

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ESTUDIO DEL RECONOCIMIENTO DE EMISIONES DE MOTORES DIÉSEL Y SU IMPACTO
AMBIENTAL A PARTIR DE LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL

YON FREDI MOYANO BELTRAN

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD INGENIERÍA
PROGRAMA MECÁNICA AUTOMOTRIZ
BOGOTÁ, D.C.
AÑO 2021

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ESTUDIO DEL RECONOCIMIENTO DE EMISIONES DE MOTORES DIÉSEL Y SU IMPACTO
AMBIENTAL A PARTIR DE LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL

YON FREDI MOYANO BELTRAN
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DIRECTOR
MSc. ARMANDO ALFREDO HERNANDEZ MARTIN

CODIRECTOR
MSc, VLADIMIR SILVA LEAL

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD INGENIERÍA
PROGRAMA MECÁNICA AUTOMOTRIZ
BOGOTÁ, D.C.
AÑO 2021

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. ESTUDIO DEL RECONOCIMIENTO DE EMISIONES DE MOTORES DIÉSEL Y SU IMPACTO AMBIENTAL APARTIR DE LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL.....	9
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	9
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
4.1. JUSTIFICACIÓN	13
4.2. DELIMITACIÓN	13
4.2.1. Delimitación espacial.....	13
4.2.2. Delimitación temporal.....	13
4.2.3. Delimitación temática	13
4.2.4. Delimitación muestral	13
5. PARTICULARIDADES DE LA INYECCIÓN EN EL MOTOR DIÉSEL.....	14
5.1. ASPECTOS GENERALES	15
5.1.1. Cámaras de combustión	15
5.1.2. Elevación de presión.....	15
5.1.3. Dosificación	16
5.1.4. Control del avance de la inyección	16
5.1.5. Regulación de combustible	17
5.1.6. Distribución de combustible.....	18
5.1.7. Filtración de combustible	19
5.1.8. Monitor de la temperatura de combustible	19
5.2. CATEGORIZACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN PARA MOTOR DIÉSEL.....	19
5.2.1. Sistemas de inyección con control mecánico.....	19
5.2.1.1. Bomba de inyección en línea	20
5.2.1.2. Bomba de inyección rotativa	21
5.2.2. Sistemas de inyección con control electrónico	21

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

5.2.2.1.	Bomba inyectoras con control electrónico	21
5.2.2.2.	Unidad bomba inyector	23
5.2.2.3.	Unidad bomba tubería inyector.....	24
5.2.2.4.	Sistema riel común	25
5.3.	COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN	26
5.3.1.	Bomba principal	26
5.3.2.	Tuberías de impulsión	27
5.3.3.	Inyectores	28
5.3.4.	Toberas de inyector	29
6.	LEGISLACION SOBRE GASES DE ESCAPE Y DIAGNOSTICO	32
6.1.	COMBUSTIBLE	32
6.1.1.	Propiedades fisicoquímicas de los combustibles	33
6.1.2.	Normativas y directiva	33
6.1.3.	Emisiones contaminantes.....	34
6.1.3.1.	Productos de la combustión	35
6.1.3.2.	Propiedades de los componentes de los gases de escape	35
6.1.4.	Postratamiento de gases de escape	37
6.1.4.1.	Conceptos generales.....	39
6.1.4.2.	Clasificación de los sistemas de tratamiento de gases	39
7.	LEGISLACION SOBRE GASES DE ESCAPE.....	43
7.1.	Normatividad CARB (turismo/LDT).....	45
7.2.	Normatividad EPA (turismos/LDT)	47
7.3.	Normatividad EURO (turismos/LDT).....	49
7.4.	Normatividad en Japón (turismos LDT)	51
7.5.	Normatividad vehículos industriales en EE.UU.....	52
7.6.	Normatividad de vehículos industriales en la Comunidad Europea	53
7.7.	Normatividad en Japón de los vehículos industriales	54
7.8.	Normatividad en Colombia	54
7.9.	Ciclos de ensayo	56
7.9.1.	Ciclos de ensayo en EE. UU para turismos y LD	56
7.9.2.	Ciclos de ensayo en Europa para turismos y LDT	58
7.9.3.	Ciclos de ensayo en Japón para turismos y LDT	58
7.9.4.	Ciclos de ensayo para vehículos industriales	59
7.9.5.	Ciclo de ensayo en Colombia.....	61
7.9.5.1.	Metodología de medición de opacidad según NTC 4231	63

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

8.	TECNICA DE MEDICIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE	65
8.1.	Comprobación de los gases de escape en bancos de ensayo con rodillos	65
8.2.	Sistema de dilución	66
9.	TECNOLOGIA PARA ANALISIS DE EMISIONES	67
9.1.	Aparatos de medición de los gases de escape para vehículos diésel	68
9.2.	Equipos para medición de gases de los motores diésel	69
10.	FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN	74
10.1.	FUENTES PRIMARIAS	74
10.2.	FUENTES SECUNDARIAS	74
11.	RECURSOS	75
11.1.	RECURSOS FINANCIEROS	75
11.2.	RECURSOS MATERIALES	75
11.3.	RECURSOS HUMANOS	75
11.4.	RECURSOS TECNOLÓGICOS	75
11.5.	RECURSOS ADMINISTRATIVOS	76
12.	CRONOGRAMA	77
13.	ANEXOS	78
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
15.	REFERENCIAS	90

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Motor diésel con bomba de inyección lineal. Casacochecurro.....	9
Ilustración 2. postratamiento de gases de escape. YouTube, Continental.....	11
Ilustración 3. Cámaras de inyección para motor diésel. Diéselhub	15
Ilustración 4. Sistema leva, rodillo, embolo. Fullmecanica,com.....	16
Ilustración 5. Dispositivo par dosificar combustible. Mecanicadiésel.org	16
Ilustración 6. Dispositivo centrifugo de avance. Elmaquinante.blogspot.com	17
Ilustración 7. Regulación de combustible. Alibaba.....	18
Ilustración 8. Conjunto leva interna y embolo buzo. Ceduc.cl	18
Ilustración 9. Bomba de inyección en línea. Arquitectura automotriz	20
Ilustración 10. Bomba de inyección rotativa VE. Sedicol.blogspot.com	21
Ilustración 11. Bomba de inyección con dosificación por electroválvula. Auto avance	22
Ilustración 12. Unidad bomba inyector. Talleractual.com	23
Ilustración 13. Unidad bomba tubería inyector. lopezylopez.com.ar	24
Ilustración 14. Componentes sistema riel común. Freepng.es	25
Ilustración 15. Tipos de bombas principales. Reparacioncommonrail.com	27
Ilustración 16. Tuberías de impulsión. Motorok.com.....	28
Ilustración 17. Principio de funcionamiento inyector con control electrónico. (Pérez M. , 2017)	29
Ilustración 18. Toberas de orificio y tetón. (Alonso, 2014).....	30
Ilustración 19. fases de operación del inyector bimuelle. (Alonso, 2014).....	31
Ilustración 20. Clasificación de los combustibles según su estado físico. (Sánchez, 2009).....	32
Ilustración 21. Composición de los gases de escape. Bolog.centralderecambios.com.....	34
Ilustración 22. Composición del hollín. Híbridos y electricos.com	36
Ilustración 23. Enfriador de aire del tipo aire-aire.hfiperformance.com.ar	38
Ilustración 24. Filtro de partículas diésel. Autoavance.co.....	39
Ilustración 25. Convertidor catalítico.Dicamotors.com	40
Ilustración 26. Sistema SCR. Tomorrowstechnician.com	41
Ilustración 27. Categoría gases de escape Carb. Bosch.....	45
Ilustración 28. Comparativo límite de gases EPA- CARB. Bosch.....	47
Ilustración 29. Valores límite vehículos turismo EURO. Bosch.....	49
Ilustración 30. Evolución tecnología norma Euro. Diario motor	50
Ilustración 31. Emisiones diésel en Japón. slideshare.....	51
Ilustración 32. Legislación emisiones diésel UE, EE. UU, Japón. Bosch	52
Ilustración 33. Valores límite de emisión UE. Bosch.....	53
Ilustración 34. Ciclos de ensayo. Bosch.....	57

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Categorías de vehículos.Autoesceulogo.com.....	44
Tabla 2. Cronograma	

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. EQUIPO DE ANALISIS DE EMISIONES CONTAMINANTES ULTIMA 600	78
ANEXO 2. ANALIZADOR DE GASES COMBINADO MET 6.3.....	81
ANEXO 3. ESTACION DE EMISIONES BEA 850.....	83

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

1. ESTUDIO DEL RECONOCIMIENTO DE EMISIONES DE MOTORES DIÉSEL Y SU IMPACTO AMBIENTAL APARTIR DE LA NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Desde hace más de dos décadas el motor de combustión interna ha venido sufriendo cambios requeridos por la conservación del medio ambiente, mejores prestaciones y desarrollos tecnológicos (Bartsch, 2001).

Para inicios del siglo XX aparecieron desarrollos que dieron un ADN tecnológico propio al motor, tales fueron dados por compresores que aumentaron la potencia del motor al aumentar la cantidad del aire, estos en cabeza del ingeniero suizo Alfred Buchi y el Ingeniero alemán Gottlieb Daimler. A la par de lo anterior Robert Bosch consolidó la bomba de inyección lineal para la segunda década. Con estos tres elementos entre otros ya se plantea una necesidad que se requería cumplir por parte de consumidores y a la vez se vislumbraba el camino futuro de cumplir con solicitudes sociales y productivas.

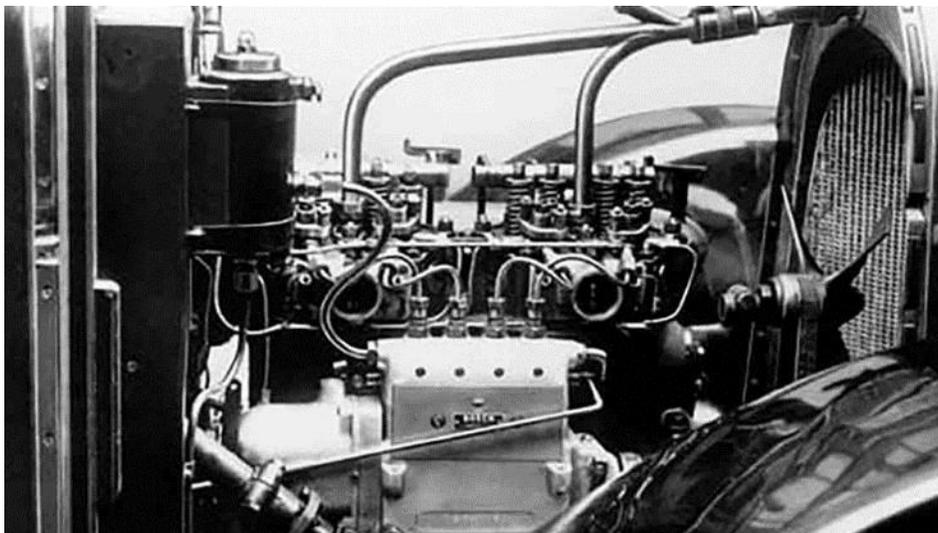


Ilustración 1. Motor diésel con bomba de inyección lineal. Casacohecurro

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

En la primera guerra mundial la participación de los motores de combustión interna no tuvo gran protagonismo, más en la segunda fue un gran impulso tal así que las ventas y producción fue superior a la totalidad de lo anterior a este nefasto evento para la humanidad, todos los países involucrados volcaron sus esfuerzos a la fabricación de equipos que en gran porcentaje tenían como fuente para desplazarse un motor de combustión interna (Murviedro, 1994)

Desde 1950 en adelante la humanidad enfilo baterías hacia la unión de esfuerzos para el progreso, la convivencia y la conquista de otros planetas. Así todos los elementos del sector automotriz ingresaron en una montaña rusa de producción para el consumo y bienestar en mayor o menor proporción. Para 1960 aparece otro proyecto tecnológico de Bosch para el motor diésel; la bomba de inyección rotativa, de aplicación para motores pequeños, esta bomba de peso menor a la lineal y con prestaciones apropiadas para un sector determinado fue un nuevo impulso.

El final de esta década se vio escrita por nuevos participantes y sus tecnologías, así denso, zexel, doowan, delphi, stanadyne, Lucas CAV, entre otros participan y proponen nuevos diseños para bombas de inyección. También asoma ya la preocupación por el impacto en el medio ambiente y se dan iniciativas como la de California en 1970 dando nacimiento a la CARB (California Air Resources Board) (France24, 2019). Muchos ejemplos de motorización diésel como se resalta:

Cuando estábamos dedicados a redactar el original para la primera edición de este libro, ya habían finalizado los trabajos previos fundamentales para la revisión del motor diésel, como quedó demostrado por medio de la presentación del Audi 100 TDI , en el año 1989 (Bartsch, 2001)

Con la misma intención que la CARB aparecen en los otros estados americanos las normas EPA y en el continente europeo las normas EURO, con esta triada la protección del medio ambiente ya se hace una obligación contundente para los fabricantes de motores diésel.

Nace el siglo XXI con una oleada de propuestas en relación con minimizar el impacto ambiental, reducir el consumo de combustible sin perder rendimiento, para alcanzar las metas propuestas y aun ser vigentes en el mercado mundial con un producto como el motor diésel, las bases de lo anterior están en la consolidación de los sistemas de inyección diésel con control electrónico, los sistemas de sobrealimentación de varios turbos, la reducción de cilindrada total en algunas sectores automotrices y el postratamiento de gases de escape como los más importantes.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

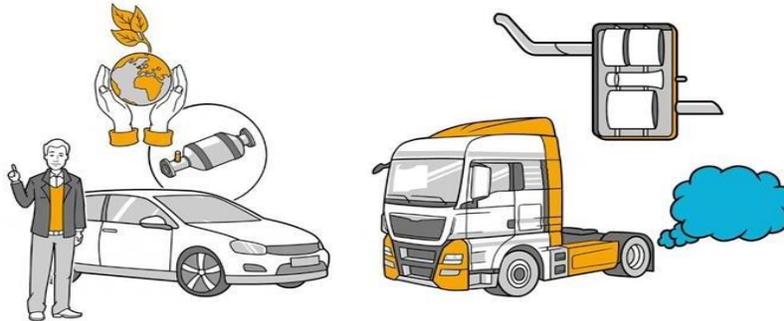


Ilustración 2. postratamiento de gases de escape. YouTube, Continental

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Existen muchos esfuerzos de los fabricantes hoy en día todos concentrados a la protección del medio ambiente o disminuir la contaminación causada por las emisiones de la combustión interna en este caso del motor diésel.

La cada vez más estricta normativa anticontaminación obliga a los fabricantes de automóviles a recurrir a dispositivos con los que reducir las emisiones anticontaminantes. Además de eso, debe verificarse que dichos dispositivos funcionen correctamente, por lo que todas las funciones de detección de anomalías son asumidas por la centralita de gestión del sistema, incluyendo además un chequeo de los propios sistemas de verificación.

Existe para ello una normativa marco, en la que se integra el seguimiento y la detección de averías, en aquellos dispositivos susceptibles de producir emisiones contaminantes, en caso de funcionamiento defectuosos de los mismos. En Europa, dicha normatividad se conoce como EOBD, y es una evolución de la OBD II americana (Pérez M., 2011).

Se empieza a cercar, pues la problemática a este respecto con lo anterior, donde se procura aplicar sinnúmero de estudios para conservar el motor diésel como producto útil a la humanidad con recaudos de alto beneficio para el medio ambiente.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de los factores que influyen en los motores diésel con aplicaciones fijas y móviles en cuanto a su impacto ambiental, tecnologías, equipos y métodos de emisiones asociados a normatividad nacional e internacional.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Reconocer los principales tipos de tecnologías aplicadas actualmente en sistemas de inyección para motores diésel y sus tipologías.

Realizar un estado del arte en cuanto a los niveles de emisiones del motor diésel para aplicaciones fijas y móviles.

Evaluar las variables de incidencia relacionados con equipos y procedimientos en la comprobación de emisiones del motor diésel.

Investigar los tipos de analizadores de gases para motores diésel que ofrece el mercado" y de acuerdo a lo realizado, tomar la decisión de cuál analizador es el ideal.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. JUSTIFICACIÓN

Desde la academia se llevan a cabo exploraciones a diferente nivel para consolidar resultados investigativos, en este caso el estudio del arte a través de la búsqueda de información, la lectura, análisis y síntesis contribuye en primera instancia para saber de primera mano los avances, normativas y no menos importante el estado de los niveles de afectación al medio ambiente y a la salud pública.

La contribución aquí reflejada, es un documento base de consulta para próximas investigaciones aplicadas o de estado del arte en relación al tema. Algo más que añadir es la determinación de características, operación y costo de un equipo analizador de gases para motor diésel, importante para resultados en exploraciones de emisiones con biocombustibles y/o cargas a diferentes revoluciones

4.2. DELIMITACIÓN

El alcance de este proyecto aborda una revisión del estado del arte, explorando diversas fuentes de información, como recursos educativos abiertos, bases de datos, bibliotecas virtuales, información de fabricantes, normatividad nacional e internacional proveniente de entidades gubernamentales, lo anterior en relación con el motor diésel y sus aplicaciones de fuentes fijas y fuentes móviles.

4.2.1. Delimitación espacial

El proyecto será realizado en la ciudad de Bogotá, en atención a ser un estado del arte no se requiere investigación de campo.

4.2.2. Delimitación temporal

La línea de tiempo propuesta está en el año 2021 entre los meses de febrero y agosto, para la revisión del estado del arte, la recolección de información, redacción del documento de grado y finalmente la sustentación del mismo.

4.2.3. Delimitación temática

La temática del proyecto está basada en el estudio del reconocimiento de emisiones de motores diésel y su impacto ambiental a partir de la normatividad nacional e internacional.

4.2.4. Delimitación muestral

Para la realización del proyecto se considerarán los sistemas de inyección universales y de control electrónico sin trascendencia desde componentes y principios de operación, las normativas de

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

control de emisiones a nivel mundial desde la global a lo nacional, y equipos de medición fusionados con su correcta operación.

5. PARTICULARIDADES DE LA INYECCIÓN EN EL MOTOR DIÉSEL

5.1. ASPECTOS GENERALES

5.1.1. Cámaras de combustión

Los diseños de cámaras de combustión en los motores diésel presentan hoy en día dos tipos, atendiendo que el combustible llega a la cámara mediante un inyector, cuando el combustible llega a la corona del pistón es una inyección directa, mientras que si el combustible llega adentro de la culata es una inyección indirecta (Pardiñas & Feijoo, 2018).

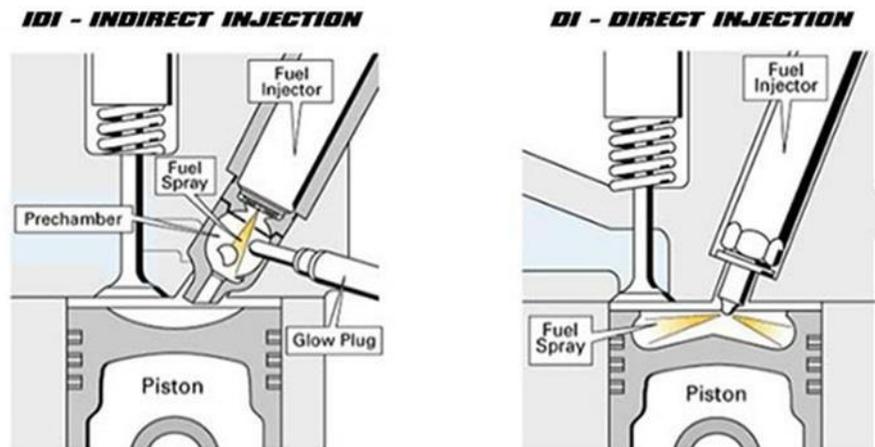


Ilustración 3. Cámaras de inyección para motor diésel. Diéselhub

5.1.2. Elevación de presión

El motor diésel se caracteriza por manejar relaciones de compresión entre 15:1 en motores con cámaras de inyección directa y 23:1 en motores con cámara de inyección indirecta, pero es válido aclarar que en la actualidad como beneficio tecnológico al control de emisiones y ahorro de combustible entre otros solo se utiliza la cámara de inyección directa en todos los rangos de aplicación del motor diésel.

De lo anterior entonces la elevada presión se requiere para que el combustible logre introducirse en el fondo de la masa de aire comprimida (35 a 75 bares aproximadamente). Esta elevación de presión se logra gracias a un mecanismo de bombeo conformado por el mecanismo leva, rodillo y embolo de bombeo que en la actualidad alcanza presiones por el orden de los 2000 bares (Pérez M., 2011).

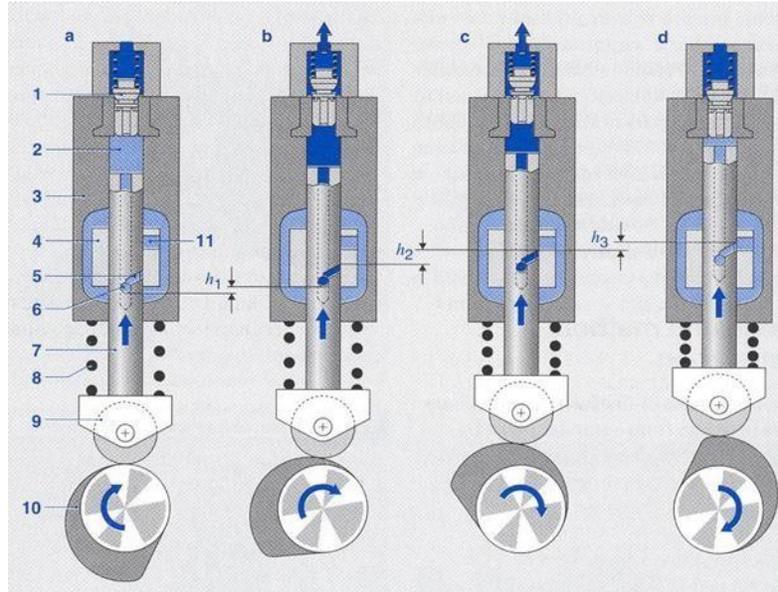


Ilustración 4. Sistema leva, rodillo, embolo. Fullmecanica, com

5.1.3. Dosificación

El desarrollo de la potencia en los motores diésel se obtiene modificando la cantidad de combustible en función de la carga y/o de las revoluciones del motor. Así las cosas, el aporte de combustible ha de desarrollarse de manera total y perfectamente controlada. Esta característica es de suma prioridad en el control de motor ya que cuanto más combustible ingrese a la cámara mayor será el par generado y mayor será por tanto la velocidad de giro del motor. Cabe señalar que para el cumplimiento de esta función se utiliza un dispositivo de dosificación que puede ser operado de manera mecánica o de manera electrónica.

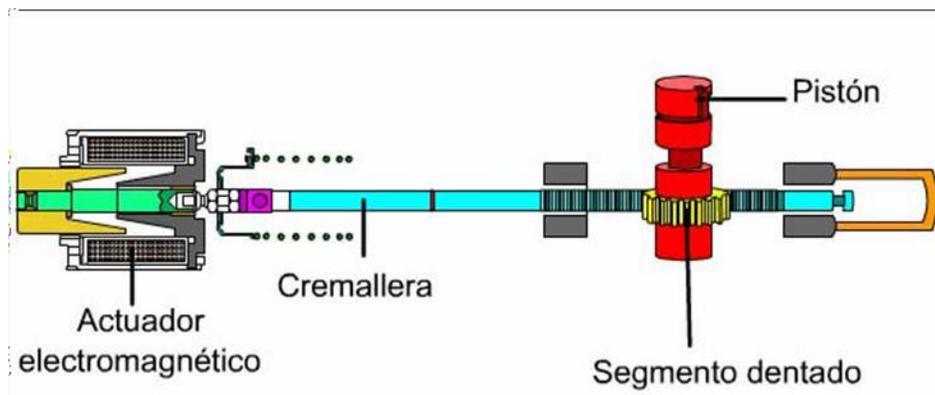


Ilustración 5. Dispositivo par dosificar combustible. Mecanicadiésel.org

5.1.4. Control del avance de la inyección

La velocidad del pistón en un motor diésel va a variar de acuerdo a la carga del motor y se toma como punto de referencia el punto muerto superior PMS y/o el punto determinado por el fabricante para el inicio de la inyección, habría que recalcar la importancia en que el tiempo de duración de la combustión no cambie drásticamente para no afectar el rendimiento del motor y las emisiones además de la presión del cilindro. Entonces a mayor velocidad del pistón más adelante de la inyección (lejos del punto muerto superior) y así se consigue dar el tiempo necesario para una combustión apropiada.

Para ello se dispone de mecanismos automáticos variadores de avance operados por fuerza centrífuga, fuerza hidráulica o control electrónico (Bosch, 2005).

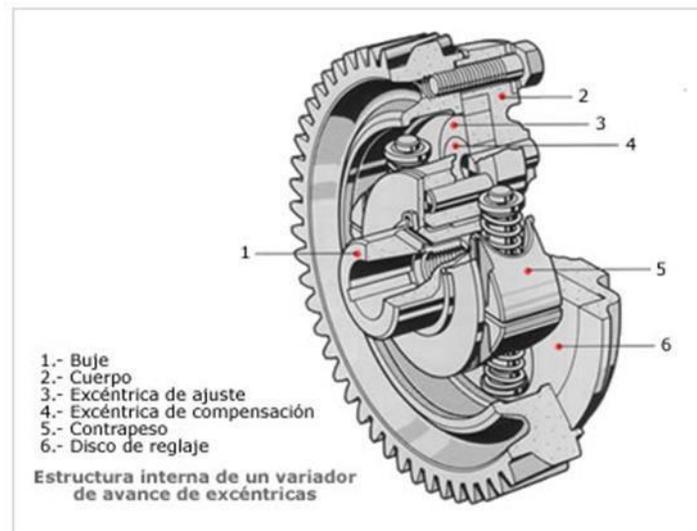


Ilustración 6. Dispositivo centrífugo de avance. *Elmaquinante.blogspot.com*

5.1.5. Regulación de combustible

Esta característica se relaciona con la adecuación del caudal del suministro del combustible aportado a las diferentes condiciones del funcionamiento del motor de tal forma que el funcionamiento del motor sea lo más uniforme posible lo cual se logra con un regulador de velocidad de control mecánico y/o control electrónico.



Ilustración 7. Regulación de combustible. Alibaba

5.1.6. Distribución de combustible

Para lograr un óptimo funcionamiento de un motor y distribuir sus esfuerzos uniformemente el combustible ha de ser entregado en el orden de inyección propio de cada motor para ello se apoyan en dispositivos leva tanto externos como internos, émbolos buzo con diseños específicos o en los sistemas controlados electrónicamente donde esta función ya se gobierna por señales generadas por la unidad de control (Bartsch, 2001) b.

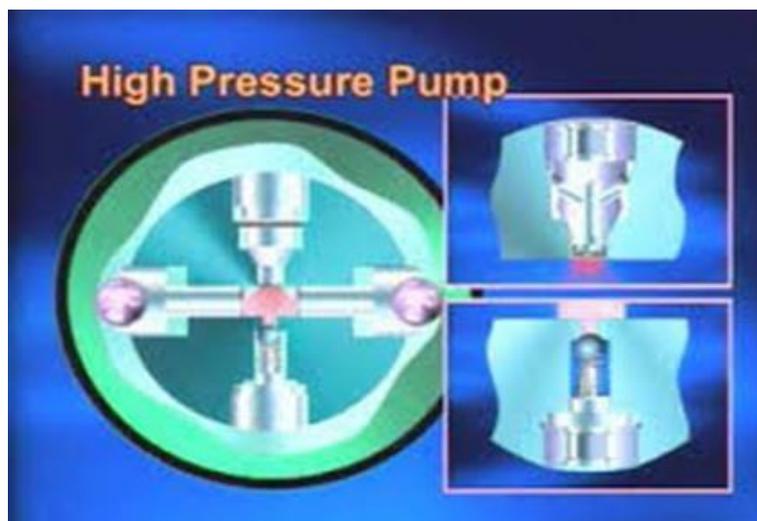


Ilustración 8. Conjunto leva interna y embolo buzo. Ceduc.cl

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

5.1.7. Filtración de combustible

Cualquier sistema de alimentación de combustible en un motor diésel ha de tener un diseño para controlar la cantidad de partículas a nivel de micras, material pesado y agua que se encuentran en el combustible para ello se dispone de un sedimentador de combustible que retiene agua y partículas pesadas y de un filtro de combustible para retener agentes a nivel de micras los cuales minimizan el ciclo de vida de los componentes del sistema de inyección.

5.1.8. Monitor de la temperatura de combustible

Como un motor diésel genera su potencia en función del volumen de combustible aportado, en la actualidad los sistemas de alimentación de combustible vienen equipados en la línea de alimentación con un calentador de combustible ubicado entre el depósito de combustible y la bomba principal; y un enfriador de combustible en la línea de retorno entre la bomba principal y el depósito. La razón de ello es que las variaciones de temperatura del combustible afectan la densidad, y esta la masa para un mismo volumen, y si no se dispone de estos elementos se afectan las prestaciones del motor (Torregosa, Olmeda, & Gutier, 2008)

5.2. CATEGORIZACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN PARA MOTOR DIÉSEL

Las variables a tener en cuenta para la clasificación de un motor diésel pueden ser vistas desde el diseño, el modo de operación, la aplicación entre otros a continuación se hará una descripción adecuada para un claro entendimiento.

5.2.1. Sistemas de inyección con control mecánico

Dentro de estos se encuentran las denominadas bombas de inyección y/o sistemas universales de inyección donde el control electrónico no es protagonista en gran porcentaje, aunque es muy válido aclarar que se pueden encontrar bombas de inyección controladas electrónicamente. En la mayoría de las aplicaciones se conectan a la distribución del motor para tomar de allí la energía mecánica indispensable para su funcionamiento.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

5.2.1.1. Bomba de inyección en línea

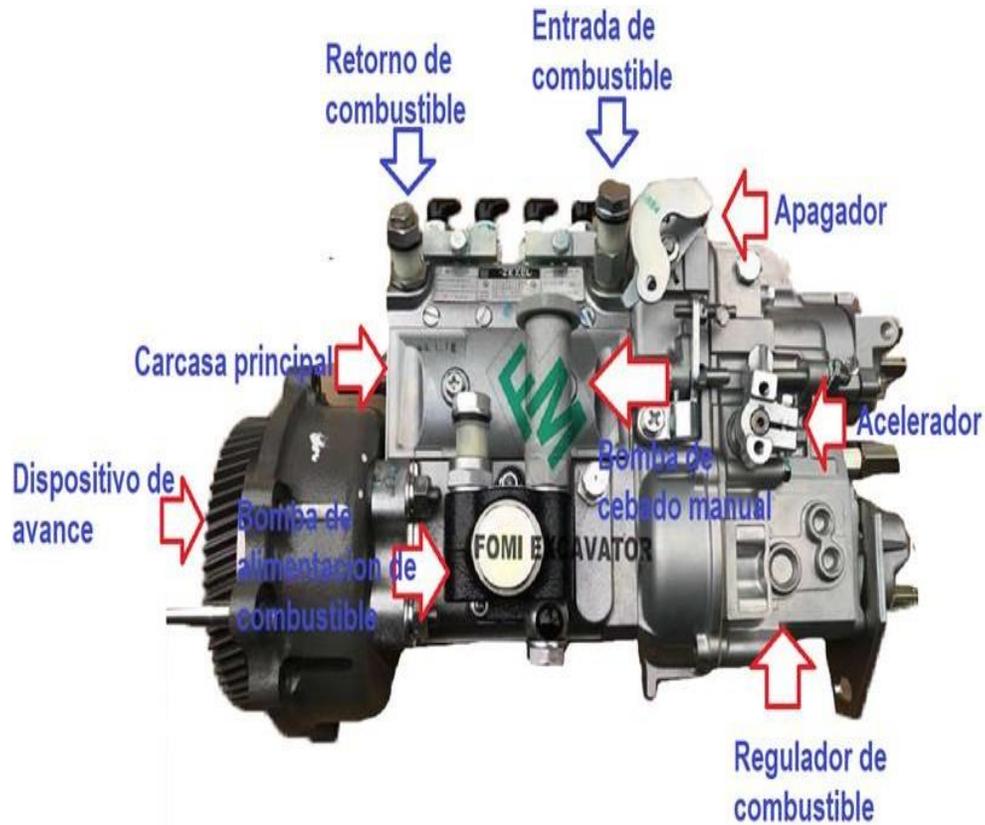


Ilustración 9. Bomba de inyección en línea. Arquitectura automotriz

Se caracterizan por tener el mismo número de émbolos de bombeo que de cilindros de motor en un diseño en línea, para su operación se basa en el movimiento alternativo generado por un eje de levas y el movimiento rotatorio dado por la cremallera de regulación, además para su lubricación y refrigeración utiliza aceite de motor en la parte inferior de la bomba y combustible en la parte superior si bien hoy en día no es muy usada en los modelos de ultima generación aún se encuentra una gran cantidad de modelos con este diseño el cual se caracteriza por su robustez, fiabilidad y longevidad.

5.2.1.2. Bomba de inyección rotativa

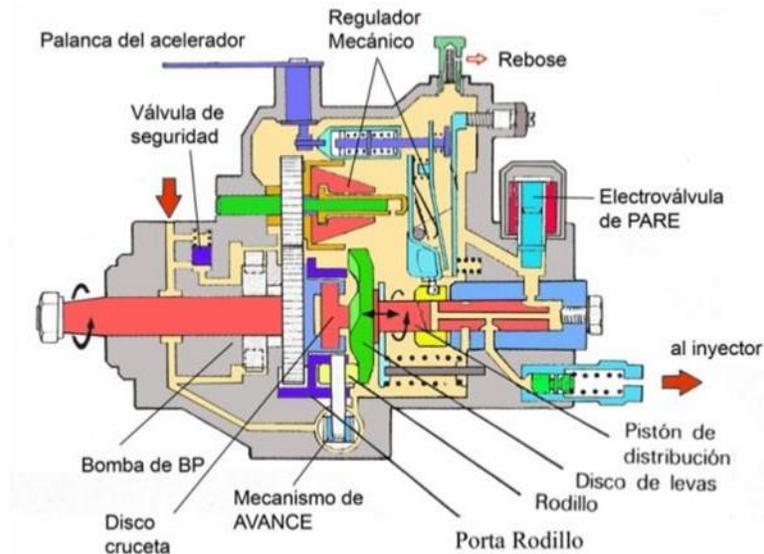


Ilustración 10. Bomba de inyección rotativa VE. Sedicol.blogspot.com

Este proyecto nacido en la década de los años 60 se caracterizó por un menor peso comparado con la bomba lineal y destinado al sector de vehículos del turismo y automóviles para la familia. Se caracteriza por tener un único elemento de bombeo para todos los cilindros del motor y además su lubricación está dado únicamente al combustible del motor.

Entre las marcas más importantes para el desarrollo de este tipo de bomba encontramos a Stanadyne, Lucas CAV, Zexel y Bosch, cabe distinguir dos tipos de bombas rotativas según la disposición de sus elementos de bombeo:

- Bombas de embolo axial. Donde el embolo de bombeo se desplaza en el mismo eje que la bomba, siendo por tanto ambos concéntricos.
- Bombas de embolo radial. Donde el elemento de bombeo está formado por dos, tres o cuatro émbolos dispuestos radialmente, cuyo desplazamiento es perpendicular al eje de giro de la bomba (Pérez M., 2011).

5.2.2. Sistemas de inyección con control electrónico

En estos sistemas las funciones de regulación, dosificación, orden de entrega y parada de motor se controlan mediante una unidad de control en conjunto con sensores que determinan los parámetros de entrada y ordenes de salida para los actuadores.

5.2.2.1. Bomba inyectoras con control electrónico

Parte de una bomba mecánica, tanto lineal como rotativa en la que el control de la dosificación, el regulador y el avance se lleva a cabo por parte de una unidad de control. El resto de los sistemas de bomba, tanto el (los) elemento (s) de bombeo, como el distribuidor rotativo (en las rotativas), el circuito de baja presión etc., permanecen a penas invariables respecto a la bomba mecánica. Se conocen dos tipos de bombas en función del control que efectúan sobre la dosificación.

- Bombas con dosificación electromecánica. Caracterizadas porque la dosificación conserva el dispositivo empleado en la bomba mecánica, pero gobernado por un actuador. Se les denomina bomba Mecánica con EDC (Electronic diésel control) (Bosch GmbH, 2002).
- Bombas con dosificación por electro válvula. En este caso la dosificación queda a cargo de un electro válvula accionada por una corriente de dwell.

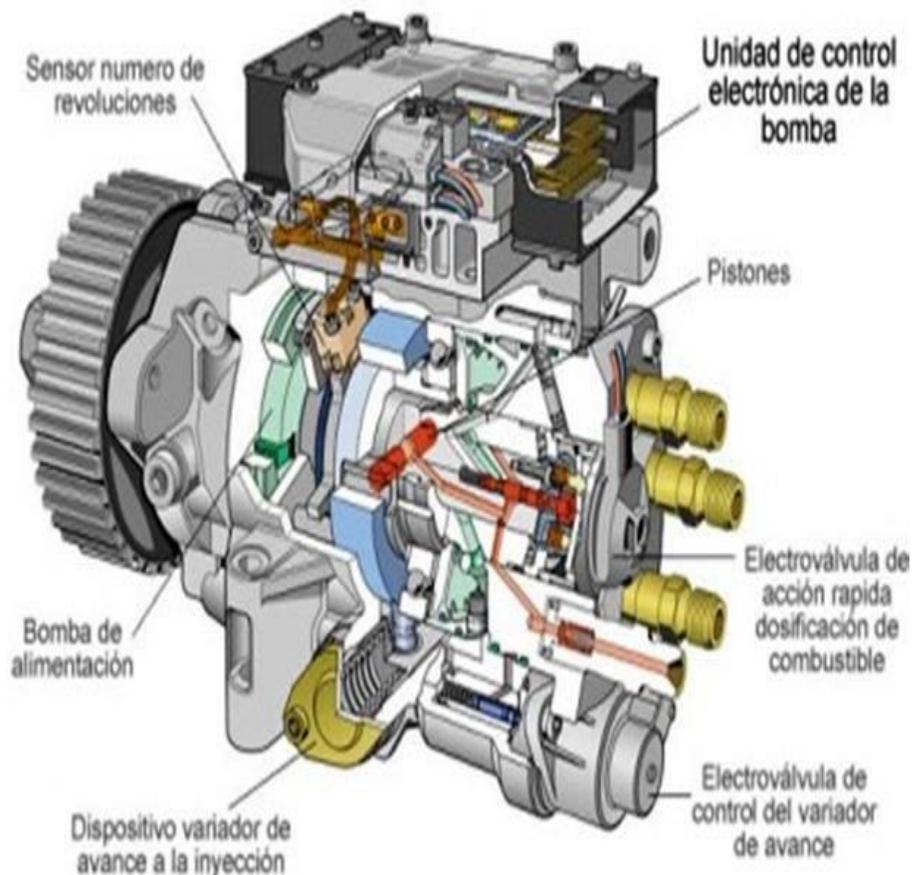


Ilustración 11. Bomba de inyección con dosificación por electroválvula. Autoavance

5.2.2.2. Unidad bomba inyector

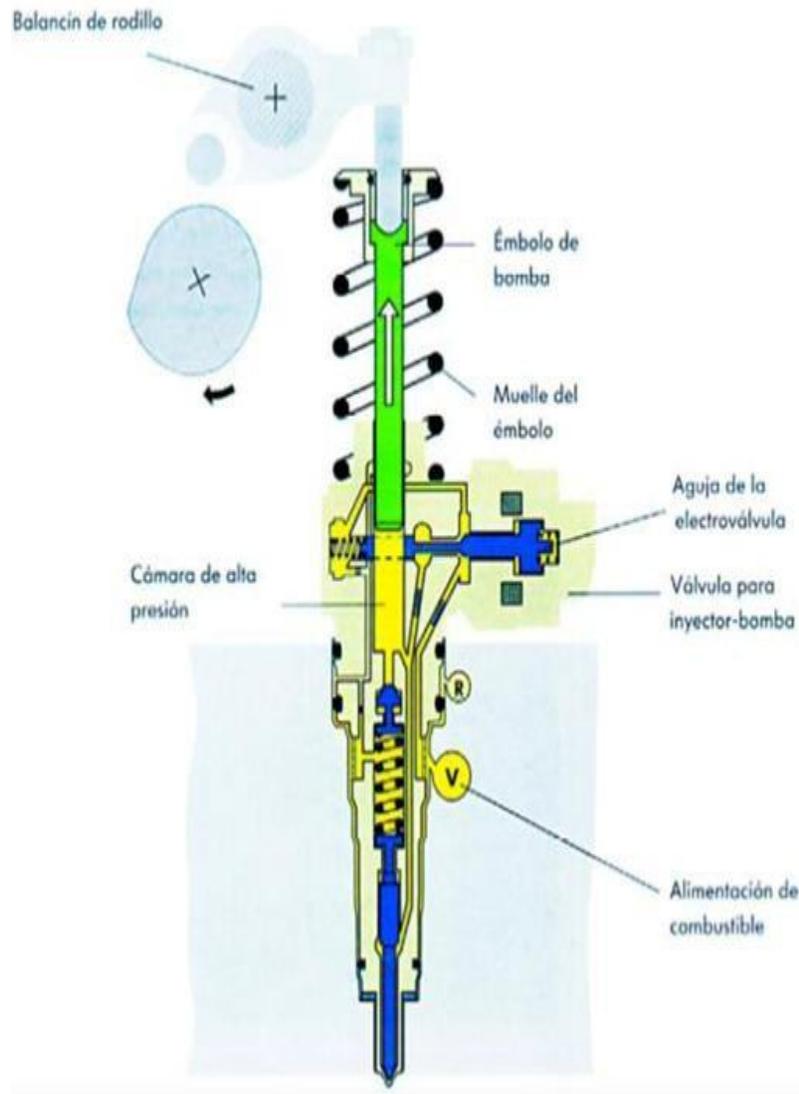


Ilustración 12. Unidad bomba inyector. Talleractual.com

Estos sistemas iniciaron en presentaciones tecnológicas operadas mecánicamente pero su evolución los llevo al control electrónico. Se caracterizan por integrar el elemento de bombeo y la tobera del inyector en un solo conjunto, y de igual manera se asignada un sistema de inyector bomba para cada cilindro del motor, para la generación de presión se utiliza una leva que va integrada al eje de levas del motor y su control del avance a la inyección, así como la dosificación, se llevan a cabo de modo electrónico. Su aplicación está dada en motores de servicio pesado en aplicaciones de transporte de carga, construcción e industria del petróleo entre otras.

5.2.2.3. Unidad bomba tubería inyector

Esquema interno de una unidad bomba-tubería-inyector

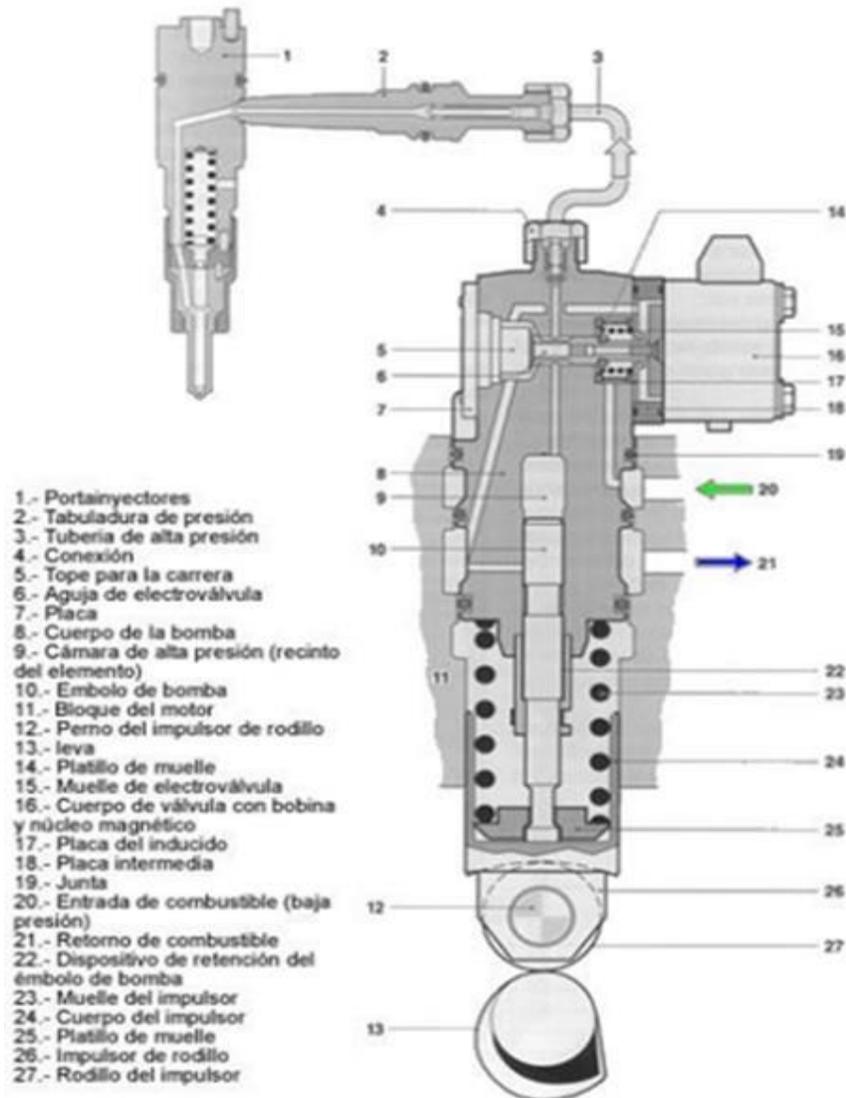


Ilustración 13. Unidad bomba tubería inyector. lopezylopez.com.ar

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Este sistema es muy similar al inyector bomba pero la gran diferencia radica en que se separó el embolo de bombeo de la tobera de inyección, el embolo se opera por medio de una leva ubicada en el eje de levas del motor y la presión generada por este se envía al inyector por medio de una tubería de impulsión. Así mismo cada sistema bomba, tubería, inyector es independiente para cada cilindro del motor y se usa en motores de cilindradas superiores a 10 litros (Pérez M., 2017)

5.2.2.4. Sistema riel común

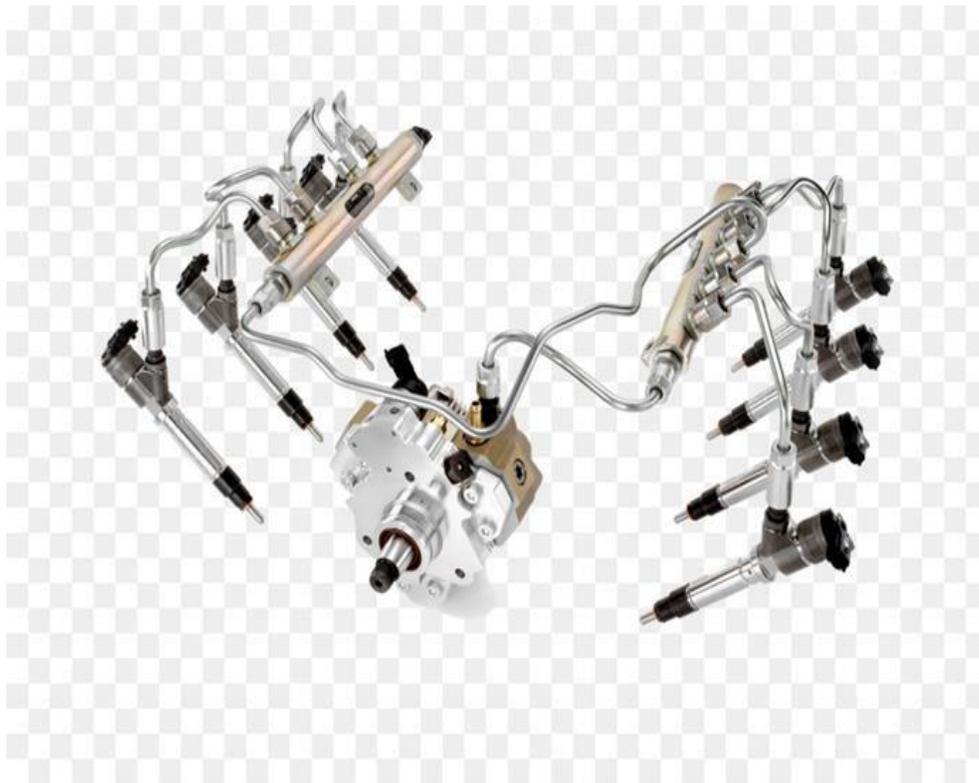


Ilustración 14. Componentes sistema riel común. Freepng.es

Denominado también como sistema riel común, ocupa un alto porcentaje de uso en las motorizaciones diésel, debido a que separa la presión de inyección de las condiciones de funcionamiento del motor, sus componentes principales son la bomba de alta presión, el riel de inyectores y los inyectores, estos últimos pueden ser accionados de manera electromagnética o de manera piezo eléctrica.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

5.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

5.3.1. Bomba principal

Existen actualmente tres tipos de bombas principales; las bombas de inyección que son del tipo lineal y rotativa con control mecánico y / o electrónico, aunque están en desuso aún existen muchas unidades y aplicaciones; también encontramos la unidad inyectora que integra el elemento de bombeo y la tobera en un solo conjunto, se puede encontrar el tipo HEUI (controlada electrónicamente operada hidráulicamente) la cual no usa leva para su operación sino la presión del sistema de lubricación del motor, están también en este mismo orden la unidad inyectora UIS y también la bomba tubería inyector UPS, estas dos últimas operadas por medio de una leva y controladas por la unidad del motor; finalmente esta la bomba de alta presión cuya función primordial es presurizar combustible y almacenarla en un riel, esta es usada en los sistemas denominados riel común.



Ilustración 15. Tipos de bombas principales. Reparacioncommonrail.com

5.3.2. Tuberías de impulsión

Son las encargadas de transportar el combustible a presión desde la bomba principal hacia los inyectores, han de ser robustas, con cierta elasticidad y maleabilidad para adaptarse a las condiciones de funcionamiento en las que se ha de desarrollar su función se fabrican en acero de gran espesor, debiendo poseer todos los tubos la misma longitud. En sus extremos poseen terminales cónicos con los que consiguen una perfecta estanquidad en su unión con el inyector y la bomba.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009



Ilustración 16. Tuberías de impulsión. Motorok.com

5.3.3. Inyectores

Existen dos clasificaciones generales de los sistemas de inyección, por lo tanto:

“Dadas las particularidades de los inyectores empleados en sistemas de conducto común e inyector bomba, su estudio se abordara dentro del contexto que corresponde a dichos sistemas de alimentación” (Pérez M., 2011)

Son los inyectores quienes reciben el combustible a alta presión y son los encargados de inyectarlo y distribuirlo en la cámara de combustión. Así mismo de acuerdo a su presión de apertura son los indicadores primordiales de la presión inicial de inyección. Por otro lado, en lo que se refiere a los inyectores controlados mecánicamente que su conformación está dada por una tobera dentro de la cual se encuentra una aguja que esta sobre su asiento debido a la fuerza que ejerce un muelle antagonista, cuando la presión del combustible generada por el embolo es superior a la tensión de este muelle se levanta la aguja y ocurre la inyección de combustible.

Hay que mencionar, además con respecto a los inyectores controlados electrónicamente por mando electromecánico o activados por piezo electricidad los cuales basan su principio de funcionamiento está en la diferencial de presión entre una cámara de presión ubicada en la tobera y una cámara de control ubicada en la parte superior, el control de esta se hace por medio de una

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

señal de la unidad de control del motor para liberar presión y que ocurra la inyección de combustible (Pérez M., 2017).

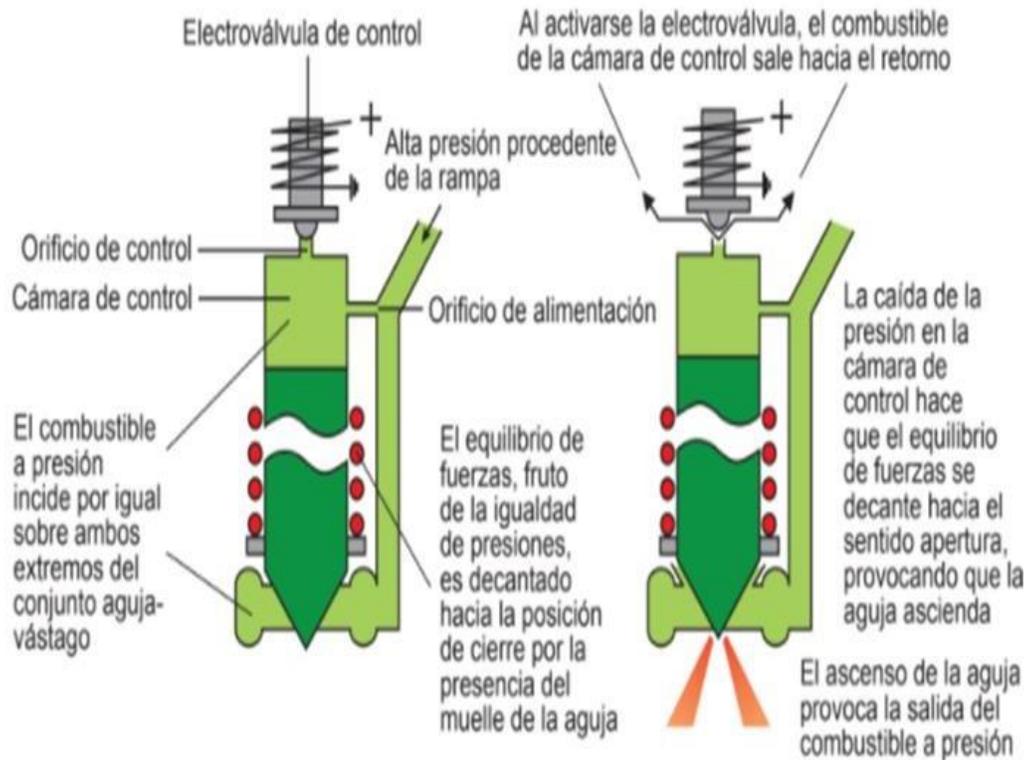


Ilustración 17. Principio de funcionamiento inyector con control electrónico. (Pérez M., 2017)

5.3.4. Toberas de inyector

En función de la disposición y forma de la tobera existen los siguientes tipos:

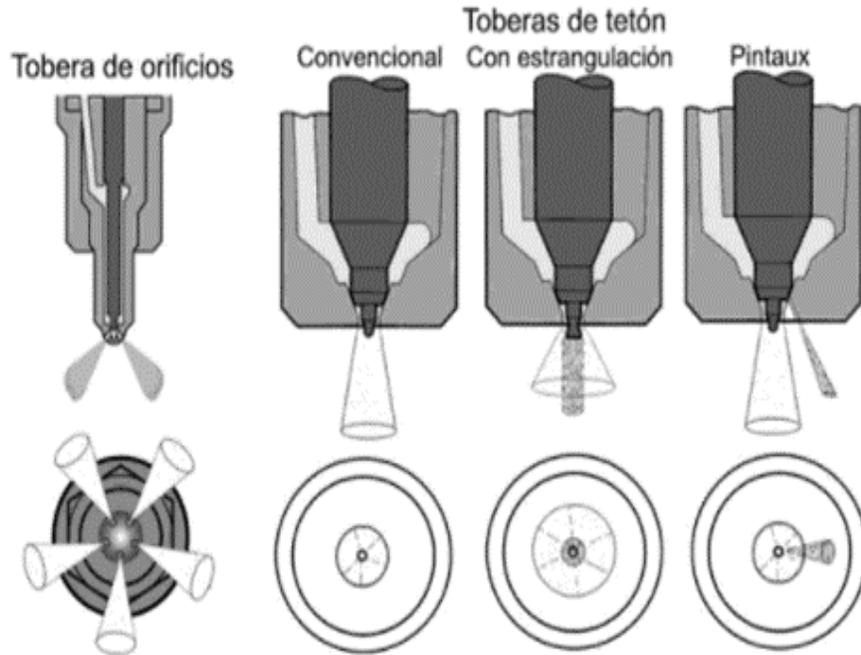


Ilustración 18. Toberas de orificio y tetón. (Alonso, 2014)

- De tetón

Aplicados para motores con cámara de inyección indirecta y de poco uso en los últimos modelos. La punta de la aguja dispone de un resalte, conocida como tetón que proporciona un único chorro, con forma más o menos cónica, según la geometría del citado tetón, disponiendo por tanto de un orificio de salida con un diámetro que oscila entre 1 y 3mm., según aplicaciones. Existen infinidad de variantes en cuanto a la forma del tetón, para así adaptar la geometría del chorro a las particularidades de cada motor pudiendo abarcar una forma más o menos cilíndrica hasta llegar a poseer una gran conicidad (Alonso, 2014).

- De orificios

Aplicados para motores con cámara de inyección directa y de amplio uso en sistemas mecánicos y/o electrónicos. La tobera dispone de múltiples orificios variando su número y disposición en función del motor en que se instale. Dado que el combustible sale muy disperso, a lo que contribuye también el pequeño tamaño de los orificios, de incluso 0,02mm.

- De doble muelle

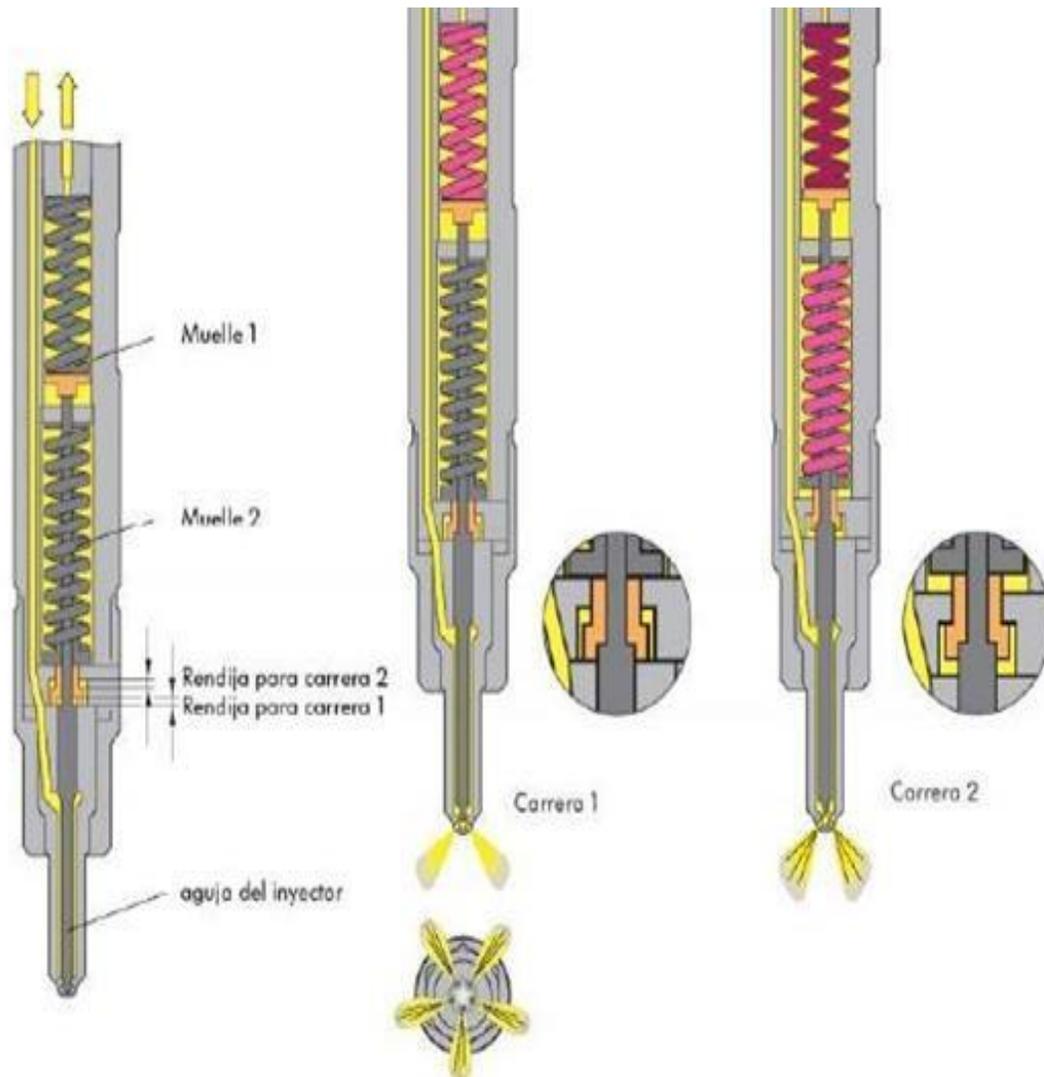


Ilustración 19. fases de operación del inyector bimuelle. (Alonso, 2014)

Usados en motores modernos de inyección directa y en algunos casos a acompañados de una bomba inyectora de control electrónico, dado que disminuyen los valores máximos de presión, suavizando la combustión. Su tecnología es de un inyector controlado mecánicamente que dispone de dos muelles para lograr una inyección en dos fases, en la primera fase se alcanza una presión aproximada de 10 bares y en la segunda fase 250 bares aproximadamente.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

6. LEGISLACION SOBRE GASES DE ESCAPE Y DIAGNOSTICO

6.1. COMBUSTIBLE

Es de uso común para los motores alternativos los combustibles líquidos y gaseosos de origen fósil. La gasolina y el diésel son la base de los denominados biocombustibles de amplia aplicación y consumo actualmente. Son de fácil almacenamiento y detentan una gran densidad energética dando frutos de autonomía y cumplimiento de las funciones a los motores de combustión interna. En razón de la legislación y las normativas relacionadas con las emisiones se ha abierto una puerta para las mejoras en los sistemas de combustión y postratamiento de gases cada vez más pulcro y eficaz, esto también ha arrastrado a la industria petrolera en la carrera tecnológica para lograr emisiones aun menores (Lapuerta & Hernández, 2011).

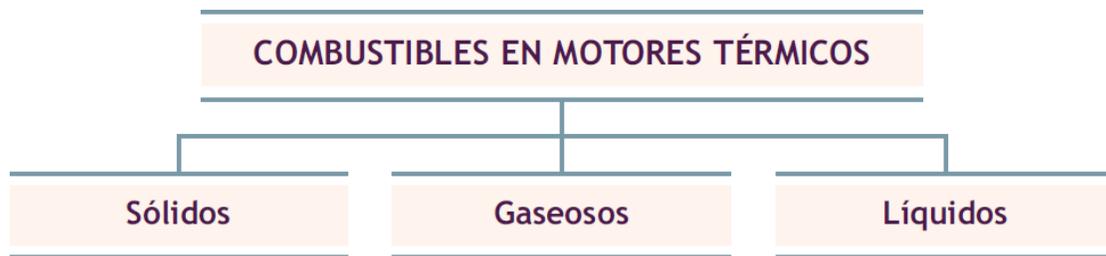


Ilustración 20. Clasificación de los combustibles según su estado físico. (Sánchez, 2009)

Los motores de combustión interna del tipo MEC son usados en varios sectores y uno de los sectores donde tiene más incidencia es el sector transporte:

El sector transporte (donde el peso de los MCIA es más importante) destaca por su importante contribución a las emisiones de efecto invernadero, y, sin embargo, dado que sus emisiones son difusas (no localizables) difícilmente puede contribuir económicamente a través de ninguno de los mecanismos puestos en marcha a raíz del Protocolo de Kioto de 1997. Por el contrario, es el sector que más esfuerzos ha realizado por reducir emisiones y consumos (Lapuerta & Hernández, 2011).

Los combustibles se definen como sustancias capaces de reaccionar exotérmicamente con el oxígeno transformando la energía química en térmica. Su tipología se divide en sólidos, líquidos y gaseosos.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Los combustibles líquidos se caracterizan por su gran densidad energética capacidad de proporcionar autonomía, y seguridad de manejo. De otro lado requiere sistemas que facilite la evaporación y la mezcla con el oxidante.

Los combustibles gaseosos tienen una alta suficiencia para mezclarse homogéneamente y para quemarse con reducidas emisiones. Sin embargo, no son fáciles de almacenar y no es factible el transporte en largos recorridos (Ordoñez, 2009).

6.1.1. Propiedades fisicoquímicas de los combustibles

- Densidad. Definida como la masa por unidad de volumen de un fluido, en algunos casos depende ligeramente de la presión y en mayor medida de la temperatura. Los sistemas de inyección de combustible en los motores son volumétricos. La inyección tiene lugar bajo variables de presión y temperaturas mayores que la atmosférica, así hay que considerar las variaciones de densidad del combustible en el diseño del sistema de inyección.
- Viscosidad y lubricidad. Al considerar esta variable en un combustible la viscosidad debe ser lo suficientemente baja para poder circular por los circuitos de alimentación sin excesivas pérdidas de carga y en el caso de los sistemas de inyección diésel lo suficientemente alta para cumplir con unos requerimientos de lubricación. si bien la viscosidad y la lubricidad están relacionadas, son diferentes ya que la primera es una propiedad reologica mientras la segunda es tribológica.
- Inflamabilidad. Está asociada al comportamiento de un combustible frente a la combustión o durante esta. De esta característica se destacan los límites de inflamabilidad de orden superior e inferior relacionados con la mezcla combustible, al igual la temperatura de inflamabilidad definida como la mínima temperatura a la que existe peligro de inflamación de un combustible, se anexa a los anteriores la temperatura de inflamación definida como la mínima temperatura en la que un combustible se auto inflama al entrar en contacto con el aire y finalmente el número de cetano la cual está relacionada con el tiempo de retraso de un motor diésel (periodo transcurrido desde el comienzo de la inyección hasta el de la combustión) y por tanto una medida de calidad de autoencendido de los gasóleos (Pérez M. , 2011).
- Volatilidad. Descrita como la tendencia de un combustible líquido a evaporarse en unas determinadas condiciones. Así cuanto menor es la temperatura de ebullición más volátil es el combustible por ende la mayoría de los combustibles no tiene punto de ebullición fijo.

6.1.2. Normativas y directiva

Para parámetros como el consumo de combustible están establecidas directivas y normas de calidad. Las primeras delimitan el contexto en que deben ejecutarse las normas de calidad, estrategias de promoción, teniendo en cuenta incentivos fiscales y dictaminando acciones de

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

cumplimiento impuesto además de objetivos estadísticos en relación al consumo y producción. Relacionado a lo anterior, las normas de calidad deben tener una apariencia legal y vinculante, determinando los límites de las propiedades de los combustibles (Rovira & Muñoz, 2015). Para el caso de Europa las directivas están alineadas en la sustitución de combustibles fósiles y la sostenibilidad de los bio combustibles. Como entes reguladores está el Consejo, el Parlamento y la Comisión europea. En relación a esto se han emitido requisitos de niveles de emisiones de gases de efecto invernadero en un 35% inferiores a las de combustible fósiles, lo anterior acompañado de un calendario de proyección de cifras en el futuro.

En lo referente a las normas de calidad en el viejo continente la intensión se direcciona hacia los combustibles que pueden utilizarse en los motores de combustión interna. Periódicamente se realizan revisiones que actualizan sus límites y de adoptan en función de la evolución tecnológica de los motores soportado con fechas de aprobación. Las revisiones están bajo el liderazgo del Comité Europeo de Normalización, que está integrado por miembros de los comités de los países miembros (Bosch, 2005).

Se hace valido agregar como caso la directiva UE 2016/802 del parlamento europeo del consejo del 11 de mayo de 2016 donde se hace un enfoque hacia la reducción del contenido de azufre de determinados combustibles líquidos y aminorar así los efectos nocivos de dichas emisiones para el hombre y el medio ambiente (Diario Oficial de la unión Europea, 2016)

6.1.3. Emisiones contaminantes

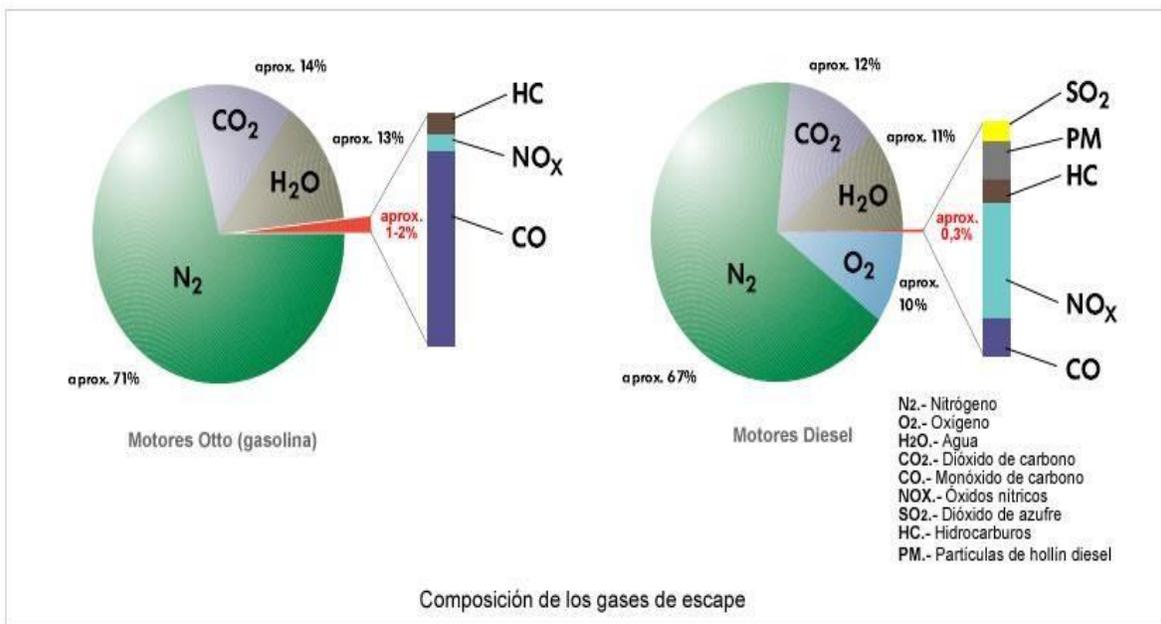


Ilustración 21. Composición de los gases de escape. *Bolog.centralderecambios.com*

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

En la combustión ocurrida en los motores de combustión interna ya sea del tipo MEP (motor de encendido provocado) o del tipo MEC (motor de encendido por compresión) se forman gases cuyo impacto puede estar direccionado hacia la salud y/o al medio ambiente (Pérez M., 2017).

6.1.3.1. Productos de la combustión

La combustión completa se da sin reacciones secundarias indeseables dando como resultado solo agua (H₂O) y dióxido de carbono (CO₂). Por otro lado, entendiendo que la combustión no es un proceso con entorno ideal debido a la composición del combustible entre otros, esto da como resultado además del agua y el dióxido de carbono otros componentes secundarios nocivos:

- Hidrocarburos no quemados. C_n, H_m (parafinas, oleofinas, compuestos aromáticos).
- Hidrocarburos quemados parcialmente: C_nH_m. CHO (aldehídos), CO (cetonas), COOH (ácidos de carbono), CO (monóxido de carbono).
- Productos térmicos de craqueo, así como productos derivados: C₂H₂(acetileno), C₂H₄ (etileno), H₂ (hidrogeno), C (hollín) e hidrocarburos policíclicos (Bosch, 2005).

Los productos derivados de la combustión están relacionados con una pequeña parte de nitrógeno (N₂) el cual se encuentra en el aire de admisión y que reacciona a altas temperaturas de combustión, con el oxígeno (O₂), dando ello como resultado monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂), designados en forma general como óxido de nitrógeno. De igual manera se da la formación de óxidos de azufre, debido al azufre contenido en el combustible.

6.1.3.2. Propiedades de los componentes de los gases de escape

Los gases de escape están constituidos por componentes principales no venenosos (nitrógeno, vapor de agua, dióxido de carbono y oxígeno en motores diésel).

En la naturaleza se encuentra el dióxido de carbono y en relación a la emisión de gases de escape no se clasifica como sustancia nociva. Aun así, las cosas este es señalado como uno de los detonantes del efecto invernadero y el cambio climático global (Rovira & Muñoz, 2015). La cantidad de dióxido de carbono desatado es directamente proporcional al consumo de combustible. Debido a ello las medidas para reducir el consumo de combustible son cada vez más importantes.

En relación a los componentes complementarios es válido nombrar que dependen en gran parte del estado de funcionamiento del motor, tanto así que en el motor Otto están alrededor del 1% de la cantidad de total de gases de escape, y en los motores diésel la composición de los gases de escape depende del exceso de aire. A continuación, se realiza una descripción de las propiedades de los principales gases de escape.

- Monóxido de carbono (CO). Es un gas incoloro, inodoro, e insípido.

Afectando en los seres humanos la capacidad de absorción de oxígeno en la sangre y por consiguiente induciendo a un envenenamiento.

- Hidrocarburos (HC). Los hidrocarburos como los alcanos, alquenos y

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Alquinos son prácticamente inodoros. Si su presencia es permanente se convierten en agentes altamente cancerígenos. Por otro lado, los hidrocarburos semi oxidantes como los aldehídos y cetonas tienen un olor desagradable y bajo efecto del sol productos derivados que se convierten en cancerígenos.

- Óxidos de nitrógeno (NOX). De propiedad incoloro, inodoro e insípido para convertirse en la atmósfera en dióxido de nitrógeno (NO₂). En su forma más pura el NO₂ es venenoso de color marrón rojizo y olor penetrante, con lo cual en altas cantidades afecta las fosas nasales.

Estos son señalados como uno de los agentes más causantes de daños forestales en razón a su contribución a la lluvia ácida y, junto con los hidrocarburos contribuyen enormemente a la formación de la niebla contaminante (smog).

- Oxidantes. En un entorno de la luz solar y a partir de los hidrocarburos Óxidos de nitrógeno los más reconocidos son: peróxidos orgánicos, ozono y peroxiacilnitrato.

- Partículas. Su génesis principal está en los gases de escape emitidos por el motor diésel. Estas materias sólidas en formas de partículas son derivadas en atención al proceso de combustión y al estado del motor. Las partículas están concentradas en el hollín productos de hidrocarburos no quemados o quemados parcialmente sin desconocer los aerosoles de combustible y aceite lubricante que se encuentran distribuidas muy finamente en los gases de escape

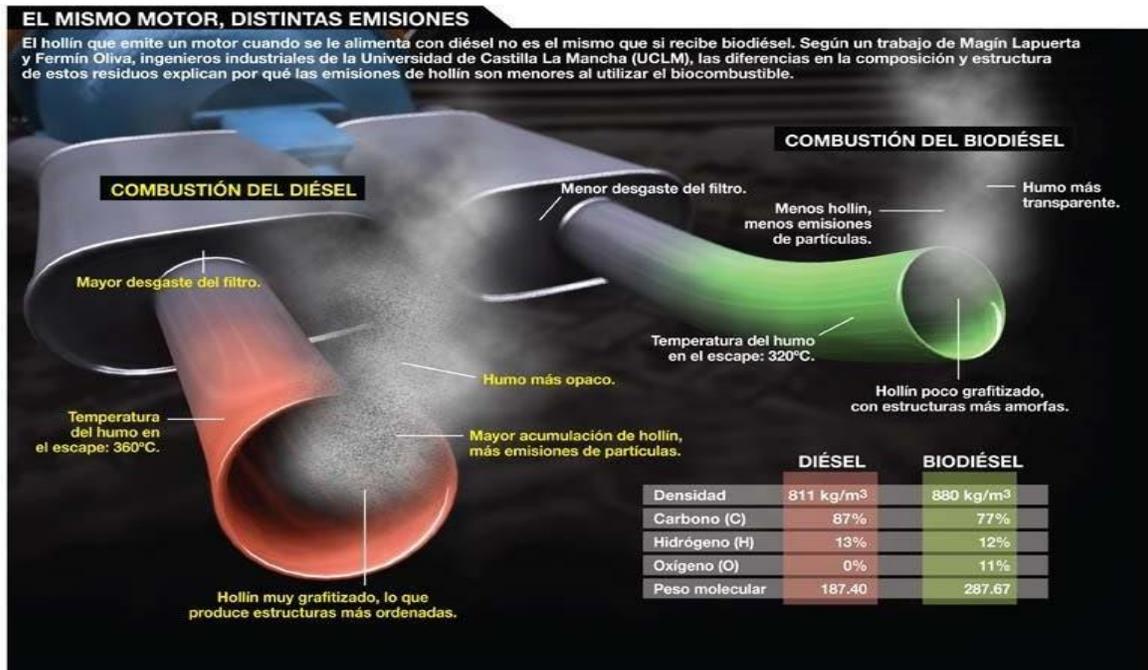


Ilustración 22. Composición del hollín. Híbridos y electricos.com

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

6.1.4. Postratamiento de gases de escape

Las emisiones contaminantes más características de los motores encendidos por compresión o motores diésel son lo NOX y las partículas. En función de lo anterior la mayor parte de los planteamientos van direccionados a minimizar temperaturas de llama, tiempos de residencia y a perfeccionar la formación del chorro de inyección en la cámara de combustión.

Teniendo en cuenta como punto de partida de lo anterior se realiza a continuación una descripción de las tecnologías más aplicadas para la disminución de emisiones de escape en los motores diésel.

- Cámara de combustión. La cámara más utilizada en los motores diésel es la que esta tallada en la corona del pistón que se denomina cámara de inyección directa. El hecho de realizar este maquinado en la corona del pistón favorece la turbulencia y la interacción entre el chorro y los patrones de flujo del aire en la fase de combustión. Así mismo la posición centrada de la cámara la cual puede ser concéntrica o descentrada y la ubicación del inyector que puede ser de diseño diagonal o paralelo permiten mejorar de manera considerable el proceso de la combustión (Armas & Casanova, 2011).

- Sistema de inyección. El proceso de la combustión está basado en gran parte a las características del chorro de combustible, entendiéndose que este como resultado final incide en las emisiones. Así las cosas, a mayor presión de inyección más fina Atomización mejor proceso de mezcla y evaporación dando como resultado una aceleración de la combustión y una disminución en la formación de hollín, pero como efecto adverso un incremento en las emisiones de NOX. Además, hay que mencionar que el modificar la inyección en adelanto o atraso afecta la densidad del ambiente sobre el que se inyecta y trae consecuencias en la penetración del chorro y la evaporación de la cantidad de aire inyectada durante el tiempo de retraso dando como resultado una elevación de presión en el cilindro y temperaturas de la llama con el consiguiente efecto sobre los NOX, los humos y el consumo (Rovira & Muñoz, 2015).

Se hace trascendental para minimizar los impactos anteriormente descritos la aplicación del control electrónico:

El control electrónico a partir de sensores de variables del motor para ajustar el punto, la presión y de ley de inyección y otras variables del motor como la sobrealimentación, es fundamental para precisar en cada condición operativa de un motor los valores más adecuados para bajas emisiones (Armas & Casanova, 2011).

Finalmente, el inyector y su diseño es una variable a considerar ya que este incide significativamente las emisiones de HC. Para minimizar este efecto los desarrollos de ingeniería presentan hoy en día toberas de inyectores con un asentamiento y hermeticidad de gran capacidad

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

para minimizar los goteos que contribuyen a las emisiones anteriormente nombradas (Bosch, 2005).

- Recirculación de gases de escape. La EGR llamada en los motores diésel es una aplicación que se realiza normalmente en motores sobrealimentados donde tiene aplicaciones de baja o alta presión tomando siempre como punto de partida la turbina del turbocompresor. La EGR incide en el aumento de las emisiones del material particulado e hidrocarburos en escenarios de alta carga además el funcionamiento continuo y periódico de este dispositivo aporta al ensuciamiento (presencia excesiva de hollín) en el sistema de admisión de aire (Sánchez, 2009).

- Enfriamiento del aire de admisión. Toda esta tecnología apunta a la considerable disminución de los NOX, para ello se dispone de diseños de enfriadores del aire de admisión afectando finalmente la temperatura de la combustión. Se conocen enfriadores del tipo aire-aire denominados comercialmente intercooler en los cuales por la parte interna del mismo para el aire comprimido por el turbo y por el exterior el aire del medio ambiente inducido por velocidad del desplazamiento del vehículo o de un electro ventilador, también se encuentra el del tipo aire-refrigerante denominado watercooler donde el aire comprimido por el turbo alimentador es enfriado por el refrigerante del motor, en los últimos diseños de este modelo se cuenta con un sistema de refrigeración independiente para lograr temperaturas menores a las que se lograrían usando el sistema de refrigeración del motor (Bartsch, 2001).



Ilustración 23. Enfriador de aire del tipo aire-aire. hfperformance.com.ar

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

- Combustión a baja temperatura. Este adelanto denominado LTC: Low Temperatura Combustión tiene como fundamento aumentar la cantidad de combustible que se quema en la etapa premezclada evitando la formación de hollín en conjunto con la EGR aportando así de manera definitiva a la disminución de la formación de los óxidos de nitroso. Esto ha sido aplicado actualmente con el control electrónico y la posibilidad de tener preinyección, inyección principal y postinyecciones en los motores diésel, fenómeno tecnológico de uso común para los sistemas de inyección riel común y unidades inyectoras.

6.1.4.1. Conceptos generales.

Los elementos para el post tratamiento de emisiones de escape se diseñan y se alojan en el sistema de escape con el objeto de convertir y/o filtrar las sustancias contaminantes antes de enviarlas al medio ambiente (Conde, 2014) . Su principio de funcionamiento puede estar basado en la activación de reacciones químicas, como la oxidación, y la reducción, además también tratan de impedir la salida de ciertos componentes del escape acumulándolos y reteniéndolos por vía química o vía física durante cortos periodos (filtros de partículas).



Ilustración 24. Filtro de partículas diésel. Autoavance.co

6.1.4.2. Clasificación de los sistemas de tratamiento de gases

Esta clasificación para motores de combustión interna está dada sobre la base de cinco grupos según su principio de funcionamiento:

- Reactores térmicos. Se fundamentan en la combustión a alta temperatura de los productos susceptibles a oxidación. Nacidos en los años 60 pero en la actualidad de muy poco uso, ya que son de costo elevado. Tiene por objeto oxidar el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC). Para lograr un excelente funcionamiento se debe estar en entornos por encima de 850° C lo cual invita a que su instalación este muy cerca del motor, pero también si no

está en las condiciones ideales de trabajo y funcionamiento contribuye a la emisión de óxido de nitrógeno (Sosa, Gallego, & García, 2015)

- Reactores catalíticos. Llamados también catalizadores o conversores catalíticos, los cuales aceleran las reacciones de oxidación o reducción que no han alcanzado el equilibrio químico a la temperatura de los gases a la salida del cilindro. Al tener una sustancia catalizadora su rendimiento es mayor y funciona a menores temperaturas que los reactores térmicos.

Esquema de la funcionalidad del **Convertidor Catalítico**

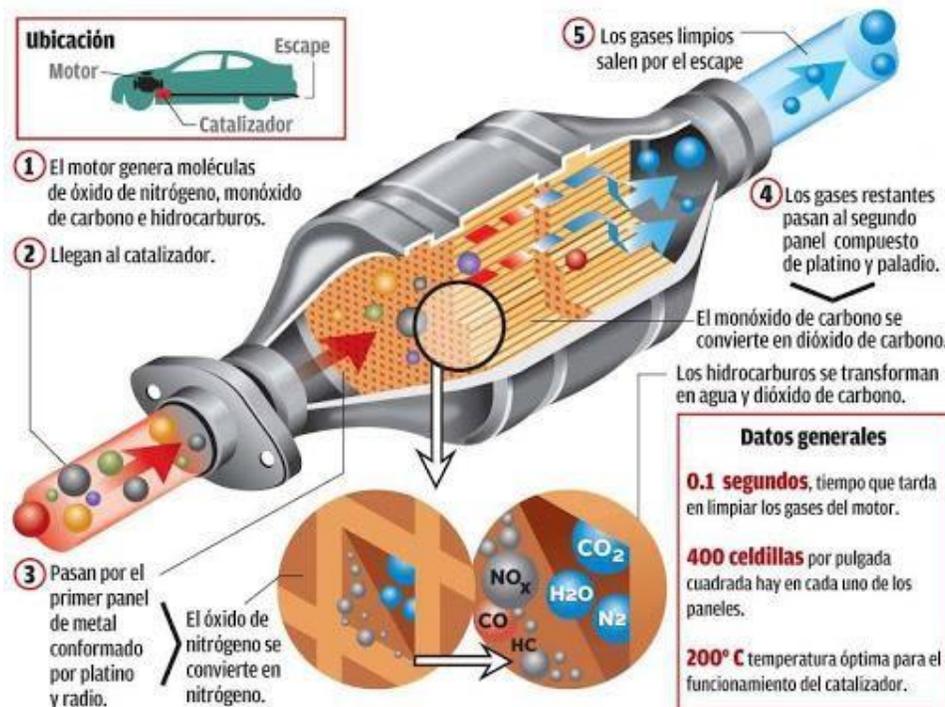


Ilustración 25. Convertidor catalítico. Dicamotors.com

se compone de tres elementos, primero está el soporte donde se encuentran las sustancias activas y debe ser diseñado para soportar altas temperaturas (1000°C) y flujos pulsatorios además de una vida útil superior a las 3000 horas. El tamaño del catalizador se determina en función del caudal de los gases del motor. Estas bases son de monolito cerámico o matriz metálica las cuales se conforman de múltiples celdillas cuadradas, algunas veces también pueden ser triangulares o hexagonales, estas celdillas están en una densidad de 60 celdillas por centímetro cuadrado. Cuando el soporte es metálico está constituido por láminas de acero corrugado intercalado con láminas planas. El peso del soporte metálico es mayor al de su similar cerámico; como segundo componente está el recubrimiento el cual es de óxidos inorgánicos (óxido de aluminio en catalizadores de tres vías) con poros cuyo tamaño mínimo es inferior a 1nm, en algunos casos este

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

va acompañado de óxido de cerio y aditivos como níquel, zirconio o hierro. Su función principal es incrementar la superficie de contacto del gas de escape con los sitios activos; como tercer y último componente está el catalizador propiamente dicho que está constituido fundamentalmente por metales preciosos como el platino (Pt), paladio (Pd) o rodio (Rh) (Rovira & Muñoz, 2015).

En función de la composición del gas de escape, función a su vez del dosado de la mezcla y de la posibilidad de inyección de aire, un catalizador será:

De oxidación: es activo frente al CO y los HC. Se utiliza cuando existe oxígeno suficiente en el gas, bien por proceder de combustión de mezcla pobre o bien realizando una inyección de aguas arriba y en algunos casos frente a las partículas.

De reducción: es activo frente a los NO_x y se utiliza cuando el gas proviene de una mezcla rica, no contiene oxígeno, pero si agentes reductores como CO y H₂.

De tres vías: es activo frente a los tres tipos de gas (CO, HC y NO_x) y se utiliza si el gas proviene de una mezcla estequiometrica (Sosa, Gallego, & García, 2015).

- Reactores químicos. Su gama de acción está fundamentada en la disminución de productos de la combustión mediante reacciones químicas en los gases de escape. De uso mayoritario en la actualidad son los sistemas de reducción catalítica selectiva SCR (Selective Catalytic Reduction) para disminuir los óxidos de nitrógeno en el escape. Esta tecnología ha sido usada desde la década de los años 80 con inyección de amoníaco. Debido a la toxicidad y el riesgo asociado al uso del amoníaco en el vehículo se utiliza una solución de urea que permite generar el amoníaco necesario en un catalizador de hidrolisis. La urea se inyecta casi siempre en una solución acuosa al 30-40%, es un compuesto no toxico biodegradable y de bajo costo. (Rovira & Muñoz, 2015).

SCR SYSTEM

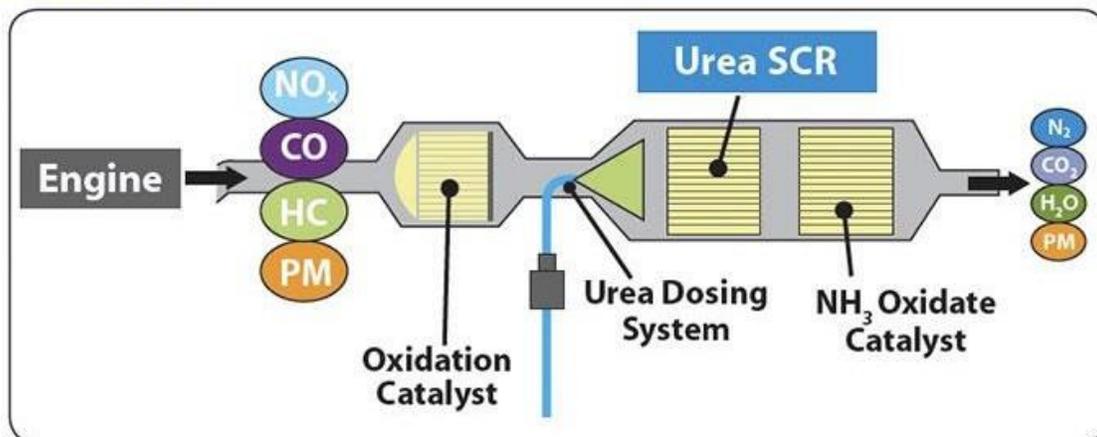


Ilustración 26. Sistema SCR. Tomorrowstechnician.com

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

- Filtros químicos. Este desarrollo incluye almacenar los óxidos de nitrógeno durante condiciones de operación habituales con mezcla pobre, para liberarlos posteriormente en condiciones de mezcla rica. Es similar a un catalizador de tres vías constructivamente hablando, con óxido, hidróxido o carbonato de un metal alcalino como el bario en el recubrimiento. Cuando el motor funciona el NO se convierte a NO₂ u este es absorbido en forma de un nitrato en un óxido metálico alcalino (Armas & Casanova, 2011).

Como efecto contrario de este desarrollo es que si el combustible contiene azufre puede ocasionar daños en el sistema: por ejemplo, si el combustible es superior en 40 ppm de azufre desactiva el sistema en unas 100 horas.

- Filtros de partículas. Uno de los principales contaminantes en los motores diésel son las partículas (PM: *Particulate Matter*) que están compuestas de hollín, hidrocarburos, sulfatos, agua y una pequeña cantidad de cenizas (Conde, 2014). La denominación más usada en la actualidad para los motores diésel que usan esta tecnología es DPF: *Diésel Particulate Filter*. El diseño más usado de DPF es el filtro del tipo *Wall flow*:

consisten en una estructura monolítica de material cerámico, conformada por extrusión y con sección cilíndrica u ovalada, con un gran número de canales paralelos de reducida sección transversal, típicamente cuadrada, que atraviesan longitudinalmente el monolito. Los canales tienen sus extremos sellados alternativamente, de manera que el flujo de gas de escape es obligado a atravesar la pared porosa del monolito, actuando de medio filtrante (Armas & Casanova, 2011).

Para un apropiado desempeño del DPF existe una estrategia denominada regeneración. Esta se debe en relación a la colmatación por partículas retenidas, lo que provoca un aumento de la restricción al paso del gas de escape, creciendo la contrapresión en el conducto de escape y, en consecuencia, afectando el proceso de renovación de gases e incrementando el consumo de combustible. En función del método las técnicas de regeneración se pueden clasificar en: regeneración activa la cual se basa en lograr, en momentos puntuales de funcionamiento la temperatura mínima del hollín mediante un aporte energético adicional; esta también la regeneración pasiva el cual se enfoca en la disminución de la temperatura de inicio de la reacción de oxidación del hollín, permitiendo de este modo la auto oxidación del hollín mediante un modo normal de trabajo del motor con baja temperatura de escape y finalmente la regeneración activo pasivo la cual consiste en la combinación de las dos anteriores para lograr un control más preciso y con el menor consumo de combustible posible (Sosa, Gallego, & García, 2015).

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

7. LEGISLACION SOBRE GASES DE ESCAPE

La continua y renovada preocupación social por los alcances al medio ambiente en el uso de los motores de combustión interna ha dado como consecuencia la elaboración y aprobación de un sin número de normativa y legislaciones en los escenarios locales, regionales, nacionales e internacionales que ponen limite a la cantidad de contaminantes que los motores pueden emitir a la atmosfera.

Como aspecto a tener en cuenta el reto principal está en la normalización o estandarización de los procedimientos de medición y en el valor de los limites propuestos y/o impuestos. La medición de emisiones contaminantes debe hacerse en diferentes condiciones de utilización del motor ya que cada uno tiene su propia potencia que afecta el caudal de emisión (Sosa, Gallego, & García, 2015).

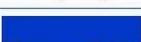
Los ensayos de motores para medir sus emisiones pueden medirse de dos formas:

- Ensayos estacionarios. Se lleva el motor a una condición de par motor estable donde su régimen de giro sea constante y se mide la concentración de emisiones y el caudal de gases
- Ensayos dinámicos. En esta condición el motor se mantiene variable en cuanto a carga y régimen de giro.

En los países con normativa en materia de gases de escape para automóviles, existe una sub división de los vehículos en diferentes clases:

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Tabla 1. Categorías de vehículos. Autoesceulogo.com

Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.		
M ₁		Vehículos de ocho plazas como máximo (excluida la del conductor) diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
M ₂		Vehículos con más de ocho plazas (excluida la del conductor) cuya masa máxima no supere las 5 toneladas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
M ₃		Vehículos con más de ocho plazas (excluida la del conductor) cuya masa máxima supere las 5 toneladas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
M	 Especial	Vehículo destinado a desempeñar una función que requiera disposiciones especiales de la carrocería o del equipo. Esta categoría incluirá los vehículos accesibles en silla de ruedas, autocaravana, blindado, grúa móvil y otros.
N Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.		
N ₁		Vehículos cuya masa máxima no supere las 3,5 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.
N ₂		Vehículos cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas e inferior a 12 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.
N ₃		Vehículos cuya masa máxima supere las 12 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.
O Remolques (incluidos semi-remolques).		
O ₁		Remolques con una masa máxima que no supere las 0,75 toneladas.
O ₂		Remolques cuya masa máxima sea superior a 0,75 toneladas e inferior a 3,5 toneladas.
O ₃		Remolques cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas e inferior a 10 toneladas.
O ₄		Remolques cuya masa máxima supere las 10 toneladas.

- Turismos. La revisión se hace en un banco de pruebas de rodillos para vehículos.
- Vehículos industriales ligeros. Se encuentran en un límite superior de peso total, entre 3,5 y 3,8t. la verificación se hace en un banco de pruebas de rodillos para vehículos
- Vehículos industriales pesados. Su peso total admisible es superior a 3,5-3,8t de igual manera la verificación se realiza en un banco de pruebas para motores.
- Fuera de carretera. (construcción, agricultura, minería): esta comprobación en un banco de prueba para motores como en vehículos industriales pesados (Rovira & Muñoz, 2015)

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7.1. Normatividad CARB (turismo/LDT)

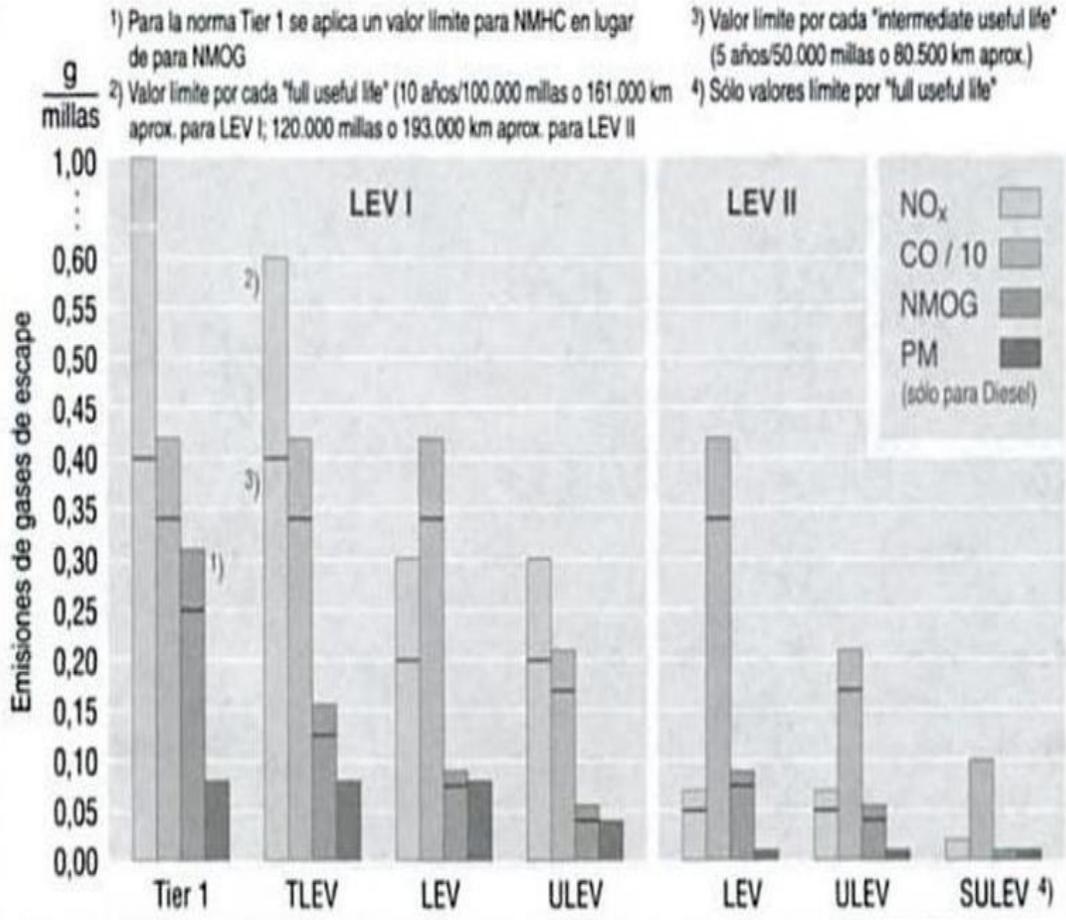


Ilustración 27. Categoría gases de escape Carb. Bosch

Los límites están establecidos en las normas de escape LEV I y LEV II. La norma LEV I abarca los vehículos turismo y vehículos industriales ligeros de hasta 6000 lbs de peso total admisible comprendidos entre los años 1994 a 2003. A partir del año 2004 se vuelve vigente la norma LEV II que es obligatorio para todos los vehículos nuevos desde ese año con un peso total admisible hasta 8500 lbs (Bosch, 2005). Esta norma tiene valores límites para el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), formaldehído (LEV II) y partículas diésel (LEV I y LEVII) lo anterior apoyado en el ciclo de marcha FTP75 (Federal Test Procedure). Los valores límites están relacionados con la distancia recorrida y se expresan en gramos por milla.

- Categorías de los gases de escape. Clasificadas en atención a conceptos

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

de vehículos según sus valores de emisiones orgánicas sin contenido de metano, CO, NO_x y partículas, según las siguientes categorías de gases de escape: Tier 1, TLEV (Transitional Low Emission Vehicle), LEV (Low Emission Vehicle), ULEV (Ultra Low Emission Vehicle), SULEB (Super Ultra Low Emission Vehicle), ZEV (Zero Emission Vehicle) y PZEV (Partial ZEV) (Bosch, 2005).

En cuanto a la conservabilidad que se refiere al permiso de circulación de un tipo de vehículo es responsabilidad del fabricante demostrar que no se sobre pasan las emisiones de contaminantes limitadas en la legislación sobre gases de escape en: 80.500 km o 5 años, 161.000 km para LEV I o 193.000 km para LEV II. En cuanto a la categoría PZEV aplican 241.000 km o 15 años (Bosch, 2005). Para la comprobación de la conservabilidad el fabricante dispone de dos flotas de vehículos provenientes de fábrica, en la primera flota cada vehículo debe haber recorrido 6.300 km antes del ensayo y en la segunda flota se aplica un ensayo permanente donde se determinan los factores de deterioro de los diferentes componentes durante 80.500 km aproximadamente, midiendo cada 8.00 km las emisiones de gases de escape. Cada fabricante debe garantizar que sus vehículos no sobre pasen, en promedio, un valor límite determinado para la emisión de gases de escape (Peralta, 2015).

Así mismo fortaleciendo toda esta normatividad también se tiene en cuenta el consumo de flota en el cual se establece cuanto combustible puede consumir lo cual apunta a cuanto se debe consumir con un galón de combustible. Teniendo en cuenta el valor CAFÉ (Corporate Average Fuel Economy) aplica 11,8 km/litro. Para LDT está establecido 8,6 km/litro (Bosch, 2005). Para vehículos industriales no existen prescripciones. De estas circunstancias nace el hecho que luego de calcular el promedio de todos los fabricantes se tiene que pagar al estado una multa de 5,50 US/\$ por cada vehículo que este por debajo del valor límite de 0,04 km/litro (Klier & Linn, 2012). La normatividad también exige el tener un sistema de diagnóstico a bordo para detectar los fallos que influyen en el comportamiento de gases de escape los cuales no deben sobre pasar 1,5 veces el valor de la categoría de gases de escape valido para el vehículo, de tal manera que debe equipar un testigo de averías en función de los ciclos de marcha. Acompañado de lo anterior esta la vigilancia de campo donde se escoge aleatoriamente un vehículo en uso y se le aplica el ensayo FTP 75 en conjunto de un ensayo de evaporación (Molina & Moroco, 2018), aquí se tiene en cuenta solamente vehículos por recorrido por debajo de 80.500 km, esta vigilancia también es reforzada por los fabricantes de los vehículos los cuales están en la obligación de informar con respecto a reclamaciones o daños en componentes o sistemas de emisión definidos (reclamaciones, proporción de errores, análisis de fallos y efectos sobre las emisiones). Esta información debe ser suministrada durante 5 o 10 años o entre 80.500 – 161.000 km. Finalmente, la CARB en cuanto a vehículos libres de emisiones (ZEV) se refiere a vehículos principalmente eléctricos, en cuanto a los PZEV no están libres de gases de escape.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

7.2. Normatividad EPA (turismos/LDT)

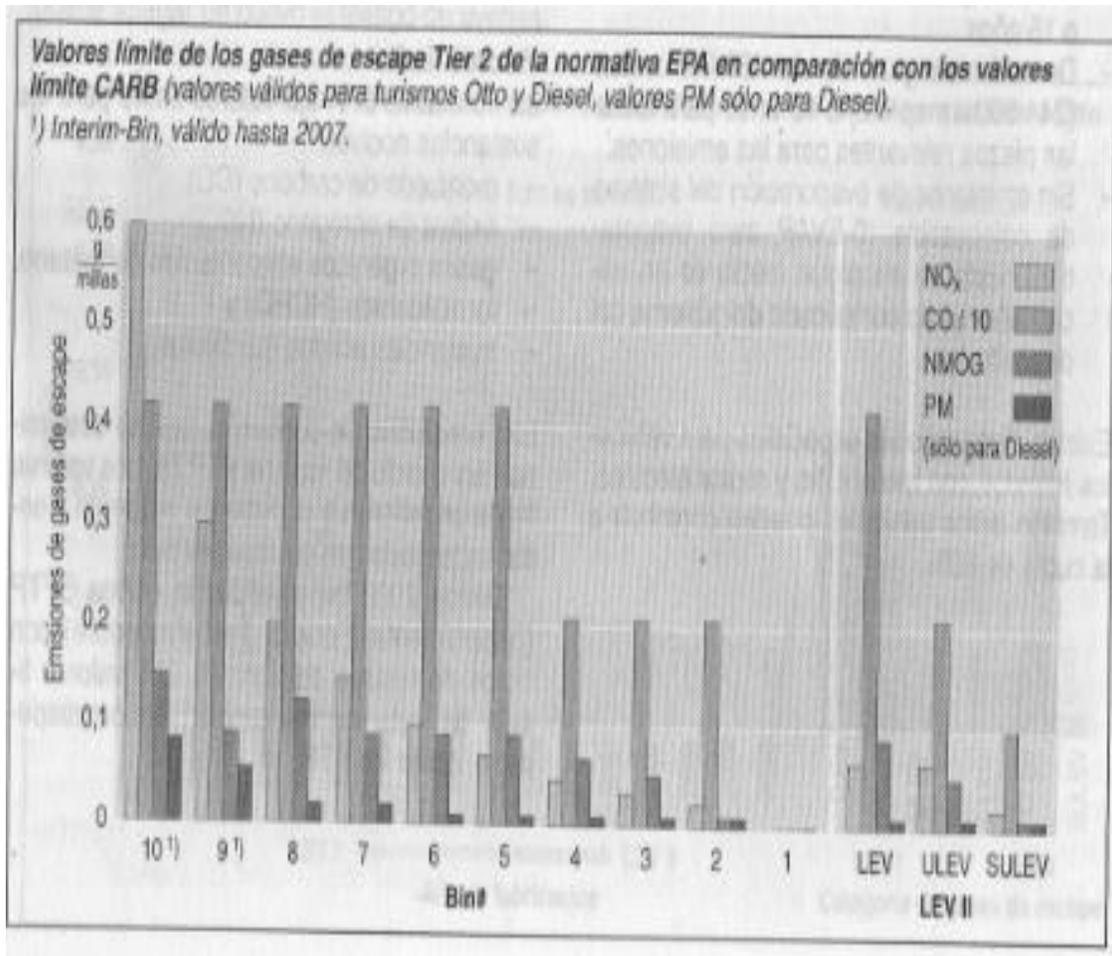


Ilustración 28. Comparativo límite de gases EPA- CARB. Bosch

La normatividad EPA (Environment Protection Agency) aplica para todos los estados menos para California. Las leyes EPA para turismos y vehículos industriales ligeros (LDT, Light Duty Trucks) (García del Río, 2012).

inicialmente las leyes EPA rigieron en un nivel 1 (Tier 1) y en el año 2004 entró en vigor la siguiente etapa, Tier 2 (Borona & García, 2011). La normatividad EPA fija valores límite para las siguientes sustancias nocivas: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), gases orgánicos sin contenido de metano, formaldehído (HCHO) y sustancias sólidas (partículas). Todas estas se determinan con la aplicación del ciclo de marcha FTP 75 (Molina & Moroco, 2018). Los resultados están en base a una distancia recorrida y expresadas en gramos por milla, desde el año 2002 tiene validez la norma FSTP (Supplemental Federal Test Procedure). Es importante aclarar que con la

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

introducción de la norma Tier 2 se aplican los mismos valores límites para las emisiones a los vehículos con motores Otto y Diésel (Bartsch, 2001).

La norma Tier 2 los valores límites para cada sustancia nociva se divide en 10 (turismos) o 11 (HLDT, LDT pesados). Con el advenimiento a Tier 2 hay modificaciones que vale la pena nombrar: promedio de flota en relación de los NO_x, los turismos utilitarios ligeros de hasta 6.000 lbs se agrupan en una misma clase de vehículos y se adiciona otra categoría de vehículos, los MDPV (Medium Duty Passenger Vehicle).

Las proyecciones propuestas para la Tier 2 se plantearon para que en el año 2004 se llegara a un 25% de certificación de vehículos de turismo luego para el año 2007 otro 25% y finalmente para abarcar en el 2009 el 100% (Borona & García, 2011). Así mismo para el promedio de flota de un fabricante de vehículos en relación a los NO_x la EPA considera las mismas (García del Rio, 2012).

Lo que tiene que ver con el consumo de combustible de la flota se tuvieron en cuenta que las mismas prescripciones de la CARB en relación a 8,55l/100km. El diagnostico a bordo (OBD) (Bosch GmbH, 2002) debe cumplir con la función de detectar fallos relevantes para los gases de escape. En cuanto a la vigilancia de campo con un esquema de verificación rutinaria se llevan a cabo comprobaciones aleatorias de la emisión de gases de escape según el procedimiento de ensayo FTP 75 en rangos de kilometraje desde 16.000km hasta 80.500km en periodos de cada cuatro años de uso. El número de vehículos comprobado depende del número de vehículos vendido. Finalmente, la vigilancia de vehículos par parte del fabricante implica una responsabilidad en la información sobre daños en componentes o sistemas de emisión definidos, esta obligación en cuanto a la información cesa 5 años desde el fin del año de fabricación.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

7.3. Normatividad EURO (turismos/LDT)

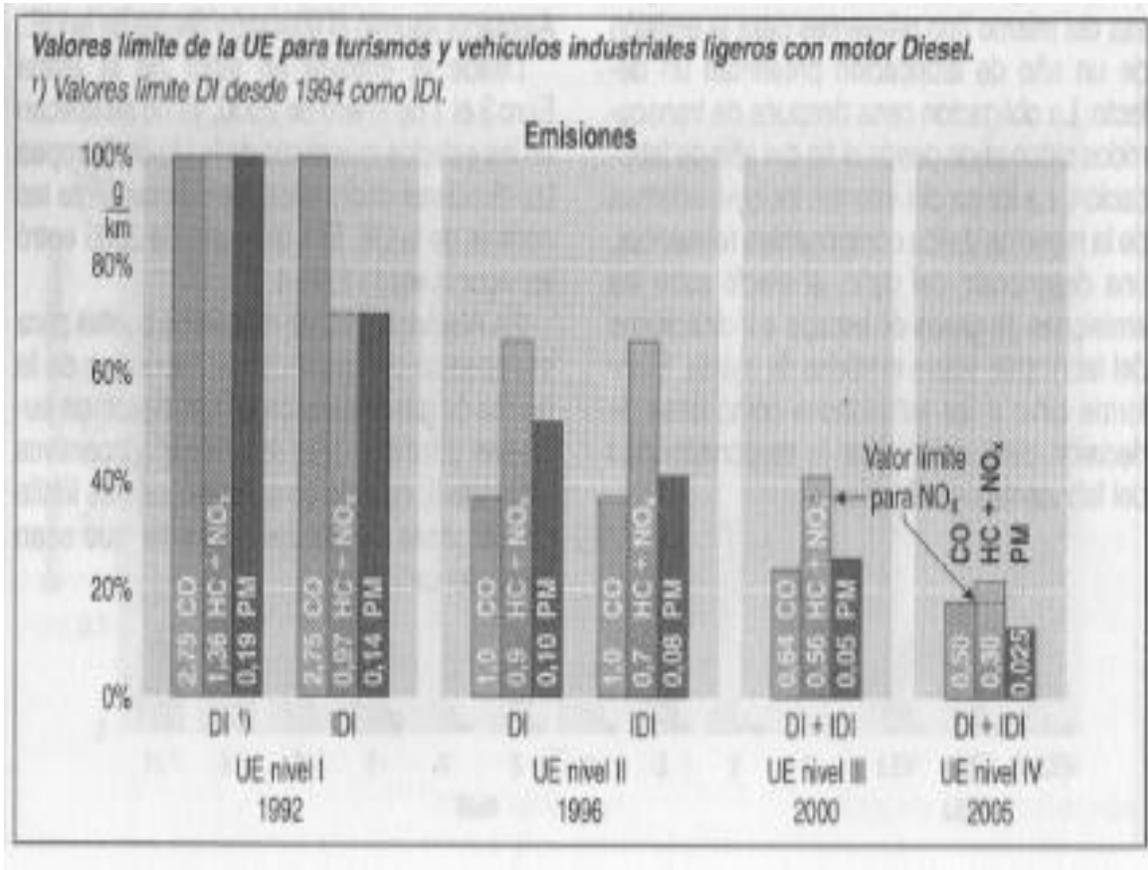


Ilustración 29. Valores límite vehículos turismo EURO. Bosch

La legislación y normas para Europa en lo que atañe a los gases de escape son determinadas por la Comisión europea los valores límites de los gases de escape para vehículos turismos y utilitarios ligeros (LDT) están dados en las normas de gases de escape denominadas Euro, las cuales iniciaron con Euro 1 en 1997 y en la actualidad van en Euro 6 (Pardiñas & Feijoo, 2018).

El procedimiento que se aplica de un nivel Euro a otro se divide en dos etapas. En la primera etapa los tipos de vehículos certificados por primera vez deben cumplir los valores límite de los gases de escape en la segunda etapa que aplica normalmente un año después debe cumplir con los nuevos valores límite.

Las normas Euro fijan valores límite para los siguientes gases contaminantes: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas en motores diésel. Los valores límite admisibles vinculan variables de trayecto recorrido y se expresan en gramos por kilómetro (g/km) y para su comprobación se utiliza un banco de prueba de rodillos y/o desde la Euro 3 se plantea la aplicación de la NEDC (Nuevo Ciclo Europeo de Marcha Modificado). En la

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

actualidad los valores límites para los motores Otto y diésel están armonizados. En cuanto al desarrollo del ensayo se mide HC, CO, NO_x y, para motores diésel las partículas y la opacidad, que exige como requisito previo un mínimo de 3.000 km y permite al fabricante demostrar resultados a larga duración en un rango de 80.000 km. Desde el punto legal existen directivas sobre gases de escape para turismos / LDT que se denomina 70/220/CE la cual fue desarrollada en 1970 pero desde esa fecha ha sufrido varias actualizaciones (Pardiñas & Feijoo, 2018).

En cuanto al diagnóstico a bordo también es una exigencia, pero para Europa se denomina EOBD (Diagnostico de Abordo Europeo) (Domínguez, 2018), cuya exigencia esta en disponer de un diagnostico que detecte aquellos fallos que tengan influencia sobre el comportamiento de los gases de escape. En esta misma intención se han fijado para los componentes nocivos los siguientes límites absolutos de emisión: monóxido de carbono (CO) 3,2 g/km, hidrocarburos (HC) 0,4 g/km, óxidos de nitrógeno (NO_x) 2 g/km y partículas diésel 0,18 g/km; todos estos límites han sido actualizados en el transcurso de la evolución de las normas y siempre con una disminución porcentual alineados con exigencias tecnológicas para los motores diésel (Bosch, 2005).

Evolución tecnológica del parque

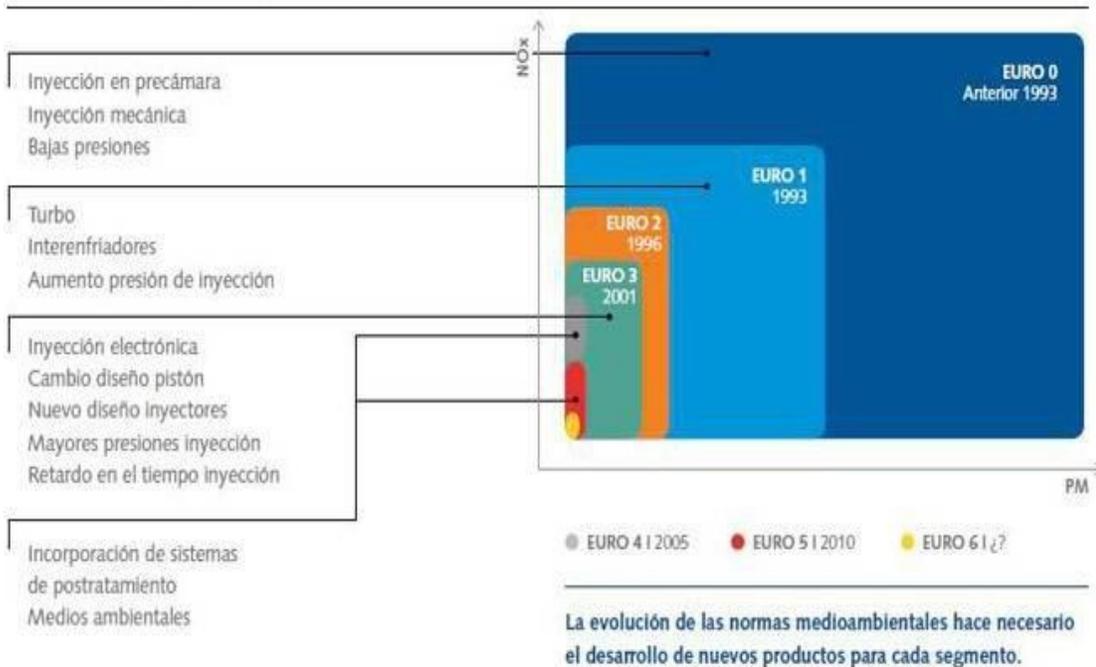


Ilustración 30. Evolución tecnología norma Euro. Diariomotor

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

La vigilancia de campo está enmarcada en la selección de mínimo tres vehículos y el número máximo depende del procedimiento de ensayo. Frente a si un vehículo no cumple con los límites de emisiones el fabricante tiene la opción de realizar adecuaciones tecnológicas y demostrar que dichos cambios permiten que el vehículo cumpla con las solicitudes. También en cuanto a la revisión periódica del estado de un motor se presenta que algunos países están alineados con los mismos tiempos o también un país tiene sus propios tiempos, como en el caso de Alemania que indica que todo automóvil después de tres años de la primera matriculación se le deben comprobar emisiones y después se repite este procedimiento cada dos años (Bosch, 2005).

7.4. Normatividad en Japón (turismos LDT)

LEGISLACIÓN SOBRE GASES DE ESCAPE

Normativas Internacionales



Valores de regulaciones en Japón (Camiones Diesel)

	regulation	category	mode	unit	NOx	THC	NMHC	CO	PM
Japan	New short-term (2002)	GVW ≤ 1.7t	10-15	g/km	0.28	0.12	—	0.63	0.052
	New long-term (2005)		11 +10-15		0.14	—	0.024	0.63	0.014
	Post-new long-term (2009)		10-15 +JC08		0.08	—	0.024	0.63	0.005
	New short-term (2003)	1.7t < GVW ≤ 2.5t	10-15	g/km	0.49	0.12	—	0.63	0.06
	New long-term (2005)	1.7t < GVW ≤ 3.5t	11 +10-15		0.25	—	0.024	0.63	0.015
	Post-new long-term (2009)	10-15 +JC08	0.15		—	0.024	0.63	0.007	
	New short-term (2003,2004)	2.5t < GVW	D-13	g/kWh	3.38	0.87	—	2.22	0.18
	New long-term (2005)	3.5t < GVW	JE05		2.0	—	0.17	2.22	0.027
	Post-new long-term (2009)				0.7	—	0.17	2.22	0.01

GVW: Gross vehicle weight.

Ilustración 31. Emisiones diésel en Japon.slidshare

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Al igual que en Estados Unidos y la comunidad europea los límites de emisiones establecidos han cambiado. Además de los turismos (cupó 10 personas), en Japón existen también las clases de vehículos LDV (Light Duty Vehicle) y MDV (Medium Duty Vehicle), para estos últimos existen límites un poco más altos para los NO_x (González, 2015). Esta normativa fija valores límite para las siguientes sustancias nocivas: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC), partículas y humos en motores diésel. En cuanto al diagnóstico a bordo (OBD) las funciones requeridas son, entre otras, la supervisión del sistema de combustible, la reducción de los gases de escape y del sistema de inyección. Por último en cuanto al consumo de flota de turismos se tiene un valor orientado al peso del vehículo de 14,2 km/l (Bosch, 2005).

7.5. Normatividad vehículos industriales en EE.UU.

En la normatividad EPA los vehículos con un peso superior a 8.500 lb se denominan vehículos industriales. Mas con la introducción de Tier 2 en el año 2004 los vehículos entre 8.500 y 10.000 lb para transporte de pasajeros (MDPV Medium Duty Passenger Vehicle) están clasificados como vehículos industriales ligeros para ser certificados en el banco de rodillos. En California todos los vehículos de más de 14.000 lb son vehículos industriales pesados. Los valores límites están establecidos para: hidrocarburos (HC), NMHC (hidrocarburos sin metano), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas y enturbamiento de los gases de escape (Diario Oficial de la unión Europea, 2016) los valores límite de los gases anteriormente nombrados se expresan en g/kW.h dicha prueba se realiza en un ensayo dinámico con arranque en frío (HDTTC, Heavy Duty Transient Cycle).

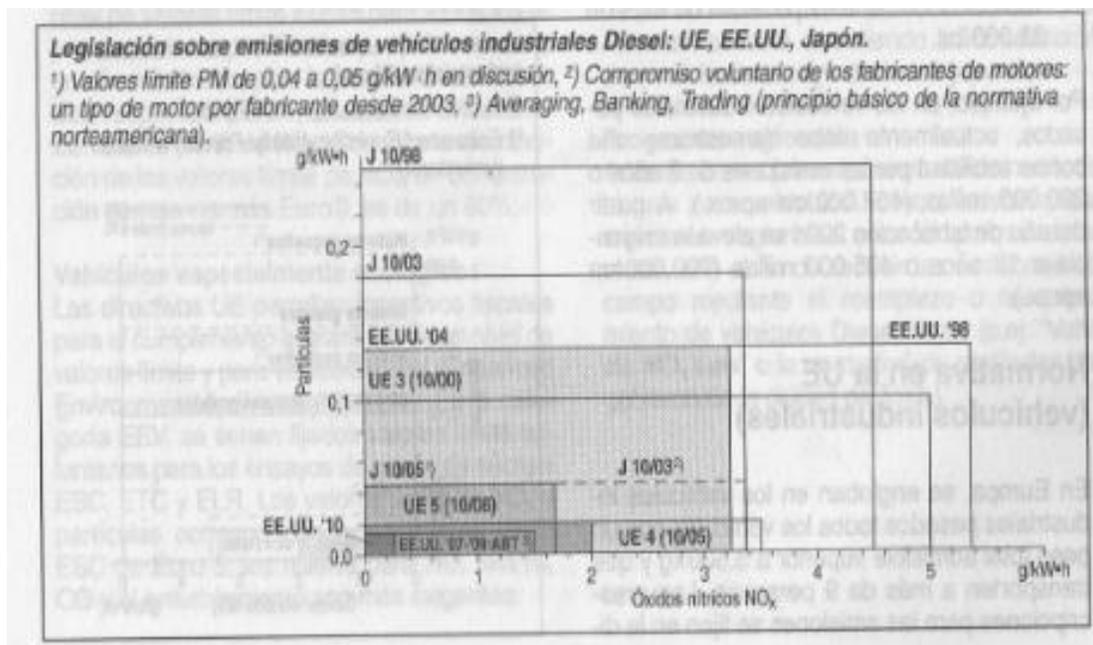


Ilustración 32. Legislación emisiones diésel UE, EE. UU, Japón. Bosch

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Para el año 2004 los hidrocarburos sin metano y los óxidos de nitrógeno se consideraban juntos en su valor de suma, pero a partir del año 2007 la reducción de emisiones se hizo más drástica con valores límite de partícula diez veces menos que los anteriores. Para posibilitar el cumplimiento de estas severas normas se exige una reducción del contenido máximo de azufre en el combustible de 500 ppm a 15 ppm.

En cuanto a la conservabilidad (tiempo en que se deben conservar las emisiones) o cumplimiento de los valores límite de emisión ha de demostrarse en un trayecto determinado o durante un tiempo determinado. En relación a esto se establecen tres clases de peso: Desde 8.500 lb a 19.500 lb conocido como vehículo industrial ligero, de 19.500 lb hasta 33.000 lb llamado vehículo industrial mediano y de más de 33.000 lb llamado vehículo industrial pesado (Bosch, 2005).

7.6. Normatividad de vehículos industriales en la Comunidad Europea

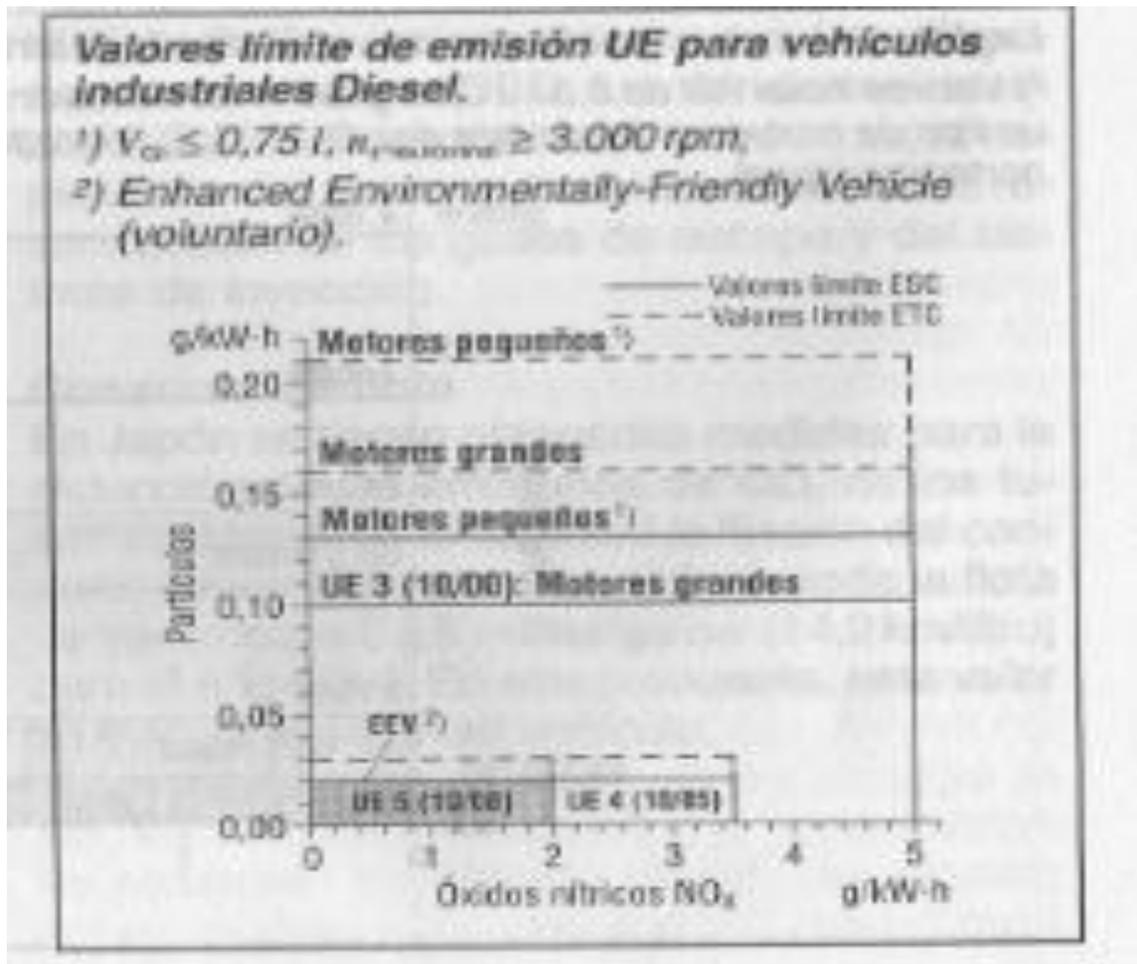


Ilustración 33. Valores límite de emisión UE. Bosch

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Para Europa los vehículos con un peso total admisible a 3.500 kg y que transporten a más de nueve personas se vinculan a un grupo denominado vehículos industriales pesados. Toda la reglamentación al respecto esta consignada en la directiva 88/77/CEE (Conese, 1997).

Tanto los vehículos turismo y los vehículos industriales ligeros, como los vehículos industriales pesados se introducen en dos pasos, nuevos niveles de emisiones en el primer año los nuevos motores deben cumplir los valores límite de emisión y en el segundo año el cumplimiento de los nuevos valores límite es requisito para la expedición del permiso de circulación.

Los valores límite están dirigidos al control de hidrocarburos (HC) los NMHC, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas y el enturbamiento de los gases de escape. Las emisiones se determinan basado en varias pruebas, (ESC, European Steady State Cycle), la (ELR, European Load Response) y finalmente el ciclo dinámico ETC (European Transient Cycle), todos estos ciclos se deben realizar con el motor caliente.

Estos valores límite han evolucionado en línea con los límites de emisiones tanto así que, a partir del 2008, tanto para la certificación por primera vez y la de un año más tarde se aplicaran los valores correspondientes a la Euro 5 (Gastalver, 2017).

En la actualidad se encuentra presente incentivos fiscales para el cumplimiento adelantado de un nivel de valores límite y para vehículos EEV (Enhanced Environ Mentally Friendly Vehicle)

7.7. Normatividad en Japón de los vehículos industriales

Los vehículos con peso total admisible superior a 2.500 km y para el transporte de más de diez personas están dentro del grupo de vehículos industriales pesados.

En Japón se prescriben valore límites para HC, NO_x, CO, partículas y enturbamiento de los gases de escape. Dichas emisiones se determinan en un estado continuo de tres etapas en condiciones de motor caliente. Se deben mostrar la conservabilidad de las emisiones en un trayecto de 45.000 km; desde el año 2003 estos valores han pasado de 80.000 a 650.000 km dependiendo del peso total admisible.

7.8. Normatividad en Colombia

En la actualidad en Colombia se aplica lo concerniente a la resolución 01304 de 2012 que reza.

Por la cual se establecen los niveles máximos de emisión y los requisitos ambientales a los que están sujetas las fuentes móviles del sector de servicio público de transporte terrestre de pasajeros en los sistemas colectivo, masivo e integrado que circulen en el Distrito Capital (Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaria de medio ambiente, 2012)

El documento en mención parte explicando la responsabilidad del Estado en la protección del medio ambiente y que está en su derecho y deber de legislar con respecto a la sostenibilidad ambiental en todos los escenarios.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Las acciones emprendidas para lograr minimizar el impacto de las emisiones generadas por el transporte terrestre de pasajeros se pueden inicialmente resumir en:

Que mediante el Decreto 319 de 2006, fue adoptado el Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital, estableciéndose como objetivo específico, reducir los niveles de contaminación ambiental por fuentes móviles e incorporar criterios ambientales para producir un sistema de movilidad eco-eficiente.

Que a través del Decreto 309 de 2009, se adoptó el Sistema Integrado de Transporte Público para Bogotá D.C, el cual indica que, para el cumplimiento de los fines trazados en el Plan Maestro de Movilidad, deberá contribuirse con la sostenibilidad ambiental urbana, siendo éste uno de los objetivos específicos del Sistema Integrado de Transporte Público.

Que mediante Decreto Distrital 098 de 2011 se adoptó el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, y para el cumplimiento de las metas allí establecidas fue formulado un portafolio óptimo de proyectos y sus medidas complementarias; se indica que una de las medidas más importantes para la descontaminación del aire de la ciudad es la entrada en operación del SITP y el uso

de sistemas de control de emisiones de material particulado en la flota que ingresa a dicho sistema.

Que el Decreto 98 de 2011 establece como meta para el año 2020 la de reducir en un 60% las emisiones de material particulado registradas en el inventario para el año 2008 y mantener el nivel de los demás contaminantes criterio (dióxido de azufre

SO₂, dióxido de nitrógeno NO₂, monóxido de carbono CO y Ozono O₃) dentro de los límites fijados en la norma de calidad de aire (Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaria de medio ambiente, 2012).

También se hace referencia en este texto las tipologías que para el año 2012 presentaba la flota de buses zonal y troncal:

- 100% de biarticulados, articulados y padrones están dentro del marco Euro V
- 91.2% de los busetones son Euro III
- 61.2% de las busetas son Euro II
- 26.8% de las busetas Euro III
- 99.5% de los microbuses son Euro II

En la actualidad el sistema integrado de transporte presenta una flota que se ha venido reemplazando, con motorizaciones y tecnologías de calidad para el usuario. Ellas están abarcadas

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

por la normatividad Euro de ultima generación. Ejemplos de ello 211 buses padrón Euro VI a gas natural vehicular GNV, así mismo la página de Transmilenio para el año 2019 redacta:

Es importante destacar que, con la renovación de la flota de las fases I y II, la mayoría de los buses entrantes serán a gas natural con estándar de emisión Euro VI. En total abandonarán el Sistema 1.162 (10 biarticulados y 1.152 articulados) vehículos, con estándares de emisión Euro II y Euro III, y serán reemplazados por 1.441 buses (477 articulados y 964 biarticulados), de los cuales el 51% son con tecnología gas natural estándar de emisión Euro VI, y el 49% con tecnología diésel estándar de emisión Euro V con filtro. Con los nuevos buses se reducirá en un 95% las emisiones de material particulado de la flota reemplazada. Concretamente, los buses con tecnología gas natural, reducen en un 99.9% las emisiones de material particulado de la flota reemplazada (Transmilenio, 2019).

Finalmente, en la resolución se dan los límites permitidos para los vehículos que equipen motor diésel, es muy válido recordar entonces que bajo este principio no se están midiendo los gases emitidos por el motor diésel, sino se considera únicamente la opacidad o enturbamiento.

Tabla 2. Límites de opacidad. Secretaria del medio ambiente

Año	modelo
1970 y anterior	50 %
1971 - 1984	26 %
1985 - 1997	24 %
1998 - 2009	20 %
2010 y posterior.	15 %

7.9. Ciclos de ensayo

Se hace preponderante que, en cada país, se apliquen procedimiento de control para los límites de emisiones, a continuación, se presentan los ciclos más utilizados en los tres puntos referentes en el mundo, a saberse Japón, EE. UU y la Comunidad Europea

7.9.1. Ciclos de ensayo en EE. UU para turismos y LD

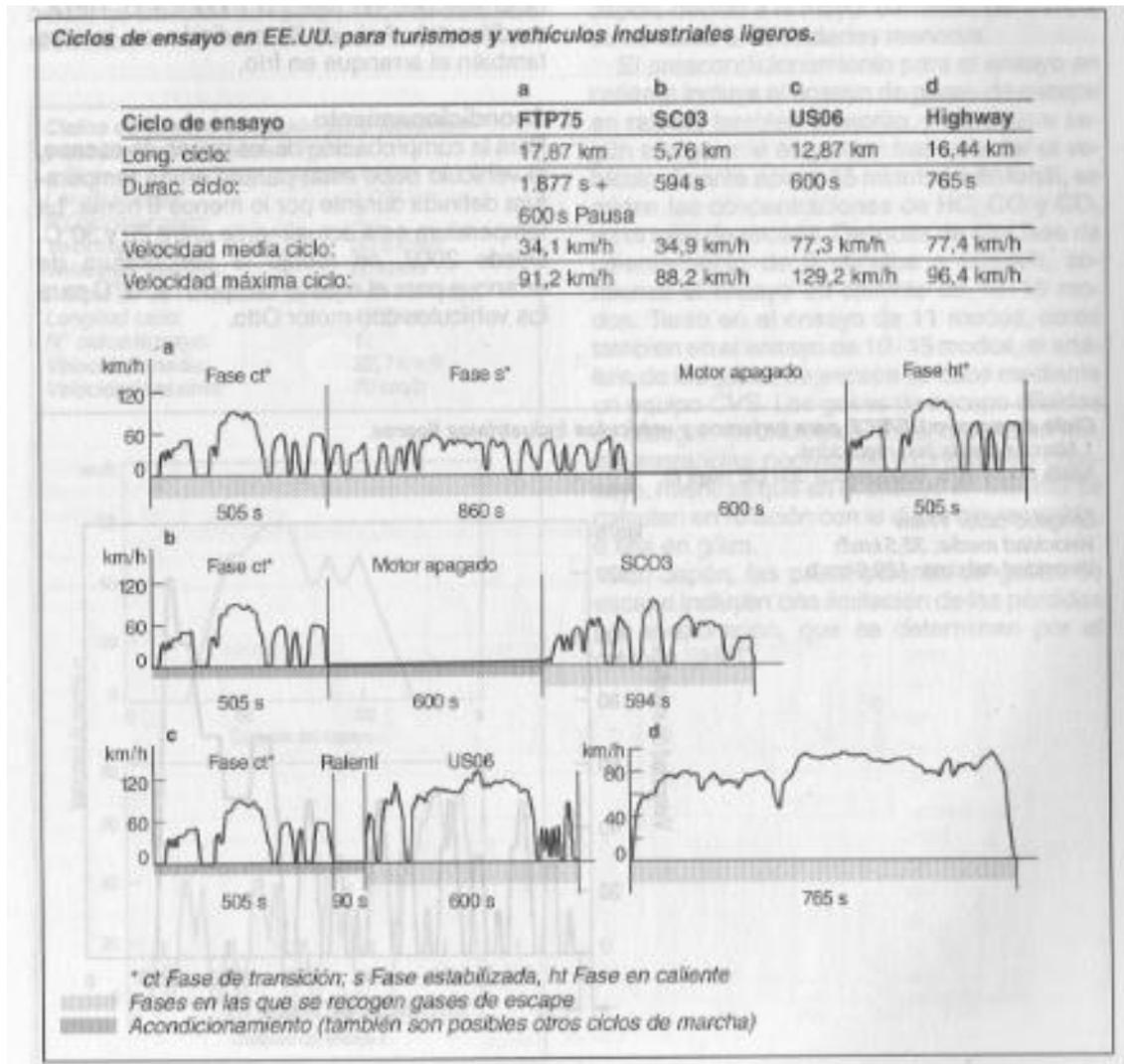


Ilustración 34. Ciclos de ensayo. Bosch

El ciclo utilizado es el FTP75 (Federal Test Procedure), el cual se compone de tres partes con cambios de velocidad aplicados durante horas pico del tráfico por la mañana. Como primera instancia se realiza un acondicionamiento donde el vehículo dura parado 12 horas a una temperatura ambiente entre 20 y 30 grados centígrados. Posteriormente se inicia el recorrido predeterminado para la recolección de sustancias nocivas en tres fases:

- Fase ct: recogida de gases de escape de baja densidad durante la fase fría en la bolsa 1
- Fase s: se cambia a la bolsa 2 después de 505 segundos y al final después de 1365 segundos se apaga el motor durante 600 segundos.
- Fase ht: se vuelve arrancar el motor para el ensayo en caliente y los gases de escape se recogen en una tercera bolsa.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Para la evaluación de los gases recolectados en las bolsas se debe realizar antes de iniciar la siguiente prueba ya que las muestras no deben permanecer más de 20 minutos en las bolsas. Para el resultado total, se ponderan los resultados individuales de las tres fases con los factores 0,43 (fase ct), factor 1 (fase s) y factor 0,57 (fase ht) (Frame & Whitney, 2002).

También se utiliza el ciclo SFTP, el cual se compone del siguiente ciclo FTP75, SC03 Y US06. Los anteriores ciclos de marcha permiten comprobar los siguientes estados de marcha:

- Conducción agresiva
- Fuentes cambios de velocidad
- Arranque del motor y salida el arranque
- Trayectos con cambio pequeños pero frecuentes de la velocidad
- Tiempos de reposo
- Funcionamiento con aire acondicionado
- Primero se ejecuta el ciclo FTP75 y luego los SC03 y USC06, el primero se ejecuta a 35 grados centígrados y 40% de humedad relativa del aire y ha de tenerse en cuenta si vienen equipados o no con aire acondicionado

7.9.2. Ciclos de ensayo en Europa para turismos y LDT

El punto de partida para este ciclo de ensayo es con el ciclo NEDC (New European Driving Cycle), el cual está compuesto por una dupla de ensayos, conocidos como (UDC, Urban Driving Cycle) en el cual se tiene en cuenta recorridos dentro de las ciudades y por el (EUDC, Extra Urban Driving Cycle) en el cual se hacen pruebas a nivel carretera con velocidades promedio de o hasta 120 km/h (Nicolae & Ovidiu, 2019).

Para el inicio de esta comprobación se requieren por lo menos de seis horas con el vehículo en condición de ralenti a una temperatura entre 20 y 30°C. en la ejecución real de este ciclo se parte del ciclo urbano con cuatro segmentos de 195 segundos sin pausa, con un recorrido de 4.052 km y una velocidad medio de 18,7km/h, así mismo la velocidad máxima permitida es de 50 km/h. para el ciclo no urbano se puede llegar a una velocidad de tope de 120km/h en un tiempo de 400 segundos y cuyo recorrido es de 6.955km (Bosch, 2005).

7.9.3. Ciclos de ensayo en Japón para turismos y LDT

Los ensayos se ejecutan una vez el motor esté en condiciones de operación en cuanto a la temperatura, tiene dos secciones una sobre comportamiento de conducción característico en la ciudad y anexo a este una parte de alta velocidad, aquí se tiene en cuenta la velocidad máxima en razón a las condiciones de movilidad existentes en Japón.

La parte de pre acondicionamiento para el ensayo en caliente considera: calentar el vehículo durante 15 minutos a 60km/h, medición de las concentraciones de HC, CO y CO₂. A continuación, otra sección de calentamiento de 5 minutos a 60km/h y se inicia el ensayo en caliente de 10-15 modos (Bosch, 2005).

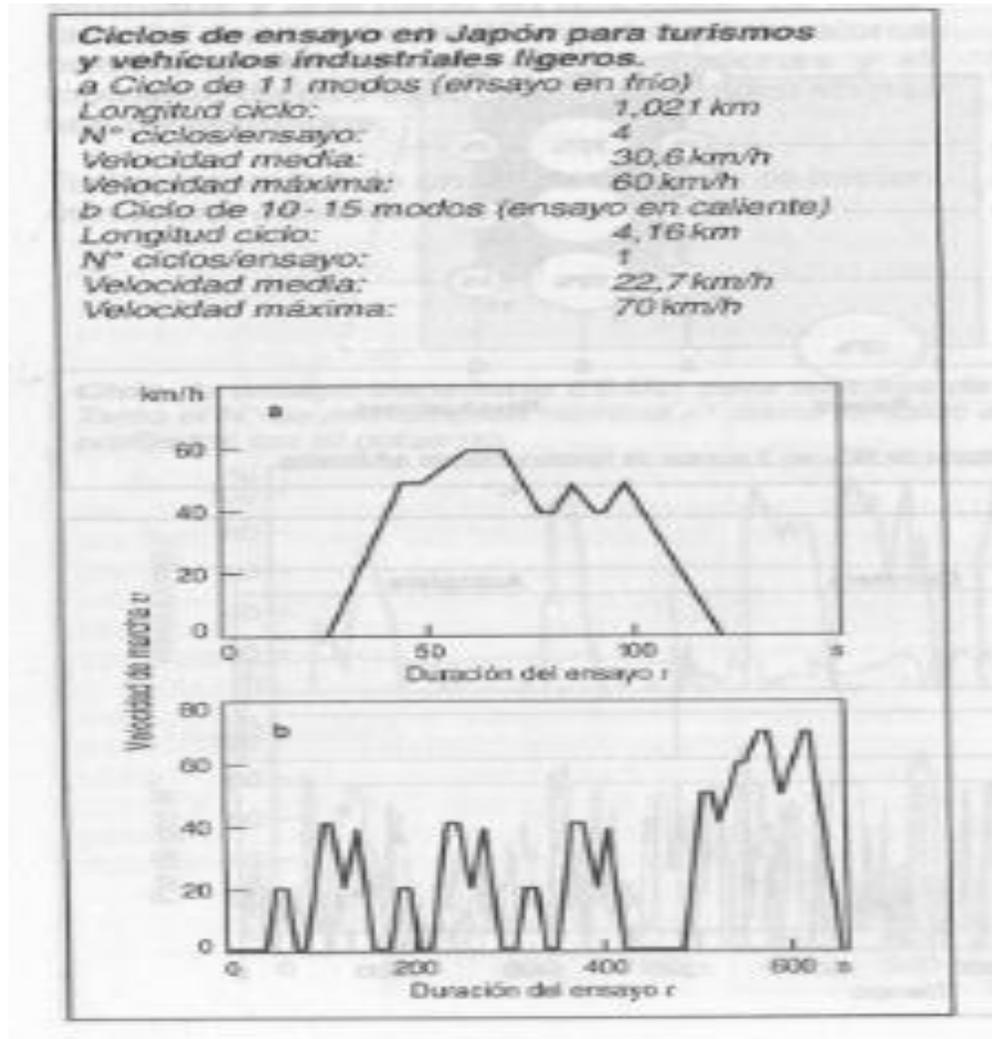


Ilustración 35. Ciclo de 10 -15 modos para motor diésel. Bosch

7.9.4. Ciclos de ensayo para vehículos industriales

Es necesario para la comprobación de este tipo de vehículos el uso de un banco de pruebas de motores, atendiendo el principio CVS y sus resultados se expresan en g/Kw.h en referencia a la potencia del motor.

En Europa si se cumple con 3,5t de peso total admisible y más de 9 asientos se aplica un ensayo de una serie de tres estados de funcionamiento. el resultado del ensayo dado en g/Kw.h es el

producto de la suma de las emisiones consideradas por la adición de la potencia ponderada. Por otro lado, en Japón también con el ensayo de trece etapas en caliente se consideran las emisiones de forma estacionaria teniendo un énfasis en las velocidades de giro y cargas más bajas como resultado de la mayor densidad de tráfico.

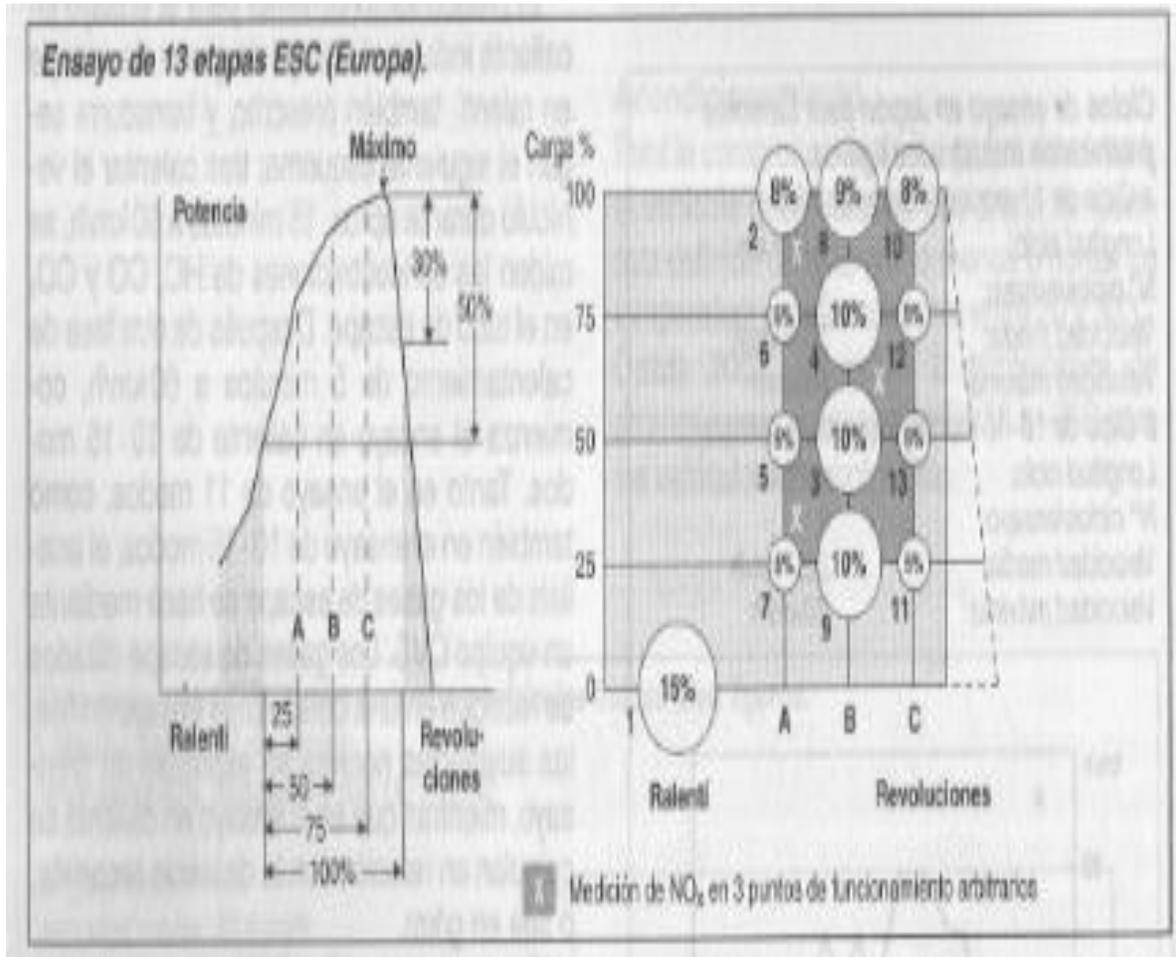


Ilustración 36. Ensayo ESC. Bosch

Y finalmente en estados Unidos desde la década de los años 90 se analizan en un banco de prueba de motores en el denominado ciclo (Transient Cycle) en condiciones de arranque en frío, para el enturbamiento de los gases de escape se utiliza el ensayo (Federal Smoke Cycle) en condiciones dinámica y cuasiestacionarias, a partir del año 2007 se deben de cumplir los valores límites según el ensayo europeo de tres etapas (Alder & Ulrich, 1994).

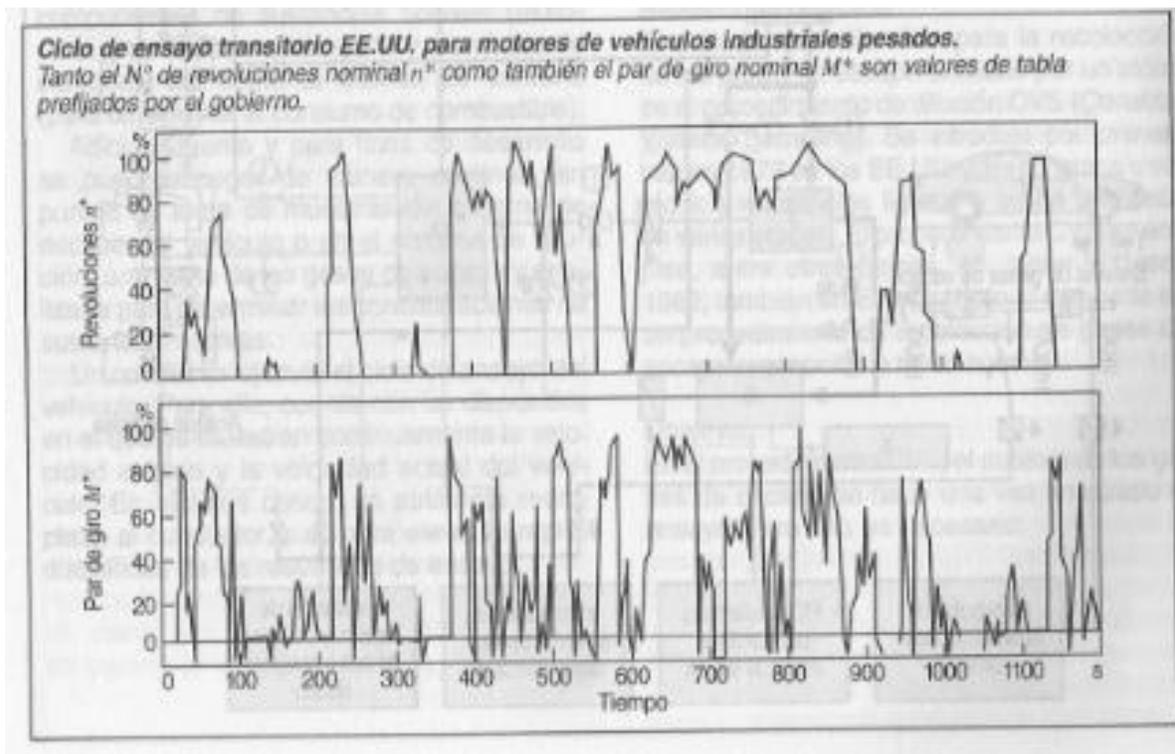


Ilustración 37. Ensayo en EE. UU para vehículos industriales. Bosch

7.9.5. Ciclo de ensayo en Colombia

En Colombia se toma como base en lo dispuesto en la norma NTC 4231 la cual declara:

Procedimientos de evaluación y características de los equipos de flujo parcial necesarios para medir las emisiones de humo generadas por las fuentes móviles accionadas con ciclo diésel. Método de aceleración libre (Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación, 2012)

El objeto de esta norma es establecer la metodología para estimar indirectamente la emisión de material particulado en el humo de escape de los vehículos que operan con ciclo Diésel, mediante las propiedades de extinción de luz que esta emisión presenta. La metodología es desarrollada en condiciones de aceleración libre, cuyo resultado es comparado con lo establecido en la reglamentación ambiental vigente (Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación, 2012).

El método de extinción de luz denominada también densidad de luz (K) es un método para cuantificar la capacidad de una corriente de humo o del humo de una muestra para oscurecer la luz, esta se expresa en m^{-1} .

En Colombia se ha tomado el concepto de opacidad para relacionarlo con las emisiones de los motores diésel la cual se define como:

Fracción de luz expresada en porcentaje (%) que, al ser enviada desde

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

una fuente, a través de una trayectoria obstruida por humo, no llega al receptor de instrumento de medida (Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación, 2012)

Además, y ligado a lo anterior el equipo que se usa para dicho procedimiento se llama opacímetro el cual, para fines de la norma, se hace referencia específicamente a los equipos que operan bajo el principio de flujo parcial, o de muestreo, en donde se toma continuamente una muestra de los gases de escape que fluyen y los dirige a una celda de medida. Con este tipo de medidores de humo, la trayectoria óptica efectiva es función del diseño del medidor de humo.

AUTOMOTRIZ EQUIPO	www.compratotal.com
DIAGNÓSTICO DE MOTORES	<i>Opacímetro</i>

OPACIMETRO DE DIESEL

CODIGO: ATE-NX-1020 **MODELO:** NDO-6000
MARCA: NEXTECH

INFORMACIÓN TÉCNICA

EL OPACIMETRO DE DIESEL MOD. NDO-6000 MIDE LA DENSIDAD DEL HUMO EMANADO DE LOS MOTORES DIESEL. CON ESTE EQUIPO PODEMOS MEDIR LA CONDICIÓN DEL AUTOMÓVIL Y PROPORCIONAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO A FIN DE EVITAR LA CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.

CUADRO TÉCNICO

TIEMPO REAL DE MEDICIÓN DE HUMO (% K [M⁻¹]).
PORTÁTIL CON PANTALLA LED.
ALTA PRECISIÓN, ESTABILIDAD Y DURABILIDAD.
TIEMPO DE RESPUESTA DE 0.5 SEGUNDOS.
MEDICIÓN DE HUMO NEGRO-BLANCO-AZUL.
FÁCIL DE USAR CON TERMINAL DE MANO.
IMPRESORA INTERNA.
INCLUYE PROGRAMA DE CÓMPUTO RS232C (PC SOFTWARE)
FUNCIÓN DE CALIBRACIÓN SPAN/ZERO
MEDIDOR RPM
MEDICIÓN DE TEMPERATURA LÁSER DE 0° A 160°
LARGO CABLE CONTROL REMOTO 10 M
CON Sonda PARA MEDIR TEMPERATURA DE ACEITE



INCLUYE MUEBLE RODANTE



PT-AUTOMOTRIZ: (506) 2219-3232
PT-FERRETERA: (506) 2219-3232
PT-INDUSTRIAL: (506) 2250-6042
PT-SERVICIOS: (506) 2224-0723

| MARCA |

**CALIDAD TÉCNICA
COMPROBADA**



V. FEB-11
APLICAN RESTRICCIONES
DERECHOS RESERVADOS

Ilustración 38. Opacímetro. Compra total

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

La prueba de opacidad es definida en la norma Icontec 4231 de la siguiente manera:

Prueba de evaluación en la cual se registra el valor de opacidad del humo emitido por un vehículo sometido a una o más pruebas unitarias de aceleración libre, para ser comparado con los límites normativos vigentes.

7.9.5.1. Metodología de medición de opacidad según NTC 4231

La norma considera varios aspectos para el apropiado tratamiento de la prueba, los cuales se sopesan a continuación:

- Condiciones ambientales; temperatura entre 5°C y 55°C y una humedad relativa no mayor a 90 %
- Preparación del equipo opacímetro; selección de la unidad de medida (porcentaje de opacidad o densidad de humo), así mismo los ajustes iniciales de valores mínimos y máximos
- Inspección previa y preparación del vehículo; vehículo en neutro, ruedas bloqueadas, aire acondicionado apagado, verificar que no presente fugas en el sistema de escape, emisiones por evaporación (aceite, combustible) y la correcta operación del sistema de refrigeración
- Instalación de la sonda de temperatura (tomar la temperatura del aceite motor) y la sonda de revoluciones del motor (Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación, 2012).

Para la prueba de opacidad luego de cumplir con los requisitos necesarios, tener el motor a temperatura requerida, señales de revoluciones, se instala la sonda de muestreo en el tubo de escape, en caso de la existencia de dos salidas de escape queda a discreción del inspector, pero debe tener en cuenta:

Efectuando las aceleraciones necesarias a velocidad gobernada, si no existe diferencia apreciable entre el nivel de opacidad en cada uno de los escapes; se debe medir el humo en aquel que permita instalar más fácilmente el opacímetro. Esta determinación se debe tomar por inspección visual.

Si existe una diferencia apreciable entre el nivel de humo proveniente de cada una de las salidas del escape, se debe ingresar la sonda del opacímetro y efectuar la prueba de opacidad sobre la salida de escape que presente el mayor nivel de opacidad (por inspección visual) (Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación, 2012).

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

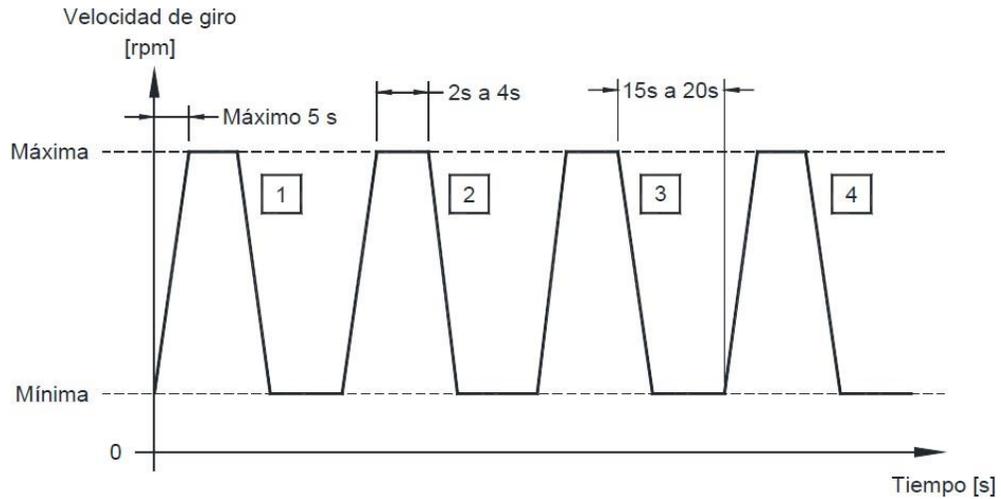


Ilustración 39. Prueba unitaria de aceleración. Icontec

Finalmente se deben realizar cuatro aceleraciones atendiendo a las instrucciones automáticas del equipo, dicho procedimiento debe ser constante y con la misma intensidad para no provocar variaciones fuera de los valores límites establecidos. De las cuatro aceleraciones la primera es descartada ya que se toma como limpieza y salida de partículas previas a la prueba, los tres restantes las toma el equipo y saca el promedio, dando automáticamente la aprobación o desaprobarción del vehículo.



Ilustración 40. Pantalla prueba opacidad. Automotriz en video

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

8. TECNICA DE MEDICIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE

8.1. Comprobación de los gases de escape en bancos de ensayo con rodillos

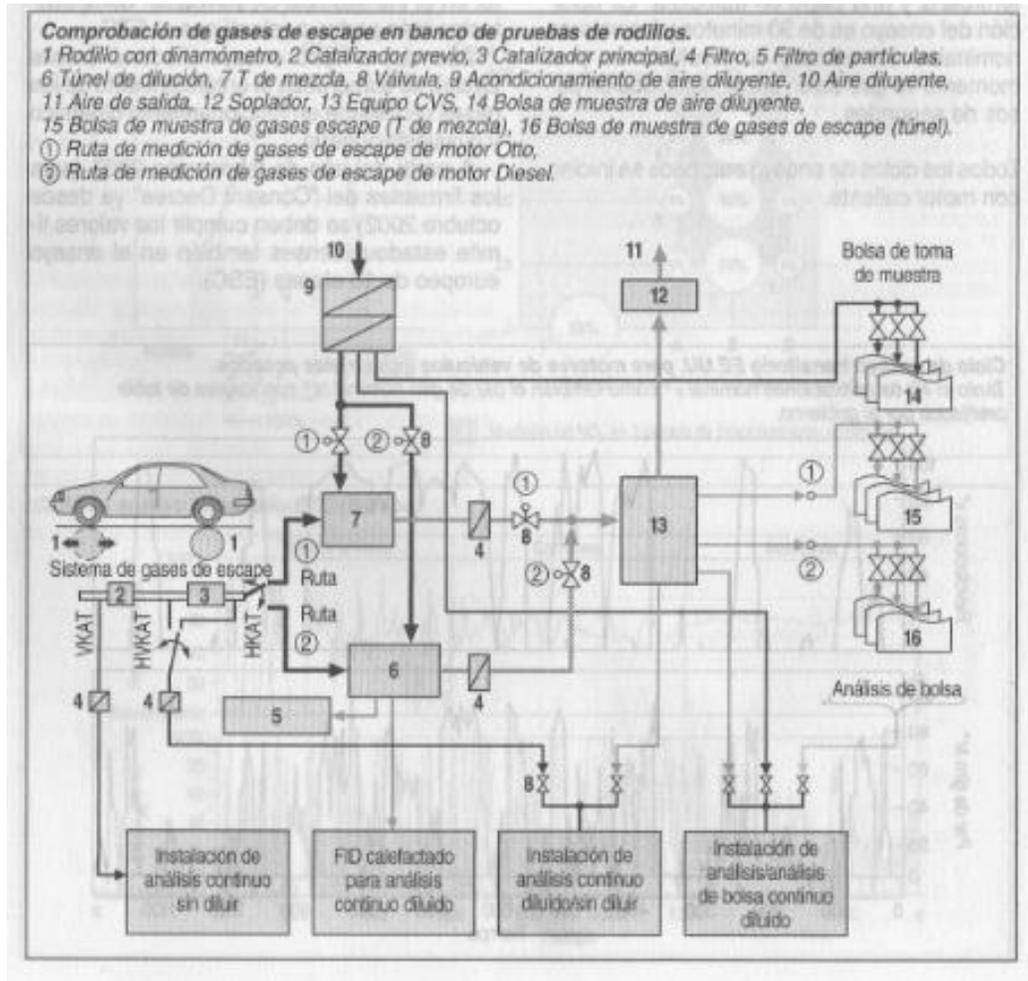


Ilustración 41. Esquema comprobación en banco de rodillos. Bosch

Esta comprobación tiene como objeto inicialmente obtener el permiso general de circulación y por otra parte para el desarrollo de componentes de motores. Marcando esto último una diferencia con las comprobaciones de los gases de escape que se hacen en el marco de la vigilancia en campo (Bosch GmbH, 2002).

Estas comprobaciones en el banco de rodillos se realizan en vehículos los cuales están definidos para que se simule en gran medida la marcha normal en la calle o carretera. Realizar la prueba en un banco de ensayo con rodillos permite:

- Reproducibilidad de los resultados
- Comparabilidad de los ensayos

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

El montaje general se inicia asegurándose que las ruedas motrices estén sobre los rodillos giratorios logrando así simular las fuerzas que actúan sobre el vehículo y que se generen emisiones comparables con las de uso diario. Además, se requiere de máquinas asincrónicas de corriente continua o frenos de corriente parasita los cuales producen una carga adecuada dependiente de la velocidad los cuales inciden sobre los rodillos para que sea dominada por el vehículo. Para simular la inercia se utiliza un volante de inercia y para garantizar una apropiada refrigeración se instala un ventilador a una distancia corta del vehículo (Calleja, 2015).

Para la recolección de una parte de los gases de escape se utiliza un sistema de dilución, el cual permite después del ensayo analizar la relación de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono, adicionalmente se pueden analizar las concentraciones de sustancias nocivas.

De igual forma es necesario la participación de un conductor para ejecutar el ciclo de ensayo, para ello se cuenta con una pantalla o dispositivo visual donde se muestra las solicitudes y los valores a alcanzar.

Hay que mencionar, además lo relacionado con el montaje para el ensayo con vehículos diésel la cual es análoga para los vehículos con motor a gasolina, sin embargo, se hace primordial realizar algunas modificaciones de montaje en el banco de pruebas y de la técnica de medición utilizada (Calleja, 2015). Al respecto para evaporar los hidrocarburos ya condensados en los gases de escape y evitar la condensación de hidrocarburos de elevado punto de ebullición el equipo de medición de hidrocarburos ha de tener una temperatura de 190°C.

8.2. Sistema de dilución

Denominado CVS (Constant Volumen Sampling) el cual tuvo como punto de partida la década de los 70 con un espectro de aplicación para turismos y vehículos industriales ligeros, este ha tenido actualizaciones tecnológicas durante el paso de los tiempos y ha sido adoptado en Japón y Europa en los años 80 lo cual lo convierte en un procedimiento de reconocimiento mundial.

El procedimiento CVS se fundamenta en el siguiente principio:

- Dilución de gases de escape con el medio ambiente en una relación de 1:5 a 1:10.
- Aspiración constante mediante bombas
- Llenado de bolsas de medición
- El llenado de bolsas de medición se hace de acuerdo al ciclo de ensayo FTP 75.

A partir del volumen total de los gases diluidos y las concentraciones de sustancias nocivas en las bolsas de escape y de aire se calcula la masa de sustancias nocivas emitidas durante el ensayo.

Los procesos de dilución existentes en la actualidad que permiten conservar el flujo volumétrico constante son de dos tipos (Bosch, 2005).

- PDP (Positive Displacement Pump), usando un soplador Roots
- CFV (Critical Flow Venturi), usando un eyector Venturi y un soplador común

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

9. TECNOLOGIA PARA ANALISIS DE EMISIONES

A nivel global las normativas gubernamentales establecen procedimientos de medición uniformes para determinar la concentración en las bolsas de gases de escape y de aire.

Componentes	Procedimiento
CO, CO ₂	Analizador no dispersivo infrarrojo (NDIR)
Óxidos de nitrógeno NO _x	Detector de quimioluminiscencia (CLD). Nota: NO _x se interpreta como suma de NO y NO ₂
Total de hidrocarburos (THC)	Detector de ionización de llamas (FID)
CH ₄	Combinación de procedimiento cromatográfico de gases y detector de ionización de llamas (GC-FID)
CH ₃ OH, CH ₂ O	Combinación de proceso de cartucho y técnicas de análisis cromatográficas; necesaria en EE UU. cuando se emplean determinados combustibles
Partículas	Proceso gravimétrico (pesado de filtros de partículas antes y después de la marcha de ensayo); en Europa y Japón, actualmente sólo necesario para vehículos Diesel

Ilustración 42. Procedimientos de medición de gases de escape para motor diésel. Bosch

También se determinan la concentración de sustancias nocivas en el sistema de gases de escape del vehículo o en el sistema de dilución. los procedimientos de medición empleados para ello son:

- Procedimiento paramagnético (determinación de la concentración de O₂)
- Cutter –FID: combinación de un detector de ionización de llama con un absorbedor de hidrocarburos sin contenido de metano (determinación de la concentración CH₄)
- Espectroscopia FTIR (Fourier Transform Infrared) (analizador multicomponentes)
- Espectroscopia de masas (analizador multicomponentes)
- Espectrómetro laser IR (analizador multicomponentes) (Bosch, 2005)

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

9.1. Aparatos de medición de los gases de escape para vehículos diésel

Esencialmente se miden los gases de escape en los vehículos diésel (Bartsch, 2001) con los mismos equipos especializados usados para vehículos con motor Otto.

Para la determinación de hidrocarburos se realiza mediante el análisis continuo de una parte de flujo de los gases de escape diluidos y la integración de la concentración medida a través del ensayo de marcha.

Para la medición de la emisión de partículas o partículas sólidas que pertenecen a las sustancias nocivas se aplica el procedimiento gravimétrico o procedimiento de filtro de partículas el cual se toma durante el ensayo de marcha donde se acumula una parte diluida del flujo de los gases de escape del túnel de dilución y se hace pasar por filtros de partículas (Pérez M., 2011). La carga con partículas se determina a partir del peso con los filtros de partículas antes y después del ensayo. A partir de la carga y el volumen total de los gases de escape diluidos y el volumen parcial conducido a través de los filtros de partículas, se calcula la emisión de partículas a lo largo del ensayo.

También se aplica el procedimiento continuo de medición de partículas como el medidor de enturbamiento (opacímetro). para este control de humos diésel o medición de enturbamiento los métodos de ensayos existentes están ligados a los aparatos de medición usados. Una medida de los humos es el índice de ennegrecimiento, donde básicamente se aplican dos procedimientos:

- El método de absorción (medición de enturbamiento) en el cual para determinar el enturbamiento de los gases de escape se aplica la técnica de debilitamiento de un rayo luminoso que se hace pasar a través de los gases de escape (Álvarez, Callejon, & Forns, 2005).

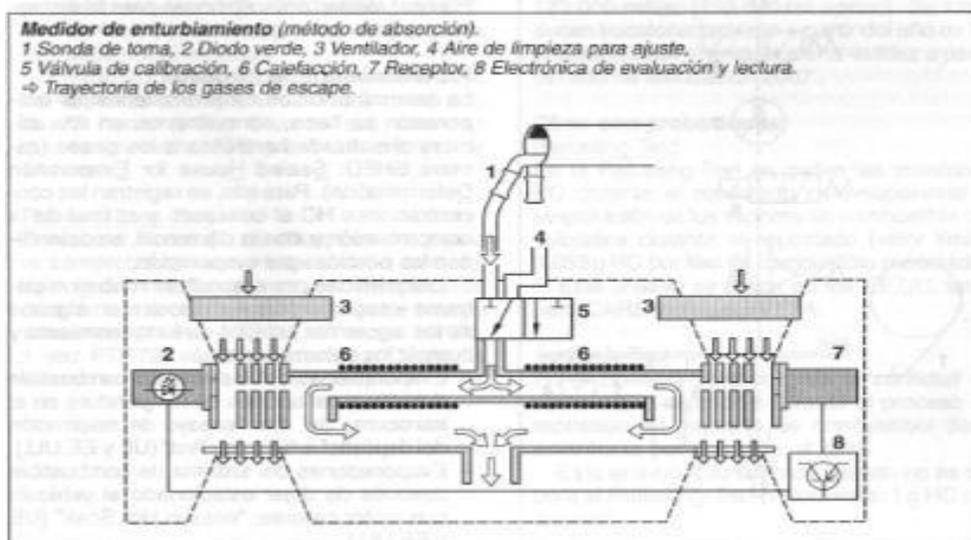


Ilustración 43. Medidor de enturbamiento. Bosch

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

- El método de absorción (medición de luz reflejada) en la cual se hace pasar una cantidad definida de gases de escape a través de una plaquita de filtro el ennegrecimiento del filtro sirve de medida de contenido de hollín en los gases de escape (Álvarez, Callejon, & Forns, 2005).

Una medición de los gases de escape en los motores diésel debe estar fundamentada en que el motor este con carga ya que esta condición es la que garantiza la emisión de partículas. Los métodos más usados usualmente son:

- Medición bajo plena carga, usando un banco de pruebas de rodillos o realizándose en un trayecto de ensayo aprobado legalmente, contra los frenos del vehículo.
- Las mediciones con aceleración libre mediante un accionamiento brusco y definido del acelerador con carga provocada por el volante de inercia del motor a altas revoluciones (Bosch GmbH, 2002).

9.2. Equipos para medición de gases de los motores diésel

En función de lo que se requiera analizar con respecto a las emisiones de los motores diésel:

- Opacidad
- Gases contaminantes
- Análisis de combustión

En la matriz comparativa se da a conocer las alternativas a este respecto, es muy válido dar a conocer que si se requiere analizar opacidad según la resolución 01304 de 2012 es apropiado un opacímetro, mas sin embargo para lo relacionado con investigación a nivel de pregrado y posgrado lo más conveniente es un equipo analizador de gases combinado, pero si se considera un alcance mayor para medir más variables y mejores resultados de investigación un sistema analizador de gases sería la mejor opción.

En Colombia los proveedores que pueden suministrar bajo pedido los equipos relacionados en la matriz comparativa son: Autoools, Tecno ingeniería y Tecno talleres. Aunque pueden existir otros que no se lograron identificar en el desarrollo de este estudio del arte.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Tabla 3. Matriz comparativa equipos analizadores de gases. Del autor

Marca	Alcance	Características técnicas	Descripción equipo
ULTIMA 600 Ver anexo 1 http://www.appcesvimap.com/revista/revista51/pdfs/Taller2.pdf	Motores diésel y gasolina	<p>El opacímetro ULTIMA está preparado para medir la opacidad del humo de los gases de escape de los vehículos diésel, cumpliendo la norma UNE 82503:1999.</p> <p>Modo "control": Representa el control técnico. Consiste en una aceleración de limpieza y sucesivas aceleraciones de medida, hasta un máximo de diez. El equipo sólo tendrá en cuenta tres aceleraciones sucesivas, cuyo desvío no sea superior a 0,25 m⁻¹, sobre las que realizará los cálculos, presentando en el visualizador la media aritmética en m⁻¹. El resultado podrá ser "aceptable" o "inaceptable"; si después de diez aceleraciones los resultados son dispares, en el visualizador se presentará la lectura "medida inestable", pudiendo imprimir un ticket posteriormente.</p>	<p>El equipo ULTIMA 600 posee un visualizador gráfico multilínea de tipo LCD, con pantalla plana, que permite el seguimiento de las operaciones que realiza el técnico y muestra los valores de medida, tanto de los vehículos gasolina como diésel. Además, revela cuándo un componente del sistema de emisiones está defectuoso.</p> <p>Dispone de la opción de telemando por infrarrojos, que es capaz de pilotar al conjunto de equipos.</p>
MET 6.3 Ver anexo 2 https://www.maha.es/analizador-de-emisiones-met-6-3-analizador-combinado.htm	Motores diésel y gasolina	<p>Equipos básicos analizador de gases y opacímetro en una carcasa de plástico de alta calidad con unidad de visualización integrada y teclado</p> <p>Sonda de medición de enrejado de acero 600 mm, manguera de sonda 2000 mm</p> <p>Interfaz LAN con cable LAN (RJ 45)</p> <p>Fuente de alimentación 110V - 230V, 50/60Hz</p> <p>Manguera transparente para la separación del condensado con recipiente</p> <p>Filtro principal, filtro de punto cero, filtro de condensado</p>	<p>Analizador de gases con poco peso y tamaño compacto</p> <p>Tiempo de calentamiento breve y disponibilidad rápida</p> <p>Una sola sonda común para diésel y gasolina</p> <p>Análisis preciso de los componentes gaseosos HC, CO, CO₂, O₂ con cálculo del valor Lambda</p> <p>Comprobación y/o diagnóstico rápido y sin complicaciones de la opacidad/concentración de partículas mediante procedimiento de corriente parcial con aceleración libre o bajo carga del motor</p> <p>Manejo intuitivo, estructura simple del proceso de análisis de gases de escape según la actual guía 5 para tiempos</p>

Sensor de O2 electroquímico
Pinzas Trigger para MET 6.3 para el registro inductivo del número de revoluciones en cables de encendido
2 filtros de repuesto, 2 juntas de repuesto
Software de valores de medición para una medición continua y control del MET sin rutina de prueba específica de cada país

de procesamiento mínimos
Evaluación especialmente confortable de EOBD con MAHA
VCI
Separación de condensado innovadora mediante separador de agua activo
Fácil mantenimiento con acceso mejorado
A prueba del futuro con la tecnología más avanzada
Todos los valores de medición de HC, CO, CO2, O2, valor K, opacidad, concentración de partículas pueden visualizarse al mismo tiempo
Opcional:
Ampliable para la medición adicional de NOx (monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO2) se miden por separado)
Interfaz W-LAN
Descripción de la célula de medición para gasolina:
Analizador de gases de corriente parcial con unidad de visualización (equipo base) para el análisis de los componentes gaseosos HC, CO, CO2, O2 con cálculo del valor Lambda
Medición de gases de escape posible para motores de CNG, LPG y gasolina
Inspeccionado según requerimientos PTB 18.09
Registro de valores de medición momentánea o continuada

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

			Opciones: Interfaz W-LAN
BEA 850 <i>Ver anexo 3</i> http://www.adesystems.co.uk/garage-equipment/bea-emissions-analysers/bea-unit/100/bea-850	Motores diésel	Analizador de 4 gases y opacímetro, integrado en un equipo completo, con carro, PC, impresora, pantalla TFT y mando a distancia. Una herramienta completa para el diagnóstico y la reparación de vehículos en el taller.	El analizador de este equipo incluye Declaración de conformidad con el módulo D, por lo que no requiere verificación en Laboratorio Oficial (Organismo Notificado).
NANOMET3 <i>Ver anexo 4</i> https://www.testo.com/es-CO/testo-nanomet3/p/444	Medición de nano partículas	El sistema de medición portátil de nano partículas testo NanoMet3 se ha desarrollado especialmente para el funcionamiento en vehículos bajo condiciones reales de tráfico. El sistema de medición diluye concentraciones de partículas elevadas de los gases de combustión extraídos directamente mediante un diluidor giratorio y retira los componentes volátiles en el tubo de evaporación integrado. De este modo, con el testo NanoMet3 no solo se obtiene un instrumento fiable para la medición de nano partículas, sino también una preparación integrada de gases de combustión conforme al PMP.	El testo NanoMet3 ofrece mediciones de alta precisión en un rango de concentración bastante grande y, por esta razón, es ideal para una amplia gama de aplicaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Medición de partículas según RDE para la prueba de tipo conforme a la norma Euro 6c • Determinación de partículas para la investigación y desarrollo de filtros de partículas • Caracterización de las emisiones de partículas en motores de gasolina y diésel El gran rango de medición entre 10.000 y 300.000.000 pt/cm ³ cubre prácticamente todas las normas de gases de combustión con respecto al número de partículas.
ECOM <i>Ver anexo 5</i> http://www.inteconinc.com/latam/index.php/productos/analizadores-de-gases-de-combustion/138-ecom-b	Analizador de gases de combustión	En los diferentes procesos en la industria e incluso en nuestra vida cotidiana existen procesos de combustión que permiten operar equipos para generación de energía, desde los calentadores más sencillos que se utilizan en hogares con uso doméstico hasta grandes plantas de generación de energía u hornos que se usan a nivel industrial. El monitoreo de estos procesos de combustión es vital desde dos puntos de vista, por un lado, se debe monitorear la emisión de acuerdo a ciertas guías de la Agencia de Protección	También en los monitoreos ambientales constituyen una herramienta útil para determinar ciertos parámetros utilizados en la determinación de material particulado (Método 5 de la US EPA), reemplazando algunos equipos de muestreo como en caso del método 3 de la US EPA que antiguamente era necesario realizarlo con muestreador Orsat el cual requiere análisis de laboratorio.

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

		<p>Ambiental Americana (US EPA) y por otro el monitoreo de estos sistemas garantiza su correcto funcionamiento. Los analizadores de gases de combustión son equipos robustos que permiten monitorear los gases de combustión los cuales vienen a altas temperatura y condiciones muy difíciles de humedad y suciedad. Estos pueden ser utilizados en cualquier proceso y emplean diferentes tecnologías para determinar cuál es la eficiencia y el comportamiento de un proceso de combustión determinado. De esta forma se puede operar de forma correcta los diferentes equipos que emplean combustión para generar energía, disminuyendo las emisiones y utilizando menos combustible, lo que traduce en un menor costo por cantidad de energía generada.</p>	
<p>DEWESoft Ver anexo 6 https://dewesoft.com/es/aplicaciones/pruebas-vehiculos/análisis-de-combustión</p>	Sistema analizador de gases	<p>Sistema analizador de combustión de alta precisión para la investigación, desarrollo, optimización y prueba de motores de sistemas de encendido, sistemas de escape y equipos de control de válvulas.</p>	<p>Dewesoft proporciona una solución total para la investigación, el desarrollo, la optimización del motor y también para el desarrollo y las pruebas de componentes, como los sistemas de encendido, los sistemas de escape y el equipo de control de válvulas.</p>

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

10. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

Tomando como punto de partida el centro de información /biblioteca de la universidad ECCI las fuentes a tener en cuenta se determinan como primarias y secundarias

10.1. FUENTES PRIMARIAS

Bounocore (1980) define a las fuentes primarias de información como “las que contienen información original no abreviada ni traducida: tesis, libros, nomografías, artículos de revista, manuscritos. Se les llama también fuentes de información de primera mano...”229 p. Incluye la producción documental electrónica de calidad.

Para efectos del avance del estado del arte se contemplan:

- Bases de datos de documentos de investigación
- Libros técnicos
- Normas legislaciones
- Base de datos del centro de información de la UECCI

10.2. FUENTES SECUNDARIAS

Fuentes derivadas. Bounocore (1980) las define como aquellas que “contienen datos o informaciones reelaborados o sintetizados...”229p. Ejemplo de ella lo serían los resúmenes, obras de referencia (diccionarios o enciclopedias), un cuadro estadístico elaborado con múltiples fuentes entre otros.

Como fuentes secundarias se enlistan:

- Páginas de internet de la EPA, Comisión europea
- Fabricantes de equipos de medición para motores diésel

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

11. RECURSOS

En toda investigación es muy importante considerar los recursos que requiere el proyecto para llegar a buen término. En principio, es importante saber con qué recursos se cuenta, para poder determinar qué es lo que se deberá adquirir, y en función de ello hacer un planteamiento que nos permita, desde el inicio, gestionar las diferentes variables que asegurarán que el proyecto podrá desarrollarse adecuadamente.

11.1. RECURSOS FINANCIEROS

Para la realización de este proyecto se pretende contar con los siguientes recursos financieros con el fin de poderlo llevar a cabo:

- Presupuesto establecido para la elaboración del proyecto.
- Presupuesto para inversiones extra que sean necesarios (pago por acceso a páginas o bases de datos)

11.2. RECURSOS MATERIALES

Por ser este un estado del arte, los recursos a este renglón son:

- Equipo de computo
- Servicio de internet

11.3. RECURSOS HUMANOS

Para la elaboración del proyecto se hace necesario contar con recursos humanos que se encargaran de llevar a cabo el proyecto.

- Estudiante de Tecnólogo en Mecánica automotriz
- Director y codirector integrantes del equipo de la Dirección de Ingeniería Mecánica de la Universidad ECCI

11.4. RECURSOS TECNOLÓGICOS

Para la realización de este proyecto se hacen necesarios los siguientes conocimientos técnicos para la elaboración de este:

- Saber indagar acerca de la normatividad a nivel mundial y colombiana de emisiones contaminantes.

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Comprender los principios fundamentales en sistemas de inyección diésel y motor diésel

11.5. RECURSOS ADMINISTRATIVOS

Para la elaboración del proyecto es importante el apoyo de la Universidad ECCI al brindar los recursos humanos y el acompañamiento propio de esta opción de grado.

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

12. CRONOGRAMA

Tabla 4. Cronograma. Del autor

	<u>Mes 1</u>	<u>Mes 2</u>	<u>Mes 3</u>	<u>Mes 4</u>	<u>Mes 5</u>	<u>Mes 6</u>
Presentación anteproyecto y aprobación	xxxxxxxxxxxxx xxxx					
Primera revisión estado del arte y presentación esquema contenido documentode grado		xxxxxxxxxxxxx x				
Primera entrega documento final para revisión			xxxxxxxxxxxxx x			
Correcciones a primera entrega y 2 entrega de documento final para revisión				xxxxxxxxxxxxx x		
Correcciones a segunda entrega, preparación de defensa del proyectode grado					xxxxxxxxxxxxx x	
Sustentación ante jurados						xxxxxxxxxxxxx x

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

13. ANEXOS

ANEXO 1. Equipo de análisis de emisiones contaminantes ULTIMA 600

DESDE EL TALLER



Equipo de análisis de emisiones contaminantes ULTIMA 600, de SAGEM

Extracto de Fichas Técnicas de Reparación de Vehículos.
cesvimap@cesvimap.com

EL EQUIPO DE ANÁLISIS DE EMISIONES ULTIMA 600, DE SAGEM, ANALIZA LOS GASES DE ESCAPE, TANTO EN MOTORES GASOLINA COMO DIESEL, LA TEMPERATURA DEL ACEITE Y EL RÉGIMEN DEL MOTOR. **COMO NOVEDAD, INCORPORA UN LECTOR DE CÓDIGOS DE FALLOS DE MOTOR, SEGÚN LA NORMATIVA EOB0, QUE PERMITE, ASÍ MISMO, EL CONTROL DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR Y EL BORRADO DE LOS CÓDIGOS DE ERROR ALMACENADOS**

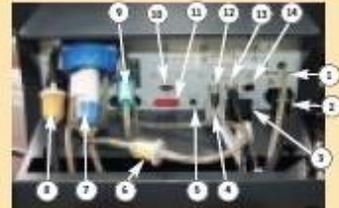
DESDE EL TALLER

1. Intro
2. Desplazamiento
3. Escape a salida
4. Impresora
5. Visualizador gráfico



Visualizador gráfico

Parte posterior del equipo



1. Salida de gases
2. Enchufe de alimentación de la célula del opacímetro
3. Conector de la célula del opacímetro
4. Conector OBD de unión con el vehículo
5. Conector de unión del fuelido
6. Filtro de papel de protección de la bomba
7. Recipiente con cartucho filtrante de eyon
8. Filtro de papel para el filtrado de partículas
9. Filtro de protección de la célula
10. Conector de la unión en serie RS232
11. Conector de la impresora
12. Conector de la sonda de la temperatura
13. Conector de piza del régimen del primer cilindro en vehículos de gasolina
14. Conector de piza piezoeléctrica del régimen para vehículos diesel

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo ULTIMA 600 posee un visualizador gráfico multilínea de tipo LCD, con pantalla plana, que permite el seguimiento de las operaciones que realiza el técnico y muestra los valores de medida, tanto de los vehículos gasolina como diesel. Además, revela cuándo un componente del sistema de emisiones está defectuoso.

Dispone de la opción de telemando por infrarrojos, que es capaz de pilotar al conjunto de equipos.

Captadores del equipo



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (GASOLINA)

PARÁMETROS	ESCALA DE MEDIDA	RESOLUCIÓN
CO	0 a 10 en %	0,01 %
CO ₂	0 a 20 en %	0,1 %
HC	0 a 20.000 ppm	1 ppm
O ₂	0 a 21,7 en %	para O ₂ > 4%: 0,1 % para O ₂ < 4%: 0,01 %
Lambda	0,8 - 1,2	0,001
Caudal de la bomba	Caudal nominal de la bomba: 3,8 l/min. Caudal mínimo de la bomba: 2,3 l/min.	
Régimen del motor	De 300 a 7.000 r.p.m.	10 r.p.m.
Temp. de utilización	de +5 °C a +40 °C	

Al mismo tiempo, posee una pequeña impresora para que, al final de la prueba, el técnico tenga la posibilidad de imprimir el informe de resultados, con una descripción del vehículo analizado.

APLICACIONES

El equipo ULTIMA 600 está compuesto por un analizador de gases de escape, para los vehículos con motor de explosión (gasolina); un opacímetro ULTIMA, para los vehículos con motor de compresión (diesel); y la útil función de diagnóstico OBD ULTIMA 600.

Possibilidades de medición:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (DIESEL)

PARÁMETROS	ESCALA DE MEDIDA	RESOLUCIÓN
Coeficiente de opacidad "K"	0 a 9,99 m ²	0,01 m ²
Temperatura del aceite	0 °C a 150 °C	1 °C
Temperatura del humo	0 °C a 150 °C	1 °C
Régimen del motor	300 a 7.500 r.p.m.	10 r.p.m.
Célula óptica	Long. de la muestra medida Temp. estabilizada a Tiempo de precalentamiento Tiempo del calibrado	0,364 m 75 °C < 10 minutos < 10 segundos
Sonda de recogida de gases	Longitud Diámetro	750 mm 10 mm
Temp. de utilización	de +5 °C a +40 °C	

GAS (VEHÍCULOS CON MOTOR GASOLINA)

Este equipo está concebido para medir cuatro gases de escape simultáneamente: monóxido de carbono (CO) en % en volumen, dióxido de carbono (CO₂) en % en volumen, hidrocarburos no quemados (HC) en ppm (partes por millón) en volumen y oxígeno (O₂) en % en volumen. También es posible obtener el valor del cálculo de CO corregido en % en volumen y calcular, a partir de los cuatro gases, el valor lambda (λ). Al mismo tiempo, presenta los valores del régimen del motor en vueltas por minuto y la temperatura del aceite.

Para la toma de los valores de los gases habrá que conectar los diferentes captadores al vehículo (sonda de temperatura,



Modo control



Medición de un resultado aceptable



Modo gráfico

sonda de recogida de gases y captador del régimen), poner el equipo en funcionamiento y el motor del vehículo en marcha (hasta que alcance su temperatura de funcionamiento, a 80 °C) y seleccionar:

- **Modo "medida":** Presenta una pantalla con la medida de los distintos gases de escape, permitiendo imprimir el ticket de resultados.
- **Modo "control":** Muestra tres procedimientos de acceso: "no catalizado, antes de 01/01/86", "no catalizado, después de 01/10/86" o "vehículo catalizado". Al seleccionar uno de ellos, el equipo va guiando al técnico para el desarrollo de la prueba. Al acabar el procedimiento, se visualiza el resultado en la pantalla y se podrá imprimir en el ticket.

OPACIDAD (VEHÍCULOS CON MOTOR DIESEL)

El opacímetro ULTIMA está preparado para medir la opacidad del humo de los gases de escape de los vehículos diesel, cumpliendo la norma UNE 82503:1999.

- **Modo "control":** Representa el control técnico. Consiste en una aceleración de limpieza y sucesivas aceleraciones de medida, hasta un máximo de diez. El equipo sólo tendrá en cuenta tres aceleraciones sucesivas, cuyo desvío no sea superior a 0,25 m³, sobre las que realizará los cálculos, presentando en el visualizador la media aritmética en m³. El resultado podrá ser "aceptable" o "inaceptable"; si después de diez aceleraciones los resultados son dispares, en el visualizador se presentará la lectura "medida inestable", pudiendo imprimir un ticket posteriormente.

- **Modo "gráfico":** Permite un registro de la opacidad durante diez segundos, mostrando una gráfica de la curva de opacidad en función del tiempo. Así mismo, presenta el valor del pico de medida.

OBD (SISTEMA EOBD)

El equipo ULTIMA 600 viene equipado con cable de unión OBD, que se conecta a la toma de diagnóstico del vehículo (si éste está equipado con el sistema EOBD). Una vez conectado el útil de diagnóstico ULTIMA 600, se establece la comunicación con el calculador del vehículo, permitiendo los siguientes servicios:

- **Servicio 1:** Lectura de los valores de los parámetros del motor. Presenta el número de fallos memorizados y el estado del testigo EOBD (encendido/apagado), la temperatura del agua y del aire, avance, presión, régimen, velocidad, mariposa, etc.
- **Servicio 2:** Registra el valor de los parámetros en el momento en el que aparece un código de fallo del diagnóstico. Presenta el código de defecto (fallo) que ha provocado el registro.
- **Servicio 3:** Lectura de los fallos. Presenta el número de fallos y la lista de los códigos de defectos, en el orden en el que han sido registrados. Si no se ha registrado ningún fallo presenta el mensaje "no hay fallo memorizado".
- **Servicio 4:** Impresión de fallos.
- **Servicio 5:** Borrado de los fallos o defectos. Permite borrar todos los fallos memorizados tras una demanda de confirmación de borrado ✘

Cable de unión del sistema EOBD



Lectura de parámetros



Lectura de fallos



Colocación del opacímetro

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ANEXO 2. Analizador de gases combinado MET 6.3

MET 6.3

TECNOLOGÍA PARA ANÁLISIS DE EMISIONES





MET-SERIES

VP 135213

Analizador de gases combinado

DESCRIPCIÓN:

- Analizador de gases con poco peso y tamaño compacto
- Tiempo de calentamiento breve y disponibilidad rápida
- Una sola sonda común para diésel y gasolina
- Análisis preciso de los componentes gaseosos HC, CO, CO₂, O₂ con cálculo del valor Lambda
- Comprobación y/o diagnóstico rápida y sin complicaciones de la opacidad/concentración de partículas mediante procedimiento de corriente parcial con aceleración libre o bajo carga del motor
- Manejo intuitivo, estructura simple del proceso de análisis de gases de escape según la actual guía 5 para tiempos de procesamiento mínimos
- Evaluación especialmente confortable de EOBD con MAHA VCI
- Separación de condensado innovadora mediante separador de agua activo
- Fácil mantenimiento con acceso mejorado
- A prueba del futuro con la tecnología más avanzada
- Todos los valores de medición de HC, CO, CO₂, O₂, valor K, opacidad, concentración de partículas pueden visualizarse al mismo tiempo
- Opcional:
 - Ampliable para la medición adicional de NOx (monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂) se miden por separado)
 - Interfaz W-LAN

DESCRIPCIÓN DE LA CÉLULA DE MEDICIÓN PARA GASOLINA:

- Analizador de gases de corriente parcial con unidad de visualización (equipo base) para el análisis de los componentes gaseosos HC, CO, CO₂, O₂ con cálculo del valor Lambda
- Medición de gases de escape posible para motores de CNG, LPG y gasolina

DESCRIPCIÓN DE LA CÉLULA DE MEDICIÓN PARA DIÉSEL:

- Inspeccionado según requerimientos PTB 18.09
- Registro de valores de medición momentánea o continuada
- Opciones:
 - Interfaz W-LAN

VOLUMEN DE SUMINISTRO:

- Equipos básicos analizador de gases y opacímetro en una carcasa de plástico de alta calidad con unidad de visualización integrada y teclado
- Sonda de medición de enroscado de acero 600 mm, manguera de sonda 2000 mm
- Interfaz LAN con cable LAN (RJ 45)
- Fuente de alimentación 110V - 230V, 50/60Hz
- Manguera transparente para la separación del condensado con recipiente
- Filtro principal, filtro de punto cero, filtro de condensado
- Sensor de O₂ electroquímico
- Pines Trigger para MET 6.3 para el registro inductivo del número de revoluciones en cables de enroscado
- 2 filtros de repuesto, 2 juntas de repuesto
- Software de valores de medición para una medición continua y control del MET: sin rutina de prueba específica de cada país

DATOS TECNICOS:

Análizador de gases para gasolina

Gases medidos	HC, CO, CO2, O2
Principio de medición espectrometría de infrarrojo	HC, CO, CO2
Principio de medición dispersión electroquímica	O2
Tiempo de calentamiento	60 s
Indice de flujo	3,5 l/min
Clase de precisión	0 (DIML)
Tensión de a bordo	10 V / 30 V
Alimentación de corriente	1W/PE 110 W/230 V 50 Hz/60 Hz
Temperatura ambiente	0 °C - 45 °C
Área de funcionamiento	-100 m - 3000 m
Dimensiones totales (L x A x Al)	406 mm x 225 mm x 160 mm
Peso	4,6 kg
CO - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	0 - 15 % Vol. / 0,01
CO2 - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	0 - 20 % Vol. / 0,01
HC - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	0 - 9999 ppm / 0,1
O2 - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	0 - 25 % Vol. / 0,01
Lambda (calculada)	0,5 - 9,99 / 0,01

Análizador de gases de escape para diesel

Tiempo de calentamiento aprox. de la célula de medición	150 s
Tensión de a bordo	10 V / 30 V
Alimentación de corriente	1W/PE 110 W/230 V 50 Hz/60 Hz
Dimensiones totales (L x A x Al)	406 mm x 225 mm x 160 mm
Peso	4,6 kg
Rango de medición concentración de partículas	1 - 1100 mg/m ³
Resolución concentración de partículas	1 mg/m ³
Intervalo de medición opacidad	0 - 100 %
Área de medición coeficiente de absorción	1 - 0,99 m ⁻¹
Resolución coeficiente de absorción	0,01 m ⁻¹

ACCESORIOS:

VZ 911355	Modulo configuración PC/ Cable de pruebas- Alimentación para MET 6.3
VZ 910176	Computadora Industrial AG-In-One
VZ 910177	Computadora Industrial Kompakt
VZ 910092	Teclado para PC + ratón
VZ 910165	Pantalla plana de 22" para PC (TFT estándar)
VZ 910091	Impresora DIN-A4 color de línea en color
VZ 910186	Adaptador USB-WLAN
VZ 910188	
VZ 910189	
VZ 900425	W-LAN interfaz MET 6x
VZ 900446	MGT 300 EVO
VZ 900291	Prolongación cable desde sensor de medición
VZ 900294	Prolongación para alimentación a la batería, 4 m
VZ 900292	Cable de alimentación RFM VG 2/MGT 300 EVO
VZ 900293	Cable alimentación para VCI/MGT 300 EVO
VZ 900439	AWL DTEST SPEED 2000
VZ 910138	RPM Alimentación de tensión del AWL DTEST
VZ 900455	Y adaptador del MET 6x
VZ 911205	RPM Cable prolongación 5m para conectar sensor combinado
VZ 910139	RPM DigDisplay AWL DTEST SPEED 2000
VZ 911361	MWV VCI (W-LAN) Modulo inalámbrico OBD
VZ 900395	Sensor de temperatura anillo para coches MET 100 - 1500 mm de longitud
VZ 900447	Medidor infrarrojo de Temperatura
VZ 900399	Sonda de gases 750 °C
VZ 900340	Sonda de gases MET 6x Auto/Motor
VZ 945001	Bolsa negra para las sondas de gases
VP 975479	Fahrwagen T-Eltnel-od. Kombi
VP 975667	Fahrwagen für MET 6x
VZ 911065	Módulo de software-datos previstos para AU I, AU II con OBD
VZ 911291	MAHA Emission Viewer Software
VZ 900461	NO/NO2 Sensor para MET 6.3
VZ 975232	Regulador de presión para la calibración
VZ 900396	Cable 12/24V, MET
VZ 904019	Mobility Kit MET 6x MAHA
VZ 975533	Kit para toma de gases con MGT
VZ 975536	
VZ 900454	Barras telescópicas MET
VZ 900463	Filtro de calibración de 30% MET
VZ 900464	Filtro de calibración de 50% MET
VZ 900465	Filtro de calibración de 70% MET
VZ 900466	Filtro de calibración de 30% (PTB)
VZ 900467	Filtro de calibración de 50% (PTB)
VZ 900468	Filtro de calibración de aprox 70% MET (PTB)

ANEXO 3. Estación de emisiones BEA 850

BEA 850: Estación completa de emisiones y diagnóstico de Bosch



Equipo completo para profesionales, modular y ampliable: BEA 850

Analizador de 4 gases y opacímetro, integrado en un equipo completo, con carro, PC, impresora, pantalla TFT y mando a distancia. Una herramienta completa para el diagnóstico y la reparación de vehículos en el taller.

El equipo contiene (según configuración):

- ▶ Analizador de 4 gases BEA 050 **8** de clase 0, integrado en el carro
- ▶ Opacímetro RTM 430 **5** de gran precisión, fácil limpieza y calibración, opacímetro de referencia de laboratorios oficiales de varios países europeos
- ▶ Módulo de medición MTM **4** ó BDM 300 **11** de revoluciones y temperatura del motor con cables y sensores
- ▶ Carro **9** adaptado para fácil manejo del equipo en el entorno del taller
- ▶ PC y accesorios incluidos (Pantalla TFT **1** de 19", impresora **3**, ratón **7**, mando a distancia **2**)

El teclado **6**, el módulo de diagnóstico de unidades de control KTS **10** y el módulo de medición de revoluciones BDM 300 **11** deben pedirse aparte.

Números de pedido:

BEA 850 Gasolina	Ref. 0 684 120 077*
BEA 850 Diesel	Ref. 0 684 120 078

Módulo Opacímetro	Ref. 1 687 001 577
Módulo Analizador	Ref. 1 687 001 865
BDM 300	Ref. 1 687 023 489
Programa ESA	Ref. 1 687 000 784
Teclado español	Ref. 1 687 022 358



* El analizador de este equipo incluye Declaración de conformidad con el módulo D, por lo que no requiere verificación en Laboratorio Oficial (Organismo Notificado).

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ANEXO 4 Analizador de gases de combustión ECOM

ecom

ecom-B

COMPACT, HAND-HELD FLUE GAS ANALYZER

- Longlife sensors
- Longlife cycle battery
- CO sensor overload protection
- Ultra-light aluminium housing

ecom-B Flue Gas analyzer

- O₂/CO (H₂-comp.) Longlife sensors
- Aluminium housing fitted with magnets on the back
- Integral LiFePO₄ high performance battery with long life cycle
- Sampling probe ø 8mm, length 150 mm, with fixation cone; 3-chamber sampling tubing length 1.5 m
- T-Room sensor (PT 2000) 100mm with cable 1.1 m, fixation cone
- Main charger included
- Optical condensate monitoring
- Calibration certificate

Sensor Gas Option

- NO measurement (NO sensor)

Accessories

- Differential pressure tubing
- Manual soot pump set (incl. filter papers, comparison scale)
- ecom-P (infrared printer)
- T-Room stick (PT 2000)
- T-Room probe 250mm
- Sling pack
- Plastic transport case
- Transport bag
- Incl. comfort carrying strap

Note

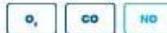
- Recommended for control measurements on heating systems

Dimensions (W x H x D) 200 x 125 x 70 mm

Weight approx. 1,5 kg (complete)



Measurable Gases



■ = Basic, ■ = Optional GC



Testing according to DIN EN 50870-2 and 1st. BImSchV.



ecom-B

FLUE GAS ANALYZER IN MINIATURE SIZE

Embedded in a protective aluminium cover with fixation magnets on the back offering space for the stowage of the complete sampling system.

Product features identical to above model, except:

Dimensions (W x H x D) 250 x 180 x 80 mm

Weight approx. 2,1 kg (complete)



		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

ANEXO 5. Analizador de gases de gases de combustión NANOMET 3



Be sure. **testo**

Comprobación de cualquier vehículo. En todo lado.

testo NanoMet3 para Real Driving Emissions (RDE).

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009



Las nanopartículas de los motores de combustión son nocivas para la salud. Si bien, por una parte, la masa de las emisiones de partículas se reduce de forma tangible gracias a las tecnologías modernas de los motores y el uso de filtros antipartículas, por otra parte, las partículas emitidas también son mucho más pequeñas debido a las presiones de inyección más elevadas. Debido a la gran capacidad de difusión, estas nanopartículas se acumulan en los alvéolos, desde allí penetran más profundamente en el organismo humano y aumentan el riesgo de contraer cáncer o padecer un infarto cardíaco.

Las exigencias hacia un sistema de medición con estas características son muy altas:

- Resultados de medición exactos y reproducibles
- Ajustes del instrumento idénticos en vehículos de gasolina y diésel
- Manejo sencillo y sin complicaciones

testo NanoMet3: Contador de nanopartículas portátil

Gracias a la experiencia de varios años con los instrumentos de medición de nanopartículas para aplicaciones automovilísticas, ecológicas y de laboratorio, Testo ha podido desarrollar con el NanoMet3 un contador de nanopartículas robusto, portátil y económico, es decir, un sistema de medición portátil de emisiones (PEMS).

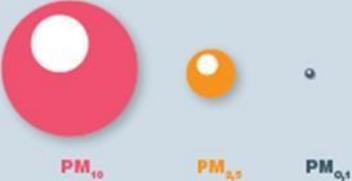
Por esta razón, además de la medición de gases de combustión gravimétrica también se debe determinar la concentración de la cantidad de nanopartículas en los gases de combustión de los motores de combustión. Para ello, los organismos de control así como los departamentos de investigación y desarrollo necesitan una tecnología de medición altamente sensible que no solo suministre resultados precisos bajo condiciones de laboratorio o en el banco de pruebas dinámico, sino también bajo condiciones reales de tráfico. Pues solo así se pueden determinar las Real Driving Emissions (RDE).

El testo NanoMet3 ofrece mediciones de alta precisión en un rango de concentración bastante grande y, por esta razón, es ideal para una amplia gama de aplicaciones:

- Medición de partículas según RDE para la prueba de tipo conforme a la norma Euro 6c
- Determinación de partículas para la investigación y desarrollo de filtros de partículas
- Caracterización de las emisiones de partículas en motores de gasolina y diésel

El gran rango de medición entre 10.000 y 300.000.000 pt/cm³ cubre prácticamente todas las normas de gases de combustión con respecto al número de partículas.

PM₁₀: Polvo fino, diámetro de las partículas < 10 μm
 PM_{2,5}: Fracción fina, diámetro de las partículas < 2,5 μm
 PM_{0,1}: Nanopartícula / Partículas ultra finas, diámetro de las partículas < 0,1 μm / < 100 nm

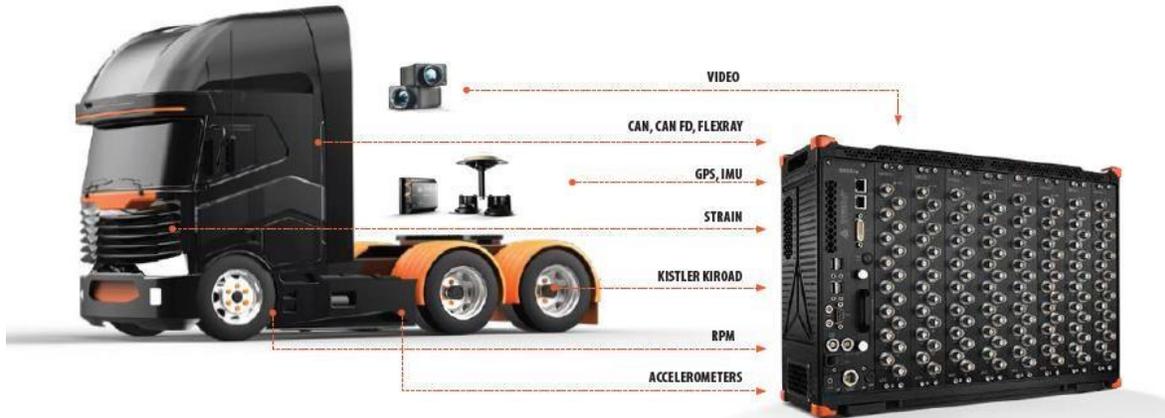


			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ANEXO 6.



ROAD LOAD DATA ANALYSIS



IN VEHICLE DATA COLLECTION

Virtually any analog, counter, and digital sensor can be connected to the system. Measure vibration, strain & stress, acceleration, forces, wheel speed.

OTHER DATA SOURCES

Additional synchronized acquisition of other sources is possible within the same system – Kistler RoadDyn, Kistler Kiroad wheel force transducers, GPS, inertial sensors, CAN, CAN FD, OBDII, J1939, LIN, FlexRay, XCP/CCP, Video, etc.

PERFECT SYNCHRONIZATION

Acquired data from various sources are synchronized with microseconds accuracy.

RPCIII EXPORT

Data analysis and replay data can be directly exported to standard RPCIII format.

Durability measurements during actual test drives or on testbeds, either for entire vehicle or certain components. Various smart technologies eliminate re-testing, and dramatically shorten test time.

ADDITIONAL ANALYSIS

Combine different applications and analysis with the same system. Vehicle dynamics, combustion analysis, vibration, etc. can be combined in one synchronized data file.

			
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los sistemas de inyección diésel ha venido siendo actualizados sobre la base de pasar del control mecánico de sus funciones al control electrónico.
- El combustible ha sido mejorado en su composición química para alinearse con los requerimientos.
- Los países que marcan la pauta sobre control de emisiones en legislación, normatividad y procedimiento son EE. UU, Comunidad Europea y Japón
- Las normas más utilizadas y replicadas a nivel mundial son las normas EPA y las normas EURO
- En Colombia la legislación está debidamente sustentada sobre resoluciones y el procedimiento de medición sobre el Instituto Colombia de normas técnicas y certificaciones
- Existen en el mercado nacional e internacional una variedad de equipos para el análisis de opacidad y/o emisiones diésel, con resultados a corto, medio y largo alcance
- Como recomendación muy importante, para la selección del equipo para análisis de emisiones tener en cuenta:
 - El alcance académico que se pretende (grupo de investigación, línea de investigación)
 - Este proyecto no contemplo el aspecto financiero y el servicio postventa (capacitación y garantía) por lo que se recomienda dado el caso, considerar esto con más detenimiento
 - Si no existieran límites económicos y se buscara un impacto contundente es necesario la inversión en un software y equipos complementarios (véase matriz comparativa)

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

15. REFERENCIAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaría de medio ambiente. (2012). *Secretaría del medio ambiente*.
Obtenido de http://ambientebogota.gov.co/archivo-de-noticias/-/asset_publisher/5PPa/content/secretaria-de-ambiente-endurece-normas-de-emision-para-el-transporte-publico-colectivo-masivo-e-integrado?redirect=http%3A%2F%2Fambientebogota.gov.co%2Farchivo-de-noticias%3Fp
- Alonso, J. (2014). *Sistema auxiliares del motor*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.
- Alvarez, J., Callejon, I., & Forns, S. e. (2005). *Motores alternativos de combustión interna*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Armas, O., & Casanova, J. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Barcelona: Reverte.
- Bartsch, C. (2001). *Revolucion del motor diésel*. Barcelona: Ediciones Ceac.
- Baste, J. (2013). Determinación de los componentes contaminantes en el sistema de alimentación diésel. *Rev ciencias Tecnicas Agropecuarias*, 65-68.
- Borona, R., & Garcia, M. (2011). *El vehiculo electrico: desafios tecnologicos, infraestructuras y oportunidades de negocio*. Barcelona: Libbooks.
- Bosch Gmbh, R. (2002). *Regulacion electronica diésel*. Stuttgart: Robert Bosch GmbH.
- Bosch, R. G. (2005). *Manual de la tecnica del automovil*. Stuttgart: Robert Bosch GmbH.
- Calleja, G. (2015). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor ciclo diésel*. Madrid: Paraninfo, SA.

		
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

- Conde, F. (2014). Novedades técnicas en camiones. *Cesvimap*, 21(87), 32-35.
- Conese, V. (1997). *Auditorias medioambientales*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Diario Oficial de la Unión Europea. (5 de Mayo de 2016). Obtenido de eur-lex.europa.eu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L0802&from=PL>
- Díaz, P. (17 de Agosto de 2017). *NTC 4983 2012 Gases Gas Gasolina*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/134771410/NTC-4983-2012-Gases-Gas-Gasolina>
- Dominguez, E. (2018). *Sistemas de arranque y carga*. Barcelona: Editex.
- Frame, E., & Whitney, K. (2002). *SFTP Cycle Contributions to Light-Duty Diésel Exhaust Emissions*.
- France24. (2019). Obtenido de <https://www.france24.com/es/20190918-trump-en-guerra-ambiental-con-california-por-normas-contaminantes-de-autos>
- García del Río, A. (2012). *mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel*. Madrid: elearning.s.l.
- Gastalver, C. (2017). *Gestión de costos y calidad del servicio de transporte de carretera*. Barcelona: Elearning S.L.
- González, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares 2ª edición*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.
- Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación. (2012). *Icontec .org*. Obtenido de www.icontec.org
- Klier, T., & Linn, J. (2012). New-vehicle characteristics and the cost of the Corporate Average Fuel Economy standard. *The RAND Journal of Economics*, 186-213.
- Lapuerta, M., & Hernández, J. (2011). Combustibles. En *Motores de combustión interna alternativos*. Barcelona: Editorial Reverte.
- Molina, J., & Moroco, V. (2018). *Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción Epa ftp 75 y Epa hwfet, en dinamómetro de chasis*. Universidad del Azuay.
- Murviedro, C. (1994). Propaganda y publicidad nazis en España durante la segunda guerra mundial. *Espacio, tiempo y forma. Serie V. Historia contemporánea*.
- Nicolae, B., & Ovidiu, B. (2019). *Proceedings in Automotive Engineering*. Springer.
- Ordoñez, S. (2009). *después de Hobbert. Los combustibles fósiles. Boletín de la real sociedad geográfica. Vol 145 (Vol. 145)*.
- Pardiñas, J., & Feijoo, R. (2018). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: Editex.
- Peralta, M. (2015). *Eliminación de contaminantes de gases de escape diésel: estabilización de catalizadores. Tesis de grado*. Universidad nacional del Litoral: facultad de Ingeniería Química.
- Pérez, M. (2011). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: Ediciones Paraninfo SA.
- Pérez, M. (2017). *Sistema auxiliares del motor, 2º edición*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.
- Rovira, A., & Muñoz, M. (2015). *Motores de combustión interna*. Madrid: Uned. es /Publicaciones. SA, T. e. (17 de AGOSTO de 2017). *Imágenes de GOOGLE*. Obtenido de <http://www.teresa.com.ni/wp-content/uploads/2016/03/CINTAS-DE-AMARRE6BLANCO-PROFER-100UNI.jpg>
- Sanchez, E. (2009). *Sistemas auxiliares del motor*. Macmillan Iberia.
- Sosa, F., Gallego, J., & García, M. (2015). Estudio bibliográfico del tratamiento de gases de escape en los motores de combustión interna. Trabajo de grado. Sevilla.
- Stephen R. Turns. (2000). *AN INTRODUCTION TO COMBUSTIÓN "Concepts and Applications"*. McGraw-Hill Higher Education.
- Torregosa, A., Olmeda, P., & Gutiérrez, E. R. (2008). Metodología para el análisis de un sistema de refrigeración rediseñado para un motor diésel. *Scientia et Technica*, 193-198.
- Transmilenio. (2019). *Transmilenio*. Obtenido de <https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/151332/empiezan-a-rodar-los-primeros-140-buses-de-transmilenio-a-gas-natural-en-bogota/>