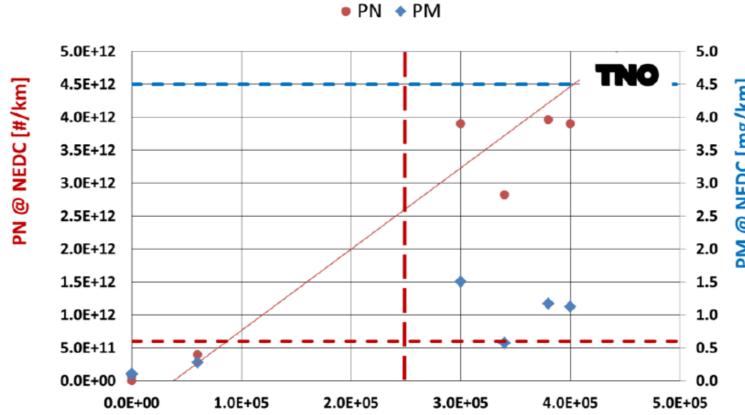
UNIVERSIDAD

Conteo de partículas (#/cm³): Aproximación Holanda (TNO)





14 vehículos diésel livianos (Euro 3, 4, 5 y 6) F.A., L.I., NEDC Equipos conteo partículas: TSI NPET 3795, Testo Pepa, TSI 3007, TSI 8525



Euro 5b/6 $< 250,000 \text{ #/cm}^3$ 3 < CF(ISC) < 4

< Euro 5a 1,000,000 a 1,500,000 #/cm³

PN @ low idle	speed {t>60s}	[#/cm ³
---------------	---------------	--------------------

	- ·		· F 3	·	т с	T (1
	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5a	Euro 5b
Publication of the directive	1991	1994	1998	1998	2007	2007
Application of the limits	1992	1996	2000	2005	2009	2011
Directive /regulation	91/441/EEC	94/12/EC	98/69/EC	98/69/EC	715/2007	715/2007
	[179]	[180]	[181]	[181]	[182]	[182]
Driving cycle	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC	NEDC
	Limit	Limit	Limit	Limit	Limit	Limit
CO (mg/km)	2720	1000	640	500	500	500
THC + NO _X (mg/km)	970	700	560	300	230	230
NO _X (mg/km)	-	-	500	250	180	180
Particle mass (mg/km)	140	80	50	25	5	4.5
Particle number (#/km)						6E+11



ISC: In Service Conformity test

FA: Aceleración libre

LI: Ralentí

INTRODUCCIÓN

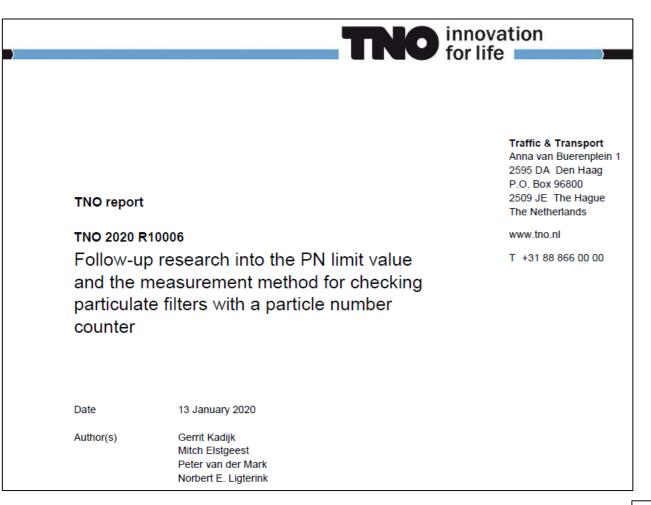
MOTORES

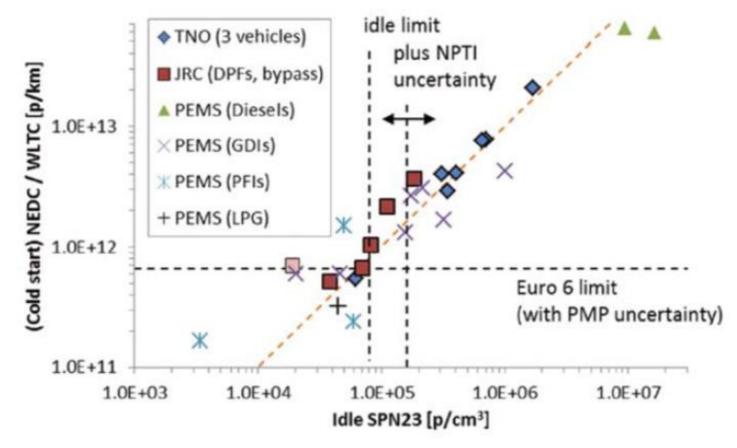
COMBUSTIBLES

EMISIONES

Conteo de partículas (#/cm³): Aproximación Holanda (TNO)







51 vehículos diésel livianos (46)/pesados (5) 6 gasolina GDI (3 con GPF) Foco: prueba de ITP ralentí caliente Equipos conteo partículas: Prototipo específico para ITP de TSI 5 Proposal for a diesel particulate filter test with a particle counter in the PTI

The Dutch research activities of a PTI test procedure for checking Diesel Particulate Filters have been started in 2012 and as a results of the research activities [1], [3], [5], [6] and [7] a proposal for a diesel particulate filter test with a particle counter is defined.



CF: Factor de conformidad, ISC: In Service Conformity test

GPF: Filtro de partículas Gasolina

INTRODUCCIÓN

MOTORES

COMBUSTIBLES

EMISIONES

Conteo de partículas (#/cm³): Aproximación Holanda (TNO)



Option: optimisation of test conditions (warming up of the engine and/or closure of EGR-valve).

Start PTI PN test by

running the engine at low idle speed

15 seconds stabilization of running PN-counter with installed sample line in tail pipe

Fast fail if PN in stabilisation > 2* limit value

Measurement PN:

Average PN emission over a measuring time of 15 s

If PN_{ave} <= limit value

Pass

If PN_{avg} > limit value Fail





Guía técnica para la Inspección Técnica Periódica (ITP) de vehículos provistos con filtros de partículas diésel basado en el conteo de partículas

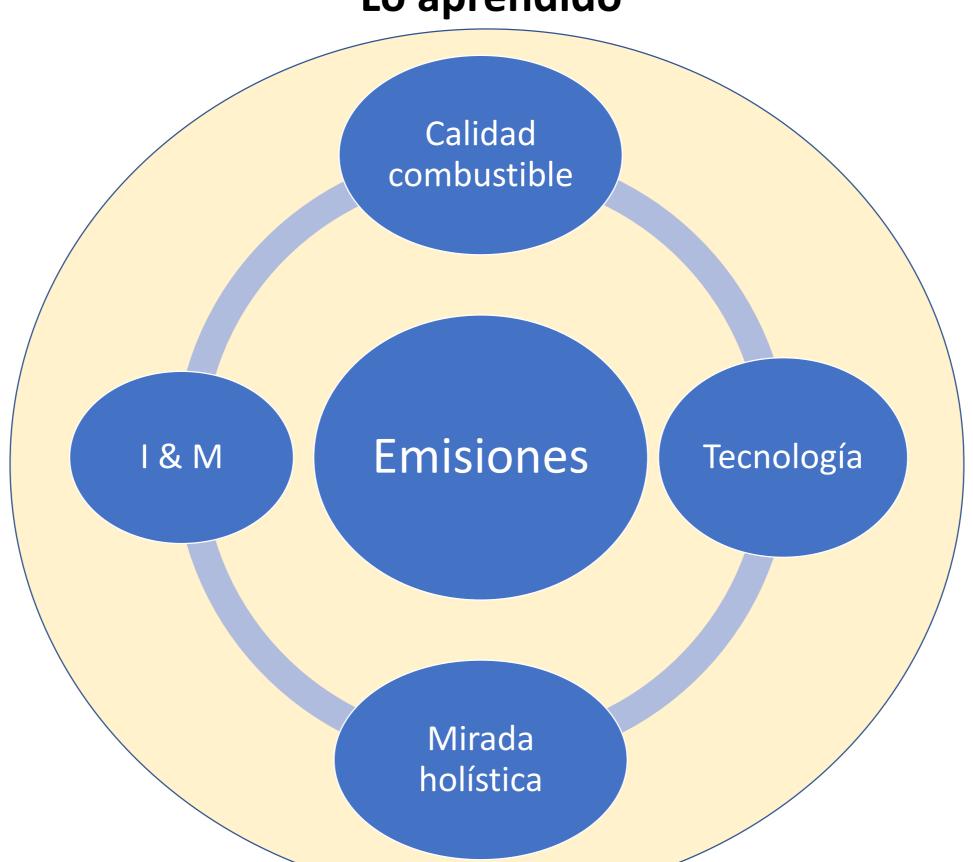
Versión 2020-10-28

Contenido

- Introducción
- 2. Objetivo
- Alcance
- 4. Términos y definiciones
- 5. Referencias normativas
- 6. Equipo de prueba
- 7. Procedimiento de prueba de emisiones de la ITP

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA











Compromiso



- √ ¿ruta trazada x gobierno en calidad de combustible y emisiones para vehículos diésel?
- ✓ ¿Qué tipo de biocombustibles se usan actualmente en el país, qué tendencias se presentan en este sector, y cómo impactan a los vehículos diésel?
- ✓ ¿Por qué la **opacidad de humo no** es un buen indicador del estado técnico-mecánico de un vehículo diésel moderno, y qué **alternativa** se plantea para reemplazar esta prueba?
- ✓ ¿calidad de combustible requerida según la tecnología de control de emisiones (EURO) de los vehículos diésel?
- ✓ ¿Qué tendencias en términos de vehículos diésel se están discutiendo actualmente en el ámbito internacional y cuándo entraría en vigor la normatividad Euro 7/VII?
- ✓ Electromovilidad vs diésel Euro 6/VI vs Gas Natural, tendencias tecnológicas y limitaciones





Contenido





Revisión de los impactos de la calidad de combustibles, el uso de biocombustibles y la tecnología de control de emisiones (normas Euro) sobre las emisiones de NOx y material particulado en MEC Avances del 2do piloto voluntario



Opacidad de humo vs. densidad de humo vs. conteo de partículas (Viernes 20-Nov-2020)



Equipos de medición de conteo de partículas: principios de operación, protocolo de medición, y pruebas de repetibilidad (Lunes 23-Nov-2020)



Definición de indicadores para determinar el tiempo de validez de la prueba de conteo de partículas y determinación del nuevo umbral de partículas (Martes 24-Nov-2020)



Análisis Modal de Emisiones: potente herramienta para evaluar el impacto medioambiental de la tecnología/tipología de los vehículos en diferentes escenarios de movilidad (Miércoles 25...)







\((57-4) 385 60 00

Carrera 53 N° 40A - 31 Medellín-Antioquia Colombia







@areametropol

www.metropol.gov.co

John Ramiro Agudelo Santamaría: john.agudelo1@udea.edu.co Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia

