



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Normatividad nacional e  
internacional de emisiones  
contaminantes para vehículos  
nuevos en planta**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A**

Elnatan Eder Torres González

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Rogelio González Oropeza



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Ingresa 2017**

# NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL DE EMISIONES CONTAMINANTES PARA VEHÍCULOS NUEVOS EN PLANTA

## CAPÍTULO 1

### Marco teórico en que se circunscribe la tesis

1.1 Contaminación ambiental, contaminación del aire.....	6
1.2 Fuentes de contaminación del aire ambiental. Fuentes móviles.....	9
1.3 Escala de la contaminación atmosférica (IMECA).....	14
1.4 Sistema de monitoreo atmosférico de la ciudad de México.....	18
1.5 Clasificación de los vehículos de acuerdo a la Normatividad de cada País.....	20

## CAPÍTULO 2

### Emisiones Contaminantes de los Vehículos (Equipo y Procedimiento de Medición)

2.1 Elementos constitutivos de un dinamómetro.....	26
2.2 Dinamómetro de chasis.....	30
2.2.1 Dinamómetro de chasis para vehículos pesados.....	31
2.3 Banco dinamométrico con freno hidráulico .....	32
2.3.1 Dinamómetro de banco hidráulico .....	33
2.4 Dinamómetro de banco de corrientes parásitas.....	34
2.5 Analizadores de gases.....	36
2.5.1 Principios de funcionamiento.....	37
2.5.2 Equipos y Procedimientos de Medición, CVS, cromatógrafo, PEMS, FTIR, BAR90, etc.....	43
2.6 Ciclos de manejo.....	53

## CAPÍTULO 3

### Normas Internacionales para Vehículos Nuevos

#### Estados Unidos de América

3.1 Autoridades regulatorias, la EPA (Agencia de Protección al Medio Ambiente) y El CARB (Consejo de Recursos del Aire en California).....	83
---	----

- 3.1.1 Normas de emisiones (TIER 3). Nivel Federal 3.....84
  - Normas FTP..... 85
  - Normas de flota media de NMOG + Nox..... 85
  - Normas PM.....86
  - Normas suplementarias de las emisiones de escape.....86
  - Vida útil.....88
  - Normas de combustible.....88
- 3.2 Otras pruebas .....88
  - 3.2.1 Las emisiones por evaporación.....88
  - 3.2.2 Reducción de Ozono directa (DOR).....89
  - 3.2.3 Normas de gran altura.....89
- 3.3 Normas de emisiones de California (LEV III).....90
  - Normas de material particulado..... 91
  - Requisitos de las flotas de emisiones.....92
  - Durabilidad.....93
  - Las emisiones por evaporación.....93
- 3.4 Motores de servicio pesado en carretera.....94
  - 3.4.1 Aplicabilidad y pruebas.....94
  - 3.4.2 Estándares de emisión.....94
  - 3.4.3 Vehículos de emergencia.....96
- 3.5 OBD.....96
  - 3.5.1 Requisitos de código MIL y Fault..... 96
  - 3.5.2 Supervisión.....97
  - 3.5.3 Criterios de mal funcionamiento.....99

### **Unión Europea**

- 3.6.1 Normas de Emisión para Automóviles y camiones ligeros.....101
- 3.6.2 Emisiones de gases de efecto invernadero.....106
- 3.6.3 Normas de Emisión para motores de servicio pesado de camiones y de autobuses.....107
- 3.6.4 Normativa Euro VI.....108

### **Japón**

- 3.7.1 Normas de Emisión de Automóviles y camiones ligeros.....111
- 3.7.2 Normas de emisión para Motores de servicio pesado.....115

3.7.3 Objetivos del 2015.....	117
3.7.4 Ahorro de combustible.....	121
3.7.5 Automotor NOx y ley PM.....	124
3.7.6 Normas de emisión.....	124

## **México**

3.8.1 Norma oficial mexicana nom-042-semarnat-2003.....	126
3.8.2 Norma oficial mexicana nom-044-semarnat-2006.....	130
3.8.3 Norma oficial mexicana nom-076-semarnat-2012.....	132

<b>Conclusiones.....</b>	<b>136</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>139</b>

# Objetivos de la tesis.

- Mostrar un panorama global de las normativas y por supuesto de la nacional.
  - Hacer una pequeña síntesis de lo que es la contaminación.
- Clasificación de los vehículos de acuerdo a la normatividad del país.
  - Dar a conocer los equipos y procedimientos de medición
- Detallar que son los ciclos de manejo y los ciclos principales que existen.

# Capítulo 1 Marco teórico

El trabajo presentado en esta tesis tiene objetivos diversos, entre los más importantes está, el mostrar un panorama global de la normatividad de emisiones contaminantes provocada por fuentes móviles en el mundo, y por supuesto la nacional. De esta manera se podrán conocer los niveles que existen en otros países y en el nuestro, además de los protocolos de medición que son muy importantes en este contexto.

Vale la pena también mencionar que este trabajo se utilice como una fuente de información preliminar para quienes desean conocer algo acerca de la normatividad en el mundo.

## 1.1 CONTAMINACIÓN

La contaminación es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre y los ecosistemas (seres vivos). Existen diferentes tipos de contaminación. Los tipos de contaminación más importantes son los que afectan a los recursos naturales básicos: el aire, los suelos y el agua.

Algunas de las alteraciones medioambientales más graves relacionadas con los fenómenos de contaminación son los escapes radiactivos, el smog, el efecto invernadero, la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono, la eutrofización de las aguas o las mareas negras. Existen diferentes tipos de contaminación que dependen de determinados factores y que afectan distintamente a cada ambiente.

### Contaminante

Un contaminante es cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño desequilibrio (irreversible o no) en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio ambiente, y generalmente, se genera como consecuencia de la actividad humana.

Para que exista contaminación, la sustancia contaminante deberá estar en cantidad relativa suficiente como para provocar ese desequilibrio.

### Porcentaje de la generación de contaminación [1]

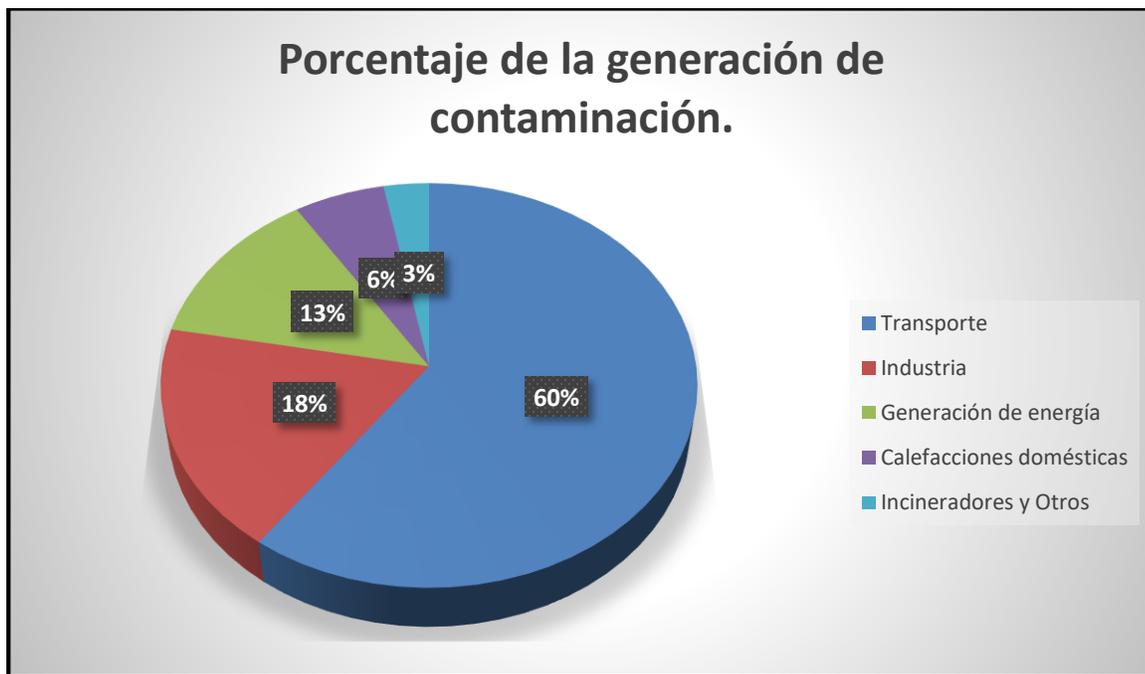
Transporte 60%

La industria 18%

Generación de energía 13%

Calefacciones domésticas 6%

Incineradores y otros 3%



*Fig. 1.1 Porcentaje de la generación de contaminación*

### Contaminación atmosférica

Se entiende por **contaminación atmosférica** a la presencia en la atmósfera de sustancias en una cantidad que implique molestias o riesgo para la salud de las personas y de los demás seres vivos, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión, tanto en industrias como en automóviles y calefacciones residenciales, que generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes. Igualmente, algunas industrias emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa.

### Contaminantes atmosféricos primarios y secundarios

Los **contaminantes primarios** son los que se emiten directamente a la atmósfera como el dióxido de azufre  $\text{SO}_2$ , que daña directamente la vegetación y es irritante para los pulmones.

Los **contaminantes secundarios** son aquellos que se forman mediante procesos químicos atmosféricos que actúan sobre los contaminantes primarios o sobre especies no contaminantes en la atmósfera. Son importantes contaminantes secundarios el ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , que se forma por la oxidación del  $\text{SO}_2$  y el dióxido de nitrógeno  $\text{NO}_2$ .

## 1.2 Principales tipos de contaminantes de aire

Contaminantes gaseosos: En ambientes exteriores e interiores los vapores y contaminantes gaseosos aparecen en diferentes concentraciones. Los contaminantes gaseosos más comunes son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono. Diferentes fuentes producen estos compuestos químicos pero la principal fuente artificial es la quema de combustible fósil.

La contaminación del aire interior es producida por el consumo de tabaco, el uso de ciertos materiales de construcción, productos de limpieza y muebles del hogar

### Gases Tóxicos

- A. **El monóxido de carbono (CO)** es el producto de la combustión incompleta, en la que el carbono no encuentra suficiente oxígeno para formar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Una mezcla rica en combustible aumenta considerablemente la presencia de éste gas muy tóxico.

Este gas es altamente peligroso, respirarlo por 30 minutos al 0,3% resulta mortal, pues se combina fácilmente con los glóbulos rojos de la sangre sustituyendo al oxígeno produciendo daños irreparables en los seres vivos.

El CO es probablemente el mejor indicador de la relación aire-combustible debido a su sensibilidad a los cambios de proporción de la mezcla.

- B. **Los hidrocarburos (HC)** no quemados, son moléculas de combustible parcialmente oxidadas. Estos gases se deben a que por algún factor se impide que la mezcla se quemara correctamente dentro de la cámara de combustión (bujías, demasiado avance del encendido o tiempo insuficiente del mismo, baja compresión, mezcla pobre, etc.).

Las mezclas pobres (con exceso de oxígeno) provocan una velocidad de inflamación muy baja y por lo tanto no se produce una combustión correcta y por eso sale el combustible sin quemar (HC) por el escape. Las mezclas muy ricas (con exceso de combustible), debido a la falta de oxígeno también producen una combustión incorrecta y generan combustible sin quemar, consumen combustible en exceso, ensucian las bujías y pueden aumentar el desgaste del motor.

La presencia de HC se detecta fácilmente por su característico olor y también son altamente tóxicos, considerados cancerígenos en algunos casos, ya que dentro de éstos se engloban las parafinas, olefinas, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, acetileno, etileno, hidrocarburos policíclicos, hollín, etc. En motores en buen estado, el valor normal de HC debe ser inferior a 350 ppm (partes por millón), mientras en vehículos catalizados baja de 50 a 100 ppm.

- C. **Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)** en el escape aparece en forma de óxidos de nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub>). Esta combinación se produce debido a las condiciones favorables de temperatura y

presión que se dan en las cámaras de combustión. El volumen de  $\text{NO}_x$  generado, depende de la cantidad de gases que luego de la combustión quedan recirculando en la cámara, esa cantidad aumenta cuando el régimen y la carga del motor son bajos.

A pesar de su escaso volumen en relación al total de gases emitidos por el vehículo, se debe tener en cuenta que se trata de compuestos muy agresivos para los tejidos pulmonares, además de formar al combinarse con el vapor de agua de la atmósfera, compuestos ácidos responsables de la llamada “lluvia ácida”. A su vez, los vehículos son la principal fuente de este contaminante en el país

- D. **Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )** La principal fuente de emisión de dióxido de azufre a la atmósfera es la combustión del carbón que contiene azufre. El  $\text{SO}_2$  resultante de la combustión del azufre se oxida y forma ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , un componente de la llamada lluvia ácida que es nocivo para las plantas, provocando manchas allí donde las gotitas del ácido han contactado con las hojas.

La lluvia ácida se forma cuando la humedad en el aire se combina con el óxido de nitrógeno o el dióxido de azufre emitido por fábricas, centrales eléctricas y automotores que queman carbón o aceite. Esta combinación química de gases con el vapor de agua forma el ácido sulfúrico y los ácidos nítricos, sustancias que caen en el suelo en forma de precipitación o lluvia ácida. Los contaminantes que pueden formar la lluvia ácida pueden recorrer grandes distancias, y los vientos los trasladan miles de kilómetros antes de precipitarse con el rocío, la llovizna o lluvia, el granizo, la nieve o la niebla normales del lugar, que se vuelven ácidos al combinarse con dichos gases residuales.

El  $\text{SO}_2$  también ataca a los materiales de construcción que suelen estar formados por minerales carbonatados, como la piedra caliza o el mármol, formando sustancias solubles en el agua y afectando a la integridad y la vida de los edificios o esculturas.

- E. **Metano ( $\text{CH}_4$ )** El metano,  $\text{CH}_4$ , es un gas que se forma cuando la materia orgánica se descompone en condiciones en que hay escasez de oxígeno; esto es lo que ocurre en las ciénagas, en los pantanos y en los arrozales de los países húmedos tropicales. También se produce en los procesos de la digestión y defecación de los animales herbívoros.

El metano es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global del planeta Tierra ya que aumenta la capacidad de retención del calor por la atmósfera.

## F. **Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM)**

Los COVDM son compuestos formados principalmente por hidrocarburos a los que se les une alguno de los siguientes grupos químicos: alcoholes, aldehídos, alcanos, aromáticos, cetonas y derivados halogenados. Se caracterizan por ser sustancias fácilmente vaporizables a temperatura ambiente, y muchos de ellos son incoloros e inodoros.

### **Fuentes de emisión y aplicaciones de los COVDM.**

Como fuentes antropogénicas, destacan el sector transporte y los procesos de combustión para la generación de energía, pero la principal, proviene del uso de disolventes, pinturas y aerosoles, representando aproximadamente el 24 % del total de las emisiones producidas.

En la naturaleza, la principal fuente de emisión de los COVDM proviene de la vegetación, de hecho, el olor asociado de algunas coníferas forestales se debe a la emisión de estas sustancias. [16]

## **Efectos de los gases contaminantes en el clima**

La contaminación del aire se produce por toda sustancia no deseada que llega a la atmósfera esta sustancia puede ser en forma de gases, líquidos o sólidos. Generalmente los contaminantes se elevan o flotan lejos de sus fuentes sin acumularse hasta niveles peligrosos

- El **efecto invernadero** es el fenómeno que se produce cuando algunos gases retienen la energía que emite la tierra tras haber sido calentada por la radiación solar.

Esto quiere decir que varios componentes atmosféricos, tales como el vapor de agua, el dióxido de carbono, tienen frecuencias moleculares vibratorias en el rango espectral de la radiación emitida por la Tierra. Estos gases de efecto invernadero absorben y reemiten la radiación en onda larga, devolviéndola a la superficie terrestre, causando el aumento de temperatura, fenómeno denominado Efecto Invernadero.

El vidrio de un invernadero similar a la atmósfera es transparente a la luz solar y opaca a la radiación terrestre, pero confina el aire a su interior, evitando que se pueda escapar el aire caliente (McIlveen, 1986; Anderson et al, 1987). Por lo tanto, el proceso que hace que un invernadero se caliente es diferente y el nombre engaña. El interior de un invernadero se mantiene tibio porque el vidrio inhibe la pérdida de calor por convección hacia el aire exterior, en resumen, no deja salir el aire caliente. En cambio el fenómeno atmosférico se basa en un proceso distinto al de un invernadero donde un gas absorbe el calor por su estructura molecular. En todo caso el término se ha popularizado tanto, que ya no hay forma de establecer un nombre más preciso.[2]

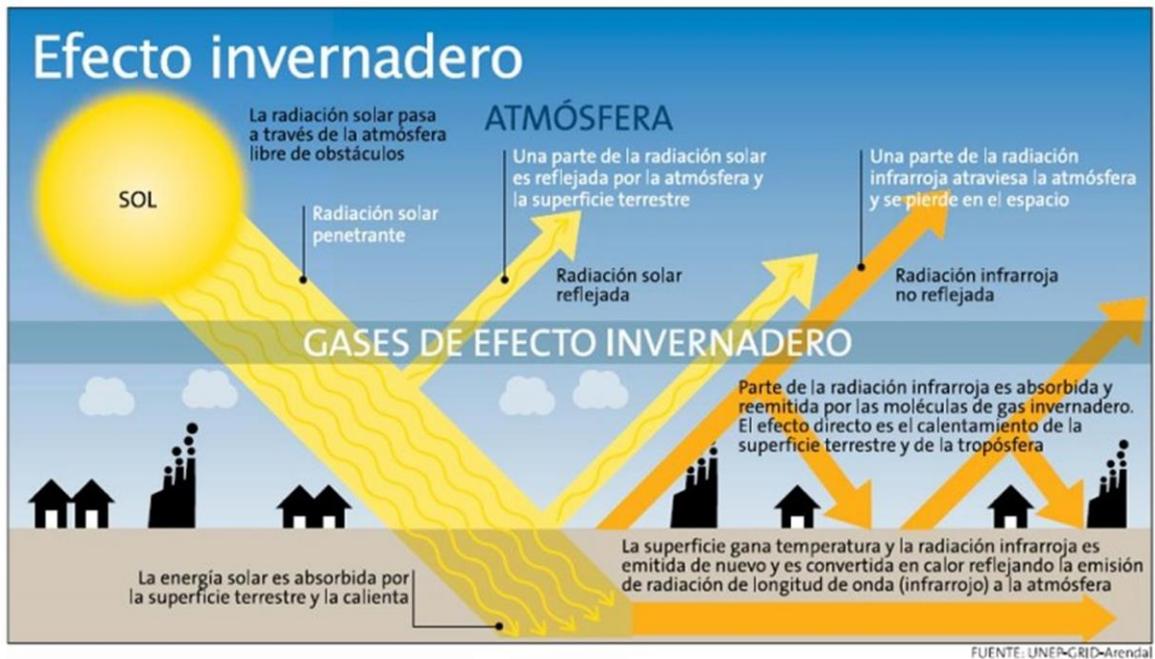
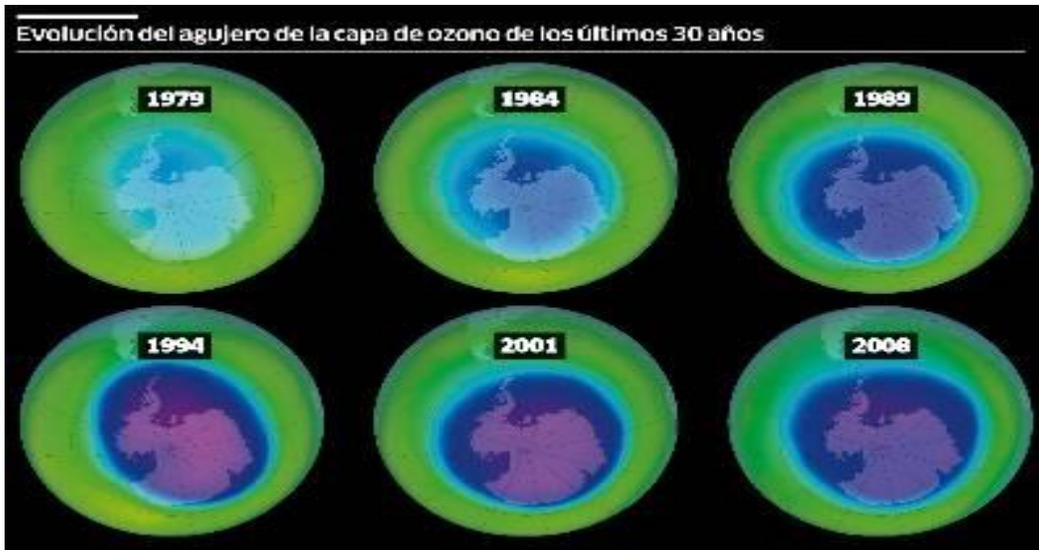


Fig. 1.2 Efecto invernadero [1]

- Daño a la capa de ozono: el ozono es una forma alotrópica de oxígeno  $O_3$  que se encuentra en la atmósfera superior de la tierra. El daño a la capa de ozono se produce principalmente por el uso de clorofluorocarbonos (CFCs). La capa fina de moléculas de ozono en la atmósfera absorbe algunos de los rayos ultravioletas (UV) antes de que lleguen a la superficie de la tierra, con lo cual se hace posible la vida en la tierra. El agotamiento del ozono produce niveles más altos de radiación UV en la tierra, con lo cual se pone en peligro tanto a plantas como a animales.

En la figura 1.3, podemos observar que conforme se va haciendo más grande y azul el agujero en la capa de ozono es más peligroso para el planeta. Y esto se va haciendo más grande conforme pasan los años.



*Fig. 1.3 Deterioro de la capa de ozono en los últimos años [2]*

### **Fuentes Móviles**

Como se ha mencionado anteriormente, las fuentes móviles (vehículos) son las contribuyentes mayoritarias de la contaminación al aire atmosférico. Como se puede intuir dichos vehículos emiten contaminantes en su trayectoria al desplazarse. En la mayoría de las áreas urbanas, los vehículos automotores son los principales generadores de los contaminantes atmosféricos. Los motores de combustión interna constituyen una de las principales fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos tales como monóxido de carbono, hidrocarburos, aldehídos, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas en suspensión, plomo y derivados. La proporción en que se emiten estos contaminantes depende de una serie de factores entre los que se encuentran el tipo de motor, el combustible usado y, el estado de mantenimiento del vehículo. En la figura 1.4 se muestra una prueba emisiones en lugares cerrados.



*Fig. 1.4 Prueba de emisión de escape en lugar cerrado [3]*

Lo que se considera comúnmente son las emisiones del escape, que resultan del uso del combustible y que son emitidos a través del escape del vehículo, como se muestra en la figura 1.5 y una variedad de procesos evaporativos, los cuales resultan en emisiones de hidrocarburos, también conocidos como compuesto orgánicos totales – COT - y que incluyen las siguientes emisiones:



*Fig. 1.5 Pruebas de emisiones de escape [4]*

- Emisiones húmedas calientes: son emisiones que se presentan debido a la volatilización del combustible en el sistema de dosificación de éste, una vez que se apaga el motor. El combustible del sistema de dosificación se volatiliza por el calor residual del motor.
- Emisiones evaporativas en circulación: son las emisiones de fugas de combustible en fase líquida o de vapor que se presentan cuando el motor está en operación.
- Emisiones diurnas: son aquellas emisiones del tanque de combustible del vehículo debido a altas temperaturas en el líquido y al aumento de la presión de vapor del combustible, las cuales resultan del incremento en las temperaturas ambientales, la aportación de calor del sistema de escape del vehículo o del calor reflejado por el asfalto o superficie de circulación.
- Emisiones evaporativas en reposo: son emisiones evaporativas distintas de las emisiones húmedas calientes, diurnas y de recarga de combustible, que ocurren debido a la permeabilidad o fugas de los conductos de combustible.
- Emisiones evaporativas de la recarga de combustible: son las emisiones desplazadas del tanque de combustible durante la recarga del mismo. Si bien el vehículo es la fuente de las emisiones, éstas se presentan mientras el vehículo está en reposo en las estaciones de servicio. Por lo tanto, las emisiones de recarga son tratadas típicamente como fuente de área (Instituto Nacional de Ecología, 2005).[3]

### **1.3 Escala de Contaminación atmosférica (IMECA)**

Como complemento de lo dicho anteriormente, en nuestro país se cuenta con una escala de contaminación atmosférica llamada IMECA que funciona en México como valor de referencia para que la población de grandes ciudades como la Ciudad de México comprenda los niveles de contaminación del aire que prevalecen en su zona de residencia o trabajo.

El IMECA se obtiene a partir de las mediciones de la calidad del aire que realiza el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México. El IMECA se emplea para comunicar a la población del Valle de México el grado de contaminación y el nivel de riesgo que este representa para la salud humana, así como las recomendaciones o acciones que pueden realizar para su protección. El IMECA se calcula empleando los promedios horarios de la medición de los contaminantes ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>).

El IMECA se publica cada hora para la población de la Zona Metropolitana del Valle de México, que abarca la totalidad del Distrito Federal y la zona conurbada del Estado de México

Los valores IMECA establecen límites para proteger la salud de la población ante los contaminantes atmosféricos.

## **Categorías del Índice Metropolitano de Calidad del Aire**

Para reportar la calidad del aire, el índice emplea cinco categorías, las cuales se han ido reduciendo conforme se ha mejorado la calidad del aire en los últimos 20 años como se puede apreciar en la Tabla 1.1:

**BUENA.** Cuando el índice se encuentra entre 0 y 50 puntos IMECA, la calidad del aire se considera como satisfactoria y la contaminación del aire tiene poco o nulo riesgo para la salud.

**REGULAR.** Cuando el índice se encuentra entre 51 y 100 puntos IMECA, la calidad del aire es aceptable, sin embargo algunos contaminantes pueden tener un efecto moderado en la salud para un pequeño grupo de personas que presentan una gran sensibilidad a algunos

**MALA.** Cuando el índice se encuentra entre 101 y 150 puntos IMECA, algunos grupos sensibles pueden experimentar efectos en la salud. Hay algunas personas que pueden presentar efectos a concentraciones menores que el resto de la población, como es el caso de personas con problemas respiratorios o cardíacos, los niños y ancianos. El público en general puede no presentar riesgos cuando el IMECA está en este intervalo.

**MUY MALA.** Cuando el índice se encuentra entre 151 y 200 puntos (IMECA), toda la población experimenta efectos negativos en la salud. Los miembros de grupos sensibles pueden presentar molestias graves. En este intervalo se activan las Fases de Pre contingencia y Contingencia Fase I del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) del Valle de México.

**EXTREMADAMENTE MALA.** Cuando el valor del índice es mayor a 201 puntos (IMECA), la población en general experimenta problemas graves de la salud.

Imeca	Condición	Efectos a la salud
0 - 50	Buena	Adecuada para llevar a cabo actividades al aire libre.
51 - 100	Regular	Posibles molestias en niños, adultos mayores y personas con enfermedades.
101 - 150	Mala	Causante de efectos adversos a la salud de la población, en particular los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares o respiratorias como el asma.
151 - 200	Muy mala	Causante de mayores efectos adversos a la salud de la población en general, en particular los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares o respiratorias como el asma.
> 200	Extremadamente mala	Causante de efectos adversos a la salud de la población en general. Se pueden presentar complicaciones graves en los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares o respiratorias como el asma.
<b>Fuente:</b> GDF. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México. Imeca. 2008. Disponible en: <a href="http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnimeca.htm">www.sma.df.gob.mx/simat/pnimeca.htm</a> Fecha de consulta: 04-11-2008.		

Tabla 1.1. Índice IMECA [5]

## Cálculo actual del IMECA

A fines de 1977 la Dirección General de Saneamiento Atmosférico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, desarrolló el Índice Mexicano de la Calidad del Aire "IMEXCA", con la finalidad de informar al público de manera precisa y oportuna.

El IMEXCA se comenzó a publicar el 6 de diciembre de 1977, su estructura técnica general se basó en el Pollutant Standard Index (PSI) utilizado en los Estados Unidos, es decir, funciones lineales segmentadas donde los puntos de quiebre correspondían a las normas primarias de calidad del aire de los Estados Unidos, debido a que en México no existían normas oficiales de calidad del aire, ni criterios de episodios, ni niveles de daño significativo.

En 1982 se diseñó el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire "IMECA", cuya metodología transforma a una escala adimensional las concentraciones de los contaminantes criterio. A partir de enero de 1986 el IMECA se empezó a difundir a la población a través de diversos medios.

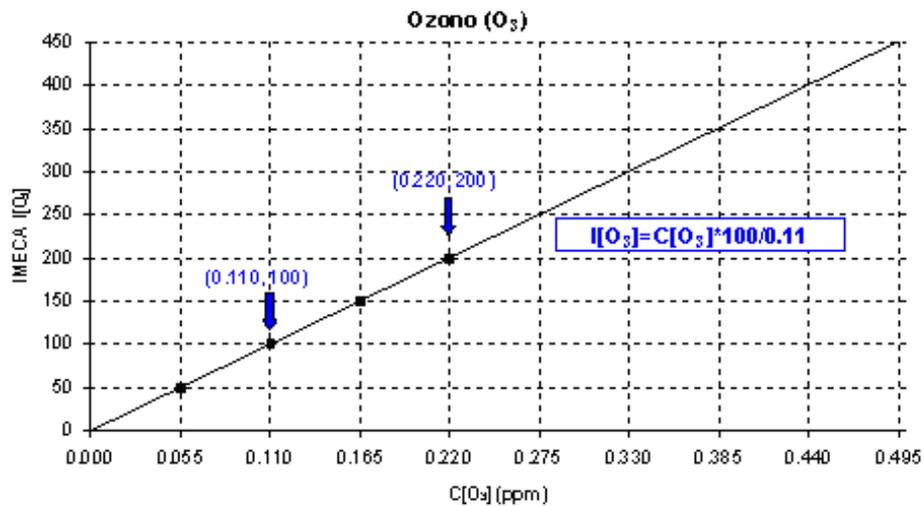
En noviembre del año 2006 se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal la Norma Ambiental NADF-009-AIRE-2006, que establece los requisitos para elaborar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire de los contaminantes criterio, ozono (O<sub>3</sub>), partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>), partículas menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>) dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>),

dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO). Esta Norma Ambiental incluye los algoritmos para el cálculo del IMECA como se muestran en la tabla 1.2:

INTERVALOS (IMECA)	CONCENTRACIONES	ECUACIONES
<b>Partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>)</b>		
	IMECA	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	0-50	0-60
	51-100	61-120
	101-150	121-220
	151-200	221-320
	>200	>320
		Ecuaciones
		$I[PM_{10}] = C[PM_{10}] * 5/6$
		$I[PM_{10}] = 40 + C[PM_{10}] * 0.5$
		$I[PM_{10}] = C[PM_{10}] * 5/8$
<b>Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>)</b>		
	IMECA	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	0-50	0-15.4
	51-100	15.5-40.4
	101-150	40.5-65.4
	151-200	65.5-150.4
	>200	>150.4
		Ecuaciones
		$I[PM_{2.5}] = C[PM_{2.5}] * 50/15.4$
		$I[PM_{2.5}] = 20.50 + C [PM_{2.5}] * 49/24.9$
		$I[PM_{2.5}] = 21.30 + C[PM_{2.5}] * 49/24.9$
		$I[PM_{2.5}] = 113.20 + C[PM_{2.5}] * 49/84.9$
		$I[PM_{2.5}] = C[PM_{2.5}] * 201/150.5$
<b>Ozono (O<sub>3</sub>)</b>		
	IMECA	ppm
	0-50	0-0.055
	51-100	0.056-0.110
	101-150	0.111-0.165
	151-200	0.166-0.220
	>200	>0.220
		Ecuaciones
		$I[O_3] = C[O_3] * 100/0.11$
<b>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>		
	IMECA	ppm
	0-50	0-0.105
	51-100	0.106-0.210
	101-150	0.211-0.315
	151-200	0.316-0.420
	>200	>0.420
		Ecuaciones
		$I[NO_2] = C[NO_2] * 50/0.105$
		$I[NO_2] = 1.058 + C[NO_2] * 49/0.104$
		$I[NO_2] = 1.587 + C[NO_2] * 49/0.104$
		$I[NO_2] = 2.115 + C[NO_2] * 49/0.104$
		$I[NO_2] = C[NO_2] * 201/0.421$
<b>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>		
	IMECA	ppm
	0-50	0-0.065
	51-100	0.066-0.130
	101-150	0.131-0.195
	151-200	0.196-0.260
	>200	>0.260
		Ecuaciones
		$I[SO_2] = C[SO_2] * 100/0.13$
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>		
	IMECA	ppm
	0-50	0-5.50
	51-100	5.51-11.00
	101-150	11.01-16.50
	151-200	16.51-22.00
	>200	>22.00
		Ecuaciones
		$I[CO] = C[CO] * 50/5.50$
		$I[CO] = 1.82 + C[CO] * 49/5.49$
		$I[CO] = 2.73 + C[CO] * 49/5.49$
		$I[CO] = 3.64 + C[CO] * 49/5.49$
		$I[CO] = C[CO] * 201/22.01$

Tabla 1.2 de índice IMECA con ecuaciones [6]

En la Grafica 1.1 se muestra la transformación del ozono para obtener el IMECA, donde el segundo punto de quiebre corresponde al valor de la Norma Oficial Mexicana de Calidad del Aire de 0.110 ppm como promedio horario homologado a 100 puntos del IMECA y el cuarto punto en 0.220 ppm corresponde a los 200 puntos del IMECA.



Grafica 1.1 Transformación del ozono para obtener IMECA [7]

#### 1.4 SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

El (SIMAT) de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal es el responsable del monitoreo y la vigilancia de la calidad del aire de la Ciudad de México y su área conurbada. Actualmente, está integrado por 4 subsistemas y un total de 48 estaciones de monitoreo, las cuales están distribuidas en las 16 delegaciones del Distrito Federal (DF) y 10 municipios conurbados del Estado de México (EDOMEX).

##### Componentes del Sistema de Monitoreo Atmosférico

Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA): cuenta con 34 estaciones (21 en el DF y 13 en el EDOMEX), mide continuamente ozono (O<sub>3</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) y partículas menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>). Con esta información se genera el IMECA y cuando sus valores son altos se instrumenta el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA).

##### Historia de la calidad del aire en la Ciudad de México

El antecedente a este sistema se remonta a finales de la década de los 50, cuando se realizaron monitoreos rutinarios de visibilidad, acidez, partículas suspendidas totales y partículas

sedimentables. El deterioro de la calidad del aire se evidencia cuando la visibilidad disminuye; al inicio de la década de los 40 fluctuaba entre 4 y 10 km y al iniciar la década de los 50 fluctuaba entre 2 y 4 km. Esta situación motivó la preocupación de autoridades y científicos por conocer los riesgos sanitarios asociados con la exposición a la contaminación atmosférica.

En 1966 iniciaron formalmente investigaciones sobre contaminación atmosférica, para lo cual se instaló la primera red de monitoreo con 4 estaciones con equipos manuales y se midió dióxido de azufre, partículas suspendidas totales, partículas sedimentables y acidez.

Entre 1967 y 1973, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) realizó un programa de monitoreo regional, esto permitió la integración de 88 estaciones en 26 ciudades de 14 países. Esta red se denominó “Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire” y se midieron los parámetros dióxido de azufre, partículas suspendidas totales, partículas sedimentables y acidez. De esta iniciativa, en la Ciudad de México se instalaron 10 estaciones más, sumando así 14 estaciones que midieron los mismos parámetros.

En 1973 el gobierno mexicano y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) iniciaron un programa conjunto de protección ambiental. En este programa se adquirieron 28 equipos automáticos de monitoreo de los cuales 22 se instalaron en la Ciudad de México. Esta red se denominó “Red Computarizada Automática de Monitoreo Atmosférico en el Valle de México” o “Red Philips” (por la marca de los equipos); con algunos de estos equipos se reforzaron las 14 estaciones ya existentes.

En la Red Philips se midieron partículas suspendidas totales, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y ozono. La falta de presupuesto, un programa de aseguramiento y control de calidad, y un suministro inadecuado de refacciones y consumibles, provocó que la red dejara de operar en 1978 y se abandonara en 1980.

En 1986 se inició la operación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) con 25 estaciones y equipos automáticos para medir monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y ozono, y equipos manuales para medir partículas suspendidas totales y su contenido de plomo. En 10 de estas estaciones se instalaron equipos para medir parámetros meteorológicos como temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento.

Entre los proyectos que fortalecieron al monitoreo atmosférico se destaca el Programa de Precipitaciones Ácidas, el cual inició en 1987 con cuatro estaciones a fin de caracterizar algunos parámetros en el agua de lluvia como pH, sulfatos, nitratos, cloruro, sodio, magnesio y potasio.

La expansión de la RAMA ocurrió de forma gradual, en 1988 aumento a 19 el número de estaciones manuales y se empezó a medir partículas menores a 10 micrómetros y su contenido de plomo.

En 1991 se aumentó a 32 el número de estaciones con equipos automáticos y se incorporaron nuevos parámetros como las partículas menores a 10 micrómetros, los hidrocarburos totales y el ácido sulfhídrico.

Entre 1997 y 1999 se instalaron colectores semiautomáticos para fortalecer así el programa de lluvia ácida, además aumentó a 16 el número de estaciones. Estos nuevos equipos cuentan con un mecanismo controlado por un sensor eléctrico que permite el muestreo de depósito húmedo y seco en recipientes separados.

Entre 1996 y 1997 se realizaron pruebas de monitoreos de los equipos de radiación solar y fue hasta 1998 que inicio formalmente el monitoreo de este parámetro en 10 estaciones de la REDMET.

En junio del año 2000 se aumentó a 15 el número de estaciones para el monitoreo de parámetros meteorológicos.

Ya consolidado el SIMAT, en 2001 se desarrolló el proyecto “Diseño, instalación y operación de la Red de Monitoreo de Partículas menores a 2.5 micrómetros, el cual se financió con recursos del Fideicomiso Ambiental Metropolitano y contó con la colaboración del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Unidad Xochimilco y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Después de varios monitoreos de prueba, se seleccionaron 15 sitios de los cuales 8 fueron dotados con equipos automáticos y 7 con equipos manuales. Esta red quedó formalmente inaugurada en agosto de 2003. [4]

## **1.5 Clasificación de los vehículos de acuerdo a la Normatividad de cada País.**

Una vez que ya se dio un panorama general de la contaminación atmosférica, es importante tener una clasificación de los vehículos porque como se ha dicho, los vehículos son los principales contribuyentes de la contaminación del aire ambiente.

Se inicia este apartado comentado el caso de la unión americana, considerando la normativa Tier 3 debido a que es la más completa y vigente en la actualidad y cumple con el propósito de esta tesis

### **Unión americana**

En la tabla 1.3 se puede observar que se hace énfasis en el peso del vehículo, ya sea cargado o peso bruto, debido a este factor influye notoriamente en el nivel de emisiones que arroja dicho vehículo, y así es como hace sus respectivas mediciones.

<b>Categoría del vehículo y abreviación</b>	<b>Requerimientos</b>
<b>Light –Duty vehicle, LDV</b>	MAX. 8500 lb GVWR
<b>Vehículo de servicio ligero, VTL</b>	
<b>Light – Duty truck, LDT</b>	Max. 8500 lb GVWR
<b>Camión de servicio ligero, CTL</b>	Max 6000 lb curb weight and Max . 45 ft <sup>2</sup> frontal area
<b>Light light duty truck, LLDT</b>	Max. 6000 lb GVWR
<b>Camión de servicio muy ligero, CTPL</b>	
<b>light duty truck 1, LDT1</b>	Max. 3750 lb LVW
<b>camión de servicio ligero 1, CSL1</b>	
<b>light duty truck 2, LDT2</b>	Min. 3750 lb LVW
<b>Camión de servicio ligero 2, CSL2</b>	
<b>Heavy light duty truck, HLDT</b>	Min 6000 lb GVWR
<b>Camión de servicio pesado ligero, CTPL</b>	
<b>light duty truck 3, LDT3</b>	Max 5750 lb ALVW
<b>Camión de servicio ligero 3, CSL3</b>	
<b>light duty truck 4, LDT4</b>	Min 5750 lb ALVW
<b>Camión de servicio ligero 4, CSL4</b>	
<b>Medium -duty passenger vehicle, MDPV</b>	Max 100000 lb GVWR
<b>Vehículo mediano de pasajeros, VMP</b>	

Tabla 1.3 Casificación de los vehículos de la unión americana

GVWR. Peso bruto del vehículo (se refiere únicamente al peso de los componentes)

LVW. Peso del vehículo cargado (con excedente de peso en el vehículo)

ALVW. Peso del vehículo cargado equilibradamente (con el peso que indica el fabricante)

En la tabla 1.4 Se habla sobre la clasificación de vehículos para el estado de California, que también hace la clasificación de sus vehículos dependiendo del peso, pero la hace sencilla y fácil de seguir ya que, hace uso de súper índices para indicar si el vehículo se encuentra cargado o en peso bruto.

## California

<b>Categoría del vehículo</b>	<b>Requerimientos</b>
<b>Passenger Car, PC<sup>a</sup></b> <b>Carro de pasajeros, CP<sup>a</sup></b>	≤ 8500 lb
<b>Light Duty Truck, LDT<sup>a</sup></b> <b>Camión de servicio ligero, CTL<sup>a</sup></b>	≤ 8500 lb
<b>Medium Duty Passenger Vehicle, MDPV<sup>a</sup></b> <b>Carro de pasajeros de servicio mediano, CPTM<sup>a</sup></b>	≤8500 lb
<b>Medium Duty Vehicle, MDV<sup>b</sup></b> <b>Vehículo de servicio mediano, VTM<sup>b</sup></b>	8501 – 14,000 lb

Tabla 1.4 Clasificación de los vehículos del estado California

- a. LVW Loaded vehicle – peso del vehículo cargado
- b. ALVW Adjusted loaded vehicle weight – peso del vehículo cargado equilibradamente

## Unión Europea

La tabla 1.5, corresponde a la Unión Europea y la información es concreta ya que solo se le asigna una letra dependiendo del diseño y sus características.

Categoría	DESCRIPCIÓN
<b>M</b>	Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
<b>M<sub>1</sub></b>	vehículos diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros que no conste de más de ocho plazas además del asiento del conductor
<b>M<sub>2</sub></b>	vehículos diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros, con más de ocho plazas además del asiento del conductor, y cuyo peso máximo ( "técnicamente admisible peso máximo de carga") que no exceda de 5 toneladas
<b>M<sub>3</sub></b>	Vehículos diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros, con más de ocho plazas además del asiento del conductor y con una masa máxima superior a 5 toneladas
<b>N</b>	Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.
<b>N<sub>1</sub></b>	vehículos diseñados y fabricados para el transporte de mercancías y con una masa máxima no superior a 3,5 toneladas
<b>N<sub>2</sub></b>	Vehículos diseñados y fabricados para el transporte de mercancías con una masa máxima superior a 3,5 toneladas pero inferior a 12 toneladas
<b>N<sub>3</sub></b>	Vehículos diseñados y fabricados para el transporte de mercancías con una masa máxima superior a 12 toneladas
<b>O</b>	remolques (incluidos los semirremolques)
<b>G*</b>	Los vehículos de todo terreno

Tabla 1.5 Clasificación de vehículos europeos

La letra G se puede combinar con las letras M o N. Por ejemplo, un vehículo de categoría N1 que es adecuado para su uso fuera de carretera será designado como N1G.

Categoría de vehículos ligeros N1 se divide a su vez en tres categorías de peso, como se muestra en la Tabla 1.6. Esta clasificación se basa en la masa de referencia, que se define como la masa del vehículo en, menos la masa del conductor de 75 kg, y aumentó por una masa de 100 kg

REFERENCIA DE MASA, RW		
Clase	Euro 1-2	Euro 3+
I	RW ≤ 1250 kg	RW ≤ 1305 kg
II	1250 kg < RW ≤ 1700 kg	1305 < RW ≤ 1760 kg
III	1700 kg < RW	1760 kg < RW

Tabla 1.6 Clasificación de vehículos de la unión europea

## México

Tabla 1.7. Corresponde a la clasificación de los vehículos de México en el caso de los camiones ligeros se hace la clasificación por el peso que pueden cargar no por el peso que tienen, en los otros casos únicamente se diferencia del peso bruto del vehículo.

Clasificación de los vehículos en México		
Nombre	Peso bruto vehicular	Peso de prueba
<b>Camión ligero (CL1)</b>	2722 kg	1,701 kg.
<b>Camión ligero (CL2)</b>	2722 kg	Mayor de 1,701 kg y hasta 2,608 kg.
<b>Camión ligero (CL3)</b>	2722 kg	3 856 kg y con peso de prueba de hasta 2,608 kg
<b>Camión ligero (CL4)</b>	2722 kg	Mayor de 2,608 kg y hasta 3,856 kg.
<b>Camión Mediano</b>	3,856 kg y hasta 8,864 kg.	*
<b>Camión Pesado</b>	8,864 kg.	*
<b>Vehículo de Pasajeros (VP)</b>	Menor a 2722 kg	*
<b>Vehículo de Uso Múltiple o Utilitario</b>	Unidad diseñada para el transporte de personas y/o productos, con o sin chasis o con equipo especial	*

Tabla 1.7 Clasificación de los vehículos en México

## **CAPÍTULO 2**

### **Emisiones Contaminantes de los Vehículos (Equipo y Procedimiento de Medición)**

#### **Introducción**

Actualmente todo tipo de vehículos automotores están obligados a cumplir con las regulaciones de los países de origen, lo que conlleva a que los niveles de emisiones, normas de seguridad y el diseño de sus componentes sean cada vez más estrictas.

Para llevar a cabo esto, se realizan pruebas dinámicas en dinamómetro de chasis o dinamómetro de banco (si el motor es muy grande y no se cuenta con dinamómetro de chasis para vehículos pesados). Cada ciudad o región, dentro de un mismo país, puede tener diferentes ciclos de manejo y también una clasificación de vehículos que estén de acuerdo con sus vialidades y con su parque vehicular.

#### **Dinamómetros**

Un dinamómetro de banco o de chasis, es un equipo que se utiliza para simular el comportamiento del motor o el vehículo en sus condiciones naturales de operación figura 2.1, dicho de otro modo, es un instrumento de medida para conocer algunos de los parámetros vehiculares en forma dinámica, al simular, reproducir, o imitar las circunstancias que se presentan cuando un vehículo o un motor se encuentran en condiciones reales de circulación u operación. Su ventaja principal radica en poder realizar las pruebas en un lugar fijo, sin que el motor o vehículo esté en movimiento. En estas circunstancias, se puede tener mucho mejor control de las condiciones de ensayo.

Uno de los usos de mayor importancia, ya sea en los centros de investigación o de la industria automotriz principalmente, está en el desarrollo de mejores prestaciones en los motores y en los vehículos en general , como una mayor potencia, un menor consumo de combustible, un mayor par-motor a determinado régimen de giro, control de calidad de contaminantes .



*Figura 2.1 Dinamómetro de chasis [8]*

Existen parámetros que se miden de forma directa en el dinamómetro, y otros que requieren de algoritmos o ecuaciones que relacionan dichos parámetros entre sí, por ejemplo se puede medir la velocidad de forma inmediata, puntual, instantánea, y calcular la velocidad promedio, la distancia recorrida, la aceleración o la desaceleración, y consecuentemente la potencia demandada al motor a través de las relaciones mencionadas.

Otro ejemplo que se permite mencionar es, la “carga de camino” que se aplica al vehículo de pruebas, mediante el freno o la unidad de absorción de potencia (PAU) calculándola con el perfil aerodinámico del vehículo, la fricción en los rodillos, según el tipo de neumático que utilice, o las pérdidas por fricción en los rodamientos del dinamómetro.

Ya que se ha mencionado de forma indistinta a los dinamómetros de banco (para motores) y dinamómetros de rodillos o de chasis (para vehículos), se comenta a continuación las partes que constituyen los dinamómetros de chasis, aunque por supuesto, muchos de estos elementos los contienen uno y otro tipo de dinamómetros:

## **2.1 Elementos constitutivos de un dinamómetro.**

### **Unidad de absorción de potencia (freno).**

La unidad de absorción de potencia o PAU (Power Absortion Unit), figura (2.2), es la parte fundamental de los bancos dinamométricos y el principio de funcionamiento puede ser hidráulico (ya muy poco utilizado para dinamómetro de chasis), electro-magnético (corrientes de Eddy, o parásitas, de los más populares) o eléctrico (de corriente continua).

La PAU está compuesta de dos partes fundamentales: el rotor y el estator. El sistema motriz del vehículo a evaluar, normalmente se acopla al rotor de la PAU para que sea frenado por medio del estator. La forma en que éste frena al rotor depende de la tecnología que se utilice, puede ser



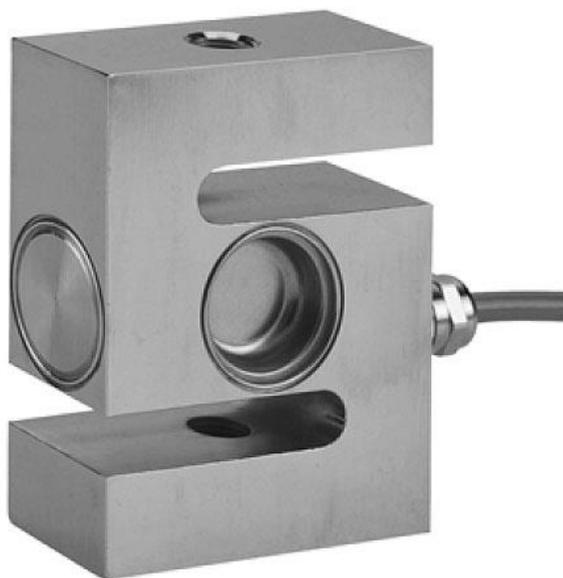
*Figura 2.2 PAU de corrientes parasitas [9]*

mecánica (por fricción), magnética o eléctrica.

El “estator” de una PAU está instalado en un montaje basculante el cual está soportado por rodamientos unidos al eje o flecha del rotor. El estator cuenta a su vez con una extensión en la que se apoya un dispositivo denominado celda de carga.

### **Celda de carga**

La celda de carga, figura (2.3), es un instrumento que sirve para medir de forma directa la fuerza producida por la acción del momento o par de oposición de la PAU. Cuando el estator frena al rotor, éste tiende a girar en el mismo sentido que el rotor, debido a que es un elemento “flotante”; dicho movimiento es impedido por la celda de carga que se opone al giro ya que ésta se encuentra anclada, provocando con ello una deformación que es absorbida por la misma.



*Figura 2.3 Celda de carga tipo S [10]*

La deformación que sufre la celda de carga es longitudinalmente proporcional a la fuerza que se ejerce sobre ella. La celda de carga es un transductor de forma geométrica que puede ser de tipo S o C, la cual cuenta con un cristal piezoeléctrico, que se encarga de convertir una señal de origen mecánico en una señal eléctrica, es decir que al estar sometida a tensión o compresión genera una diferencia de potencial, muy pequeña, cuyo valor depende de la fuerza ejercida. Cuando se evalúa el frenado de un motor, o en este caso de las ruedas motrices, se puede conocer el “par efectivo” del motor o vehículo que se está evaluando, conociendo el brazo de palanca del mismo freno.

### **Estructura o Chasis**

La estructura es el componente donde van montados todos los elementos del dinamómetro como lo son: la plataforma, la PAU y en algunos casos la consola de mando, de modo tal, que es la que define la forma, tipo de material con el cual está construido y el uso (fijo o móvil).

### **Plataforma**

La plataforma constituye el acceso para que pueda montarse adecuadamente y fácilmente el vehículo en el dinamómetro; En esta parte van colocados los elementos de sujeción del vehículo. Dicha plataforma va montada sobre la estructura, y por lo regular tiene la forma geométrica de la estructura. En el caso de los dinamómetros de chasis estacionarios, aquellos que van colocados en una fosa, el piso del recinto funciona como plataforma.

## Rodillos

Los rodillos sirven de plataforma de manejo y están constituidos por cilindros de acero con tapas montadas en un eje o flecha apoyadas en chumaceras o rodamientos. Existen también los dinamómetros con un solo rodillo como aparece en el figura 2.5 pero es más común el de dos rodillos de la figura 2.4 El rodillo de arrastre o accionamiento está acoplado a la unidad de absorción de potencia (freno), el rodillo trasero o loco, regularmente es usado para la medición de la velocidad angular del mismo rodillo, que a su vez permite calcular la velocidad del vehículo. Dichos cilindros se encuentran normalizados en este caso, se tomó como referencia el código federal de regulaciones (Code of Federal Regulations) 40 parte 86 de los Estados Unidos de

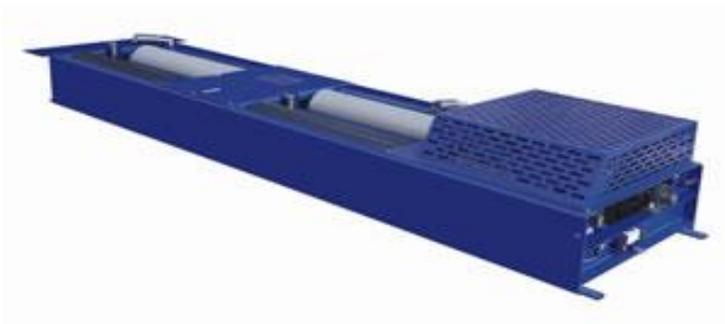


Figura 2.4 Rodillos dinamométricos [11]



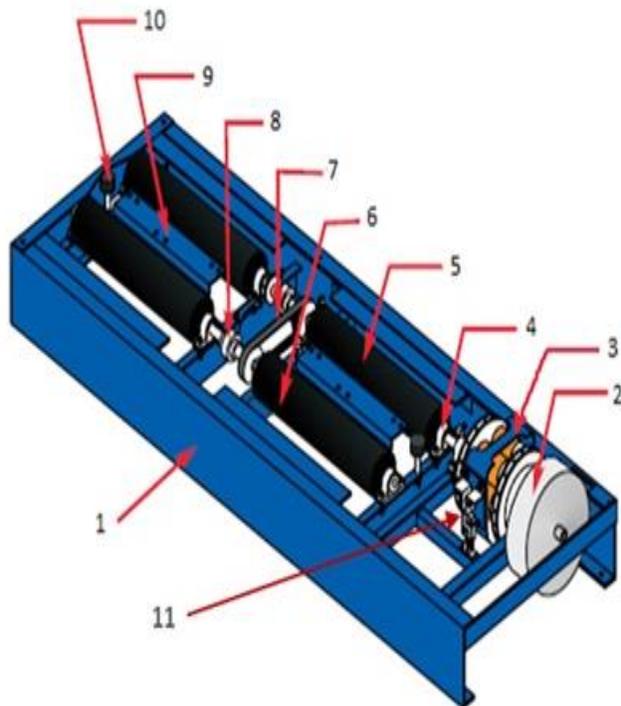
Figura 2.5 Rodillo dinamométrico [12]

Norteamérica.

## Consola o panel de control.

Normalmente es un gabinete, que incluye una computadora personal, una tarjeta de adquisición de datos y los dispositivos de control, mediante los cuales se puede aplicar diferentes niveles de frenado, accionamiento de los sistemas de sujeción y posicionamiento; del vehículo, potencia, distancia equivalente recorrida y par motriz (torque)

## Componentes principales del dinamómetro de chasis



1 Chasis, marco de acero estructural.

2 Masas Inerciales.

3 Unidad de absorción de potencia. Freno de corrientes parásitas.

4 Chumaceras, rodamientos de alta resistencia.

5 Rodillo de accionamiento.

6 Rodillos locos.

7 Banda dentada.

8 Brida de acoplamiento.

9 Placa de izamiento.

10 Soporte de contención.

11 Celda de carga.

### 2.2 Dinamómetro de chasis para vehículos ligeros.

Los ensayos de vehículos ligeros requieren de un equipo resistente, que aplique una carga de camino correcta y segura. Como ya se explicó, es un conjunto integrado de subsistemas mecánicos, electro-mecánicos, eléctricos y electrónicos que ofrecen la posibilidad de simular cargas reales de carretera siguiendo un ciclo de manejo figura 2.6. Además de la información del vehículo, también permite conectar instrumentos y equipos de diagnóstico al motor para monitorear características específicas del motor.



Figura 2.6 Funcionamiento de rodillos [13]

El vehículo de prueba debe mantenerse dentro de los límites especificados para cada ensayo y se controla desde la sala de mando.

Los dinamómetros de chasis, figura (2.6), se pueden utilizar para realizar una amplia variedad de pruebas, como son:

- Sistemas de calefacción y de refrigeración de los vehículos.
- Evaluación y desempeño del motor.
- Evaluación de los componentes del tren motriz.
- Componentes de la transmisión.
- Pruebas de neumáticos.
- Simulación de ciclos de manejo.
- Diferentes tipos de simulación de carretera.
- Simulación de arrastre de remolque.
- Rendimiento de combustible.
- Los componentes auxiliares.
- Análisis de fallas.

### **2.2.1 Dinamómetro de chasis para vehículos pesados**

Para los vehículos pesados se debe tener en cuenta una potencia promedio considerablemente mayor al de vehículos ligeros, aunque eso depende de las características de cada vehículo, es decir los coeficientes de arrastre y de fricción son propios para cada camión o autobús y por supuesto, una inercia diferente relacionada con el peso bruto vehicular que normalmente será más 15, 000 kg de peso.

Para este tipo de dinamómetros figura 2.7 es necesario contar con equipos especiales y altamente reforzados, de tal forma que se pueda garantizar la seguridad de los operadores, es decir los técnicos que realizan las pruebas.



*Figura 2.7 Dinamómetro de chasis para vehículos pesados [14]*

### **2.3 Banco dinamométrico con freno hidráulico.**

Un dinamómetro de banco figura 2.8 como ya se comentó, es un dispositivo que se utiliza para equilibrar el par y absorber la potencia generada por un motor determinado. De entre los frenos más utilizados en la actualidad, destacan dos de ellos: el freno hidráulico y el electromagnético. La principal diferencia entre ambos es cómo se genera la fuerza aplicada para frenar el motor.



*Fig. 2.8 Banco dinamométrico con freno hidráulico [15]*

### 2.3.1 Dinamómetro con freno hidráulico

En los frenos hidráulicos figura 2.9, la acción de frenado es producida por la fricción de un fluido (habitualmente agua) entre los elementos sólidos (rotor y estator). La regulación se efectúa mediante la variación del nivel del líquido en la cámara hidráulica. La potencia generada se transforma en calor aumentado a temperatura del agua, dicho calor se disipa mediante la renovación del fluido. El agua es, por tanto, el fluido de trabajo en este tipo de frenos, y al mismo tiempo refrigerante.

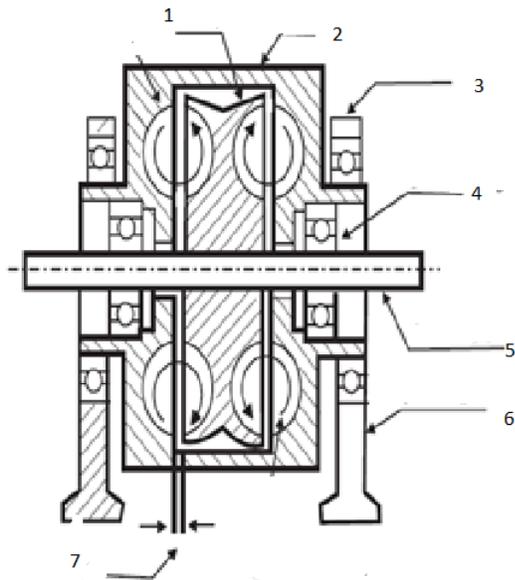


*Fig. 2.9 Dinamómetro hidráulico [16]*

En algunos casos se trabaja con un circuito cerrado con un intercambiador de calor, o con una torre de enfriamiento, dependiendo de las circunstancias de la instalación y objetivos de la misma ya que se puede recuperar la energía que disipa el motor y el freno. En la figura (2.10), se muestra una sección de un freno hidráulico, con los elementos que lo componen.

Como la fuerza de oposición al giro del motor es proporcional al flujo de agua, la carga aplicada se controla con dicho flujo a través del colector de entrada donde es dirigido hacia el centro del rotor en cada sección de absorción. Este flujo es expulsado radialmente por la fuerza centrífuga y alojado dentro de las cavidades estacionarias de las placas fijas del estator, en esta parte el agua es desacelerada. La aceleración y desaceleración continúa, provoca la generación de calor también antes mencionada.

## Elementos constitutivos de un dinamómetro hidráulico



1. Rotor
2. Estator
3. Cojinete de muñón
4. Cojinete del eje
5. Eje principal
6. Pedestal
7. Salida de agua

Fig.2.10 Elementos de un dinamómetro hidráulico. [5]

## 2.4 Dinamómetro de banco de corrientes parásitas.

En la figura 2.11 se muestran los elementos constitutivos de un freno de corrientes parásitas

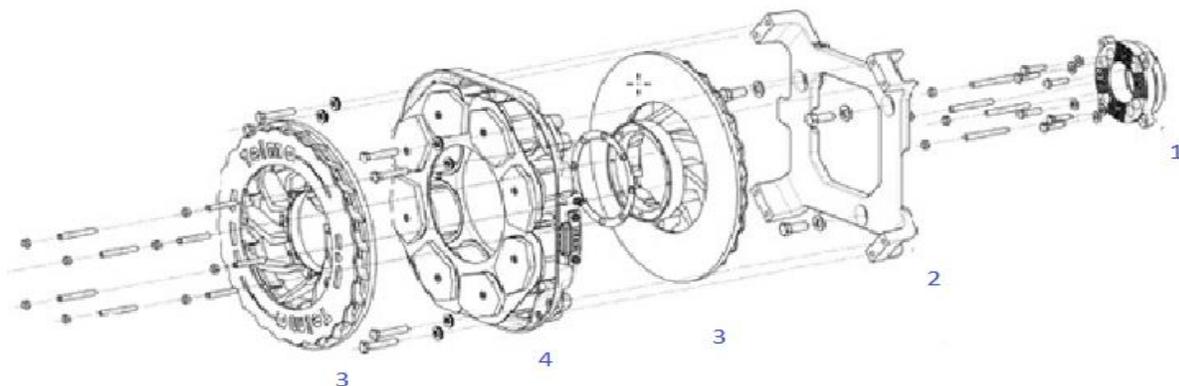
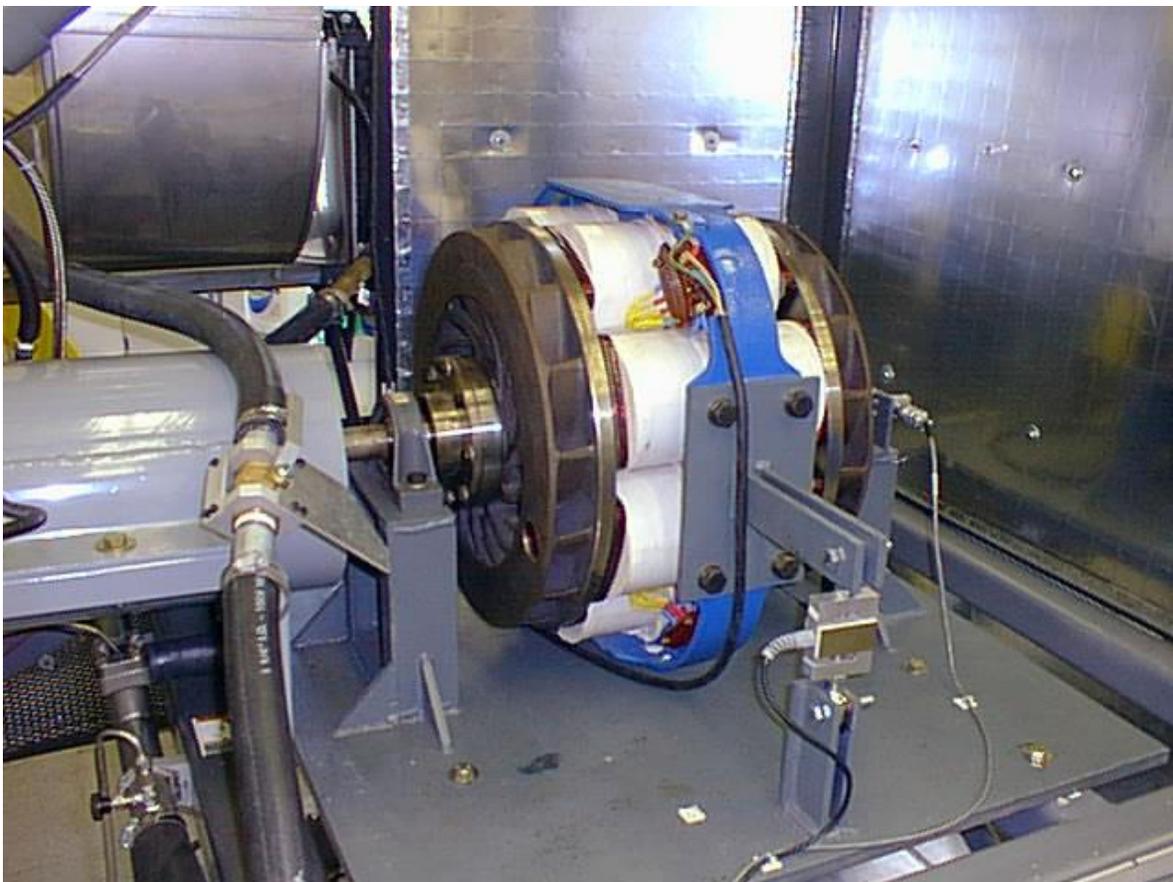


Figura 2.11 Elementos constitutivos de un freno de corrientes parásitas entre las cuales se encuentra (1) parte giratoria de adaptación (2) soporte del estator (3) estator y (4) rotor [17]

En el caso de los frenos electromagnéticos figura 2.12, la acción de frenado se produce mediante la variación del flujo electromagnético, creado por bobinas situadas en el estator y que se concentran en el campo magnético sobre el rotor. La potencia absorbida genera corrientes parásitas de Founcault (también llamadas parásitas o de Eddy) que se oponen al campo que las produce (Ley de Lenz), y finalmente esta energía se disipa en forma de calor.

Mediante la variación de la alimentación de las bobinas del estator se consigue la regulación del par. Este tipo de frenos regularmente son enfriados por aire pero en algunos casos también dispone de un sistema hidráulico cuya única finalidad es la de evitar el excesivo calentamiento del rotor. La medición del par se realiza mediante el uso de una celda de carga, que básicamente es un transductor de fuerza y un brazo de palanca "L". [5]



*Fig. 2.12 Dinamómetro de banco de corrientes parásitas [18]*

## 2.5 ANALIZADORES DE GASES

### Principio de funcionamiento de analizadores de gases

El monitoreo del aire consta de dos procesos: el muestreo y el análisis de contaminante, el muestreo es el proceso por el cual las muestras son colectadas, mientras que el análisis involucra métodos para determinar la concentración de los contaminantes.

Los contaminantes atmosféricos considerados en las normas internacionales son: dióxido de azufre, monóxido de carbono, partículas suspendidas totales, PM<sub>10</sub> (partículas menores a 10 micras), oxidantes fotoquímicos y óxidos de nitrógeno. Estos contaminantes son conocidos como contaminantes criterio; existen dos tipos de normas de calidad de aire las primarias, cuya finalidad es proteger la salud humana; y las secundarias, para proteger el bienestar, los ecosistemas en todo contexto (fauna y flora), así como los bienes materiales.

Para poder medir los niveles de contaminantes criterio, es necesario contar con métodos que produzcan resultados comparables, es decir que sean específicos, sensibles, estables, precisos y exactos por lo que se deben de llevar a acabo métodos de referencia.

Existe también el método de equivalencia que proporciona resultados comparables con los obtenidos por el método de referencia .Los métodos de referencia y equivalentes pueden ser manuales y automáticos.

En la siguiente tabla 2.1 podemos ver los métodos de referencia y su principio de detección de los Estados Unidos de América

<b>Método de referencia de los estados unidos de américa</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Método de referencia</b>	<b>Principio de detección</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	Pararosanilina	Colorimétrico
<b>Partículas suspendidas totales</b>	Muestreador (Hi. Vol.) de altos volúmenes	Gravimétrico
<b>CO</b>	Espectrometría de infrarrojo no dispersiva	Infrarrojo
<b>Oxidantes fotoquímicos (ozono)</b>	Quimioluminiscencia	Quimioluminiscencia
<b>Hidrocarburos ( no metano)</b>	Cromatografía de gases	Ionización de flama
<b>NO<sub>2</sub></b>	Quimioluminiscencia	Quimioluminiscencia

Tabla 2.1. Método de referencia de los estados unidos de américa

## 2.5.1 Principios de funcionamiento

### Método de infrarrojo No Dispersivo (NDIR)

Se utiliza para medir muchos gases, incluyendo CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO, SO<sub>2</sub>, e hidrocarburos. Este método se utiliza principalmente para determinar CO y CO<sub>2</sub>. El CO absorbe la radiación infrarroja de 4.6µm. Especial cuidado se debe tener al emplear este tipo de analizador en la determinación de HC, dado que no tiene la sensibilidad suficiente para distinguir el tipo de hidrocarburo que está en la celda.

La energía infrarroja pasa a través de dos tubos idénticos y termina en un detector. El primer tubo es la celda de referencia y es llenada con un gas no absorbente como el nitrógeno. El segundo tubo es la celda de medición y contiene la muestra de gas que va a ser analizado. La energía en la región de interés es absorbida por el gas en la celda de medición, atenuando la energía que pasa a través de la celda terminado en el detector. Como se ve en la figura 2.13

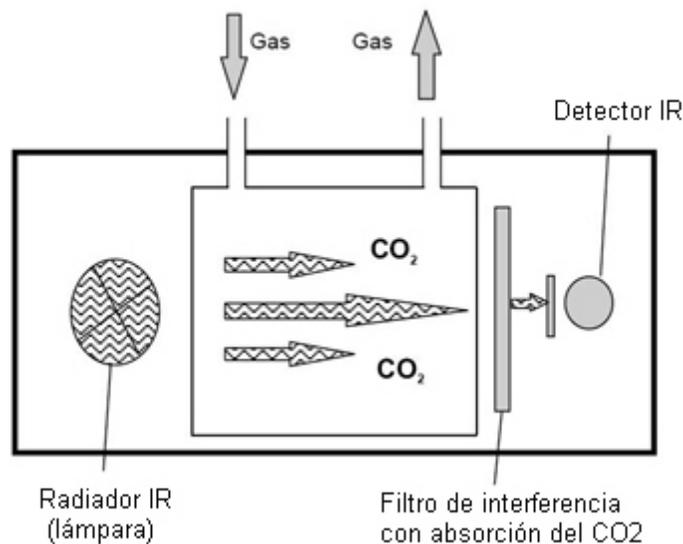


Fig. 2.13 Infrarrojo no dispersivo [19]

Esta atenuación de energía es comparada con la señal no atenuado de la celda de referencia la diferencia es proporcional a la cantidad de gas absorbente en la celda de medición.

## Método de ionización de llama (FID)

La introducción de compuestos de carbono en una llama de hidrógeno / aire no ionizado, produce iones y electrones que pueden conducir electricidad a través de llama.

El analizador FID figura 2.14 se utiliza para medir los HC emitidos por el motor incluyendo los compuestos de carbono reportados como ppm de volumen de carbono medida en comparación con un hidrocarburo alifático de referencia (propano o hexano). Entre un electrodo colector, situado por encima de la llama y el extremo del quemador, el cual representa el segundo electrodo, se aplica una diferencia de potencial de unos pocos cientos de voltios (100 a 300), para la medición de la corriente que resulta ( $10E-12$  A) se utiliza un amplificador operacional de alta potencia.

Los compuestos orgánicos se pirolisan a la temperatura de una llama de H<sub>2</sub>/aire produciendo iones y electrones que conducen la electricidad a través de la llama. La señal depende del número de átomos de carbono que entra en el detector por unidad de tiempo.

Se aplica a compuestos orgánicos pero es poco sensible a grupos como carbonilo, aminas, alcoholes y halógenos. El detector es insensible a gases no combustibles como H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> Y NO<sub>x</sub>.

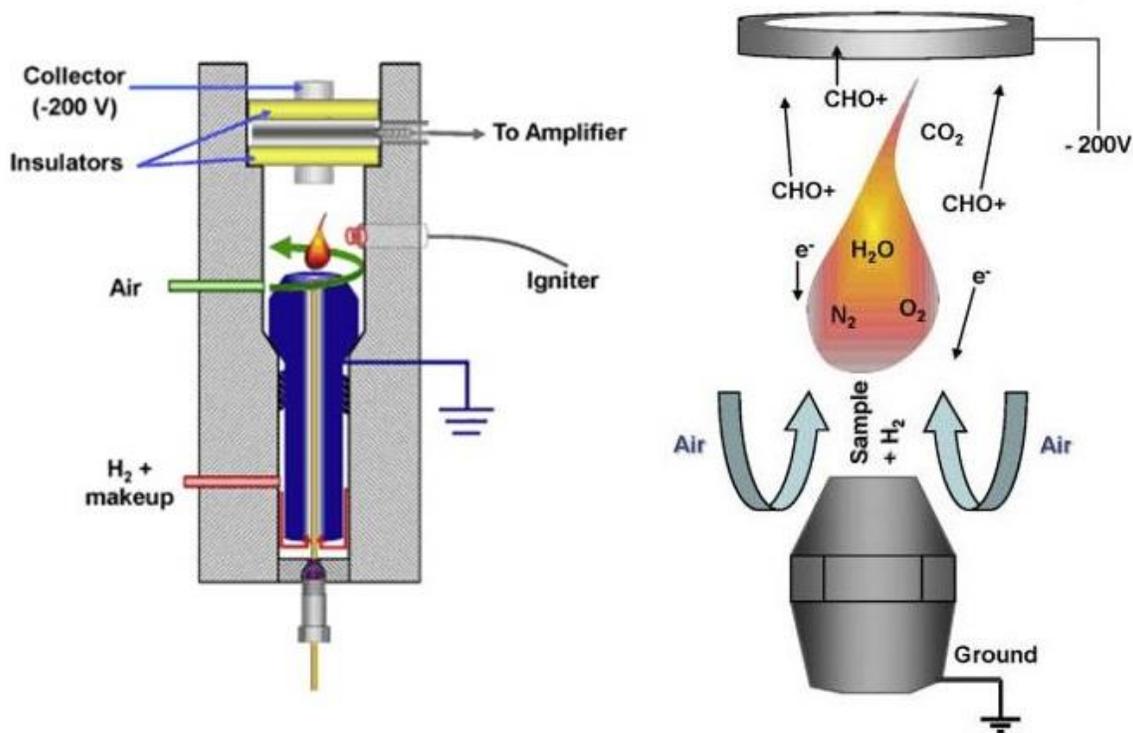
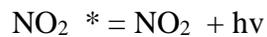


Fig. 2.14 Ionización de flama [20]

## Método de quimioluminiscencia

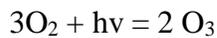
En este método la determinación del monóxido de nitrógeno (NO), de la muestra, es transformado en NO<sub>2</sub> por una reacción de oxidación de fase gaseosa con ozono molecular, producido en el analizador, a partir de aire u Oxígeno proporcionado por un cilindro externo. Una característica de esta reacción es la excitación de las moléculas a un estado energético superior, seguido de una inmediata vuelta al estado no excitado acompañado de una emisión de fotones. Éstos inciden en un detector fotomultiplicador, generando una corriente continua de baja intensidad. Esta corriente es amplificada para indicar en un dispositivo de medida.

La reacción que se produce es:



Donde h es la constante de Planck, y  $\nu$  es la frecuencia en HERTZ

Al medir NO la energía lumínica se filtra con el fin de eliminar las interferencias de otros gases tales como el CO, SO<sub>2</sub> y los hidrocarburos etilénicos. El ozono necesario para la reacción de quimioluminiscencia, se produce en una cámara de flujo donde la corriente de aire y oxígeno se expone a una radiación ultravioleta proveniente de una lámpara. La reacción es:



En la figura 2.15 se ilustra el método de quimioluminiscencia

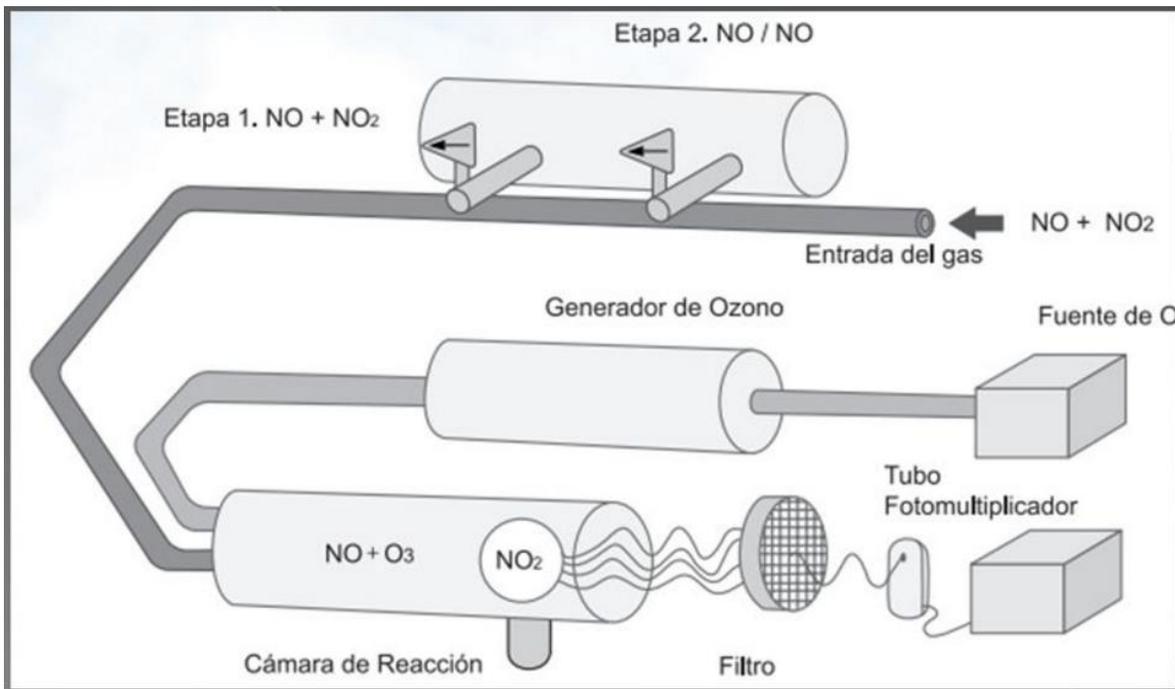


Fig. 2.15 Método de Quimioluminiscencia [21]

### Sonda lambda o sensor de oxígeno

El motor por si solo no puede controlar los porcentajes de aire y combustible que entran en la cámara de combustión, no lo pudo hacer en el pasado con el uso de carburadores, ni tampoco con sistemas de inyección electrónicos de "lazo abierto". Para poder controlar la mezcla es necesario un elemento sensor figura 2.16, que indique, el porcentaje de aire y combustible que entra en el motor. A este dispositivo se le llama sensor de oxígeno o sonda Lambda. Este sensor situado a la salida del colector de escape del motor, analiza los gases de escape, y envía información constantemente a la gestión electrónica del motor que adecua la mezcla en función de las circunstancias de funcionamiento del vehículo.



*Figura 2.16 Sensor de oxígeno [22]*

La combustión requiere que el aire y el combustible se hallen mezclados en una proporción determinada, esta proporción entre el aire y el combustible es lo que se llama "relación estequiometría". En un motor de gasolina la relación ideal es de 14,7:1, es decir son necesarios 14,7 gramos de aire por cada gramo de combustible para realizar una combustión perfecta. En la práctica esta proporción varía ligeramente, pudiendo alcanzar valores de 12 a 16, que serían los límites de funcionamiento de la combustión en el motor.

Con 12 gramos de aire por gramo de gasolina la mezcla que se obtiene es excesivamente "rica" en gasolina mientras que con una relación de 16, el motor no arrancaría por escasez ("pobre") de gasolina.

### **Mezcla pobre**

Resulta del exceso de aire en la mezcla. En estas condiciones en el motor se incrementa la temperatura de la combustión, facilitando la aparición de óxidos de nitrógeno (Nox), además si la mezcla es muy pobre, el combustible no llega a inflamarse y el motor se para.

### **Mezcla rica**

Se produce debido al exceso de combustible en la mezcla con respecto al aire que entra en la cámara de combustión del motor. En este caso el exceso de combustible no se puede combinar completamente con el aire, por lo tanto una parte del combustible es expulsado por el escape en forma de hollín y CO (monóxido de carbono).

En automoción se habla de factor lambda o relación "lambda" cuando quiere definirse la relación entre la cantidad de aire necesaria para producir una combustión completa, en relación estequiometría y la cantidad de aire real que aspira el motor.

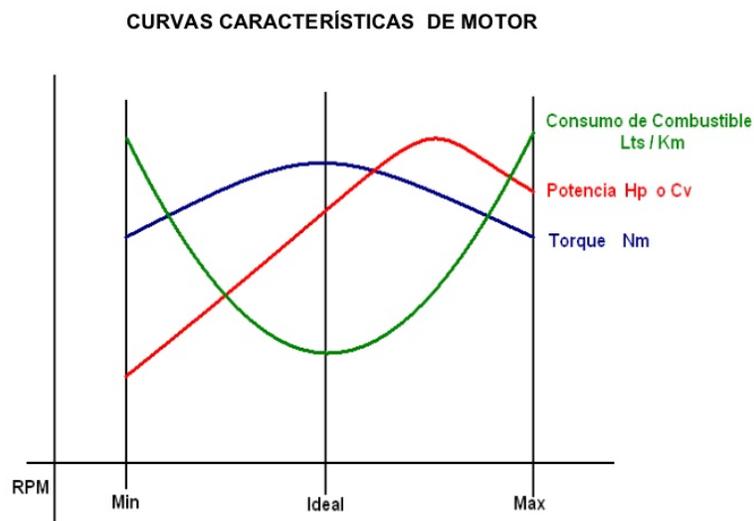
$$\text{Lambdas } (\lambda) = \frac{\text{Masa real de aire}}{\text{Masa teórica del aire}}$$

Durante el funcionamiento del motor el factor lambda debe variar dentro de unos límites máximo y mínimo establecidos ya que el motor no puede estar alimentado constantemente con una mezcla en relación estequiométrica teórica, (esto es lambda = 1), puesto que en estas condiciones el motor no proporcionara ni su potencia máxima ni el máximo rendimiento térmico.

En definitiva, el factor "lambda" da una idea muy precisa de la riqueza o pobreza de una mezcla, así se dice que:

- Con una relación "lambda = 1", se obtiene una combustión perfecta porque el aire aspirado coincide con el teórico (el aire aspirado es el 100 % del teórico necesario).
- Con una relación "lambda < 1", por ejemplo 0,8 indica escasez de aire por lo que la mezcla resulta rica de combustible (el aire aspirado es solo el 80 % del necesario).
- Con una relación "lambda > 1", por ejemplo 1,20 indica exceso de aire, por consiguiente una mezcla pobre (el aire aspirado es un 120 % del teórico, es decir un 20 % más del necesario).

Como se puede ver en la gráfica inferior la potencia máxima en un motor otto se obtiene con una mezcla ligeramente rica, mientras que el consumo mínimo se consigue con una mezcla ligeramente pobre. [17]



Grafica 2.1 Potencia máxima de un motor ciclo Otto [22]

## 2.5.2 Equipos y Procedimientos de Medición

Para medir la concentración de los gases contaminantes que emite un motor de combustión interna, se usa un analizador de gases, ya sea que el motor esté instalado en un vehículo o en un banco dinamométrico. La medición se hace en una muestra o fracción del caudal de los gases de escape, existiendo dos formas o procedimientos para hacerlo:

El primer procedimiento es el más sencillo, se realiza introduciendo una sonda que no es más que un tubo flexible, de material que no reaccione químicamente con los gases extraídos y que tiene por un extremo una boquilla de metal, con una longitud entre 30 y 40 cm, la cual se introduce en el tubo al final del sistema de escape, y por el otro extremo está conectado a la banca, que es el corazón del analizador de gases. La gran mayoría de los analizadores mide hidrocarburos totales ( $\text{HC}_T$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), oxígeno ( $\text{O}$ ) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), y las partes que los componen son las siguientes:

- a) Elementos de filtrado. Se encargan de eliminar los elementos sólidos y moléculas de agua que se encuentran suspendidos en el gas. Esto permite mantener limpios los conductos del sistema y permite el correcto funcionamiento de los sensores a los que generalmente el agua y las partículas sólidas causan estragos.
- b) Sistema neumático de transporte. Son los dispositivos responsables del transporte de la muestra de gas por los conductos del sistema. Generalmente está compuesto por bombas, válvulas mangueras, etc.
- c) Conjunto de sensores. Son los elementos que se encargan de la detección y análisis de los gases dependiendo de su naturaleza.
- d) Dispositivos electrónicos de control y despliegue. Es la instrumentación que se encarga de acondicionamiento de señales para el despliegue de datos, ya sea en el analizador mismo o a través de la comunicación con una computadora (interface).

El **segundo** procedimiento para medir los gases provenientes del escape consiste, diluir dichos gases de escape con “aire cero” antes de tomar la muestra, que será conducida hacia los analizadores y hacia las bolsas de recolección.

En los motores diésel, además de medir los gases descritos anteriormente, se mide la opacidad del humo que sale por el escape y las partículas que conforman dicho humo.

### Analizador de opacidad de humos:

Este tipo de analizadores de opacidad de humos figura 2.17 se utiliza principalmente en los muestreos de motores que usan como combustible diesel, quien con sus emisiones generan una mayoría contaminación ambiental por partículas en suspensión.

Aunque existen una gran variedad de instrumentos para medir humos básicamente se clasifican en tres tipos que se describen a continuación:

- Opacímetros de flujo total en línea, analiza el total del humo que pasa por el tubo de escape. La medición es realizada dentro del tubo de escape.
- Opacímetros de flujo total tipo estela o fin de línea, analiza el total del humo que sale del escape en forma de estela. La medición realizada a la salida del escape.
- Opacímetros de flujo parcial o muestreo, analiza una fracción del humo que pasa por el escape. La medición es realizada en una cámara especialmente diseñada.

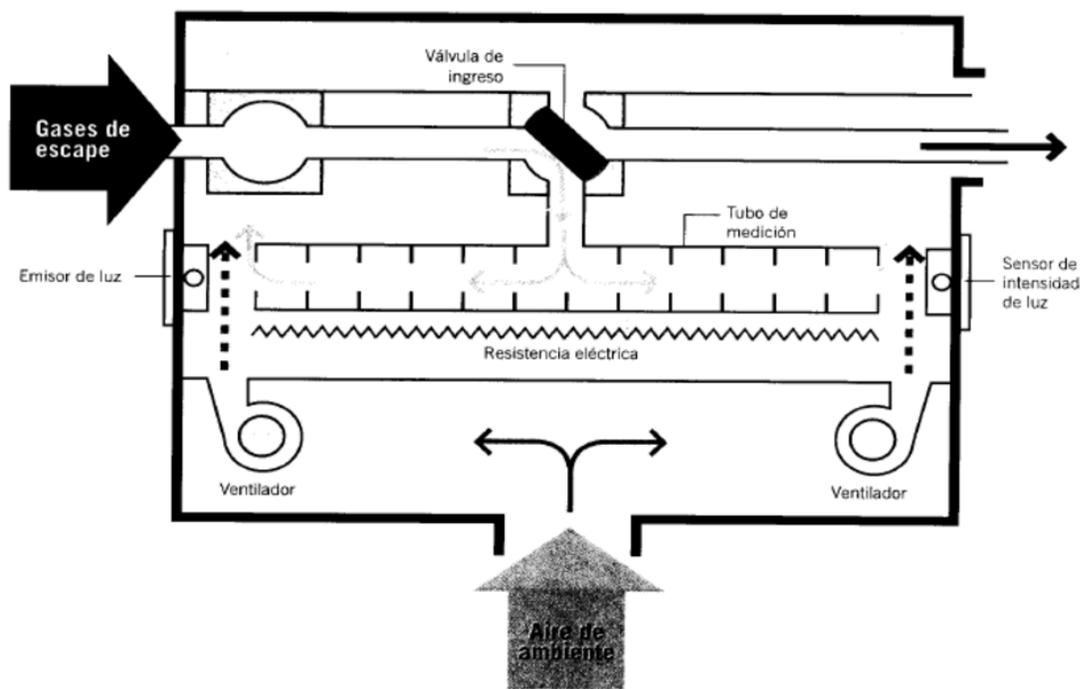


Fig. 2.17 Opacímetros de humos [23]

El opacímetro, posee una fuente de radiación visible, un detector y un camino óptico específico. La fuente es usada para genera radiación que atravesará la muestra. Puede ser una lámpara incandescente o un LED verde con pico espectral entre 550 nm y 570 nm. El opacímetro tienen dos escalas de medición: Una de ellas en unidades de absorción de luz, expresada en  $m^{-1}$  y la otra lineal de 0% a 100% de opacidad, ambas escalas de medición se extiende desde cero con flujo total de luz hasta el valor máximo de la escala con obscurecimiento total.

### **Sistema de muestreo a volumen constante CVS (constant volumen simple).**

Este método consiste en diluir los gases de escape con aire limpio del ambiente. Donde dicho aire es filtrado para mantener el flujo total constante (gases de escape + aire) manteniendo las mismas condiciones de prueba durante el ciclo. Para medir el flujo másico de aire diluido se usan flujómetros de gas seco, por lo tanto, restando de la cantidad anterior, se puede conocer el volumen real de los gases de escape en el aire de la atmósfera.

El flujo másico total puede ser determinado de dos maneras:

- Ya sea calculando las rotaciones totales de la bomba de desplazamiento positivo con características conocidas, que hace fluir la mezcla.
- Haciendo fluir la mezcla a través de un Venturi en condiciones críticas.

Durante la prueba de CVS (figura 2.18), se dispone de un conjunto de bombas que permiten recolectar continuamente fracciones constantes de gases de escape y aire de dilución en bolsas plásticas de fluorocarbón (Tedlar) y acumular así las emisiones durante la secuencia. Los contaminantes regulados (CO, HC, NO<sub>x</sub>) y partículas, son analizados al final de cada secuencia tanto en los gases de escape como en el aire de dilución.

En los MEC, dado el riesgo de condensación de los hidrocarburos más pesados en las bolsas es necesario hacer un análisis continuo de HC. Los gases diluidos son transferidos a un analizador por una línea calentada a 190° C según norma se utiliza un integrador para calcular las emisiones acumulativas durante el tiempo que dure el ciclo. El ensayo de los MEC incluye la medición de la emisión de partículas, para lo que se dispone de un montaje especial. Dado que las partículas son retenidas en un papel de fieltro especial, los gases de escape no podrían ser totalmente filtrados, porque la onda de contrapresión producida podría alterar las condiciones de funcionamiento del motor y sus correspondientes emisiones. Por lo tanto es necesario hacer un muestreo con una fracción representativa conocida de los gases de escape emitidos por el motor. Para realizar esto, se utiliza un “túnel” de dilución de longitud suficiente que permite homogeneizar las mezclas de aire aerosol- dilución del sistema CVS. De tal modo que el sistema de muestreo total, extrae una fracción extremadamente pequeña del escape del motor y luego la diluye y la filtra, esta se muestra representa una aproximación adecuada.

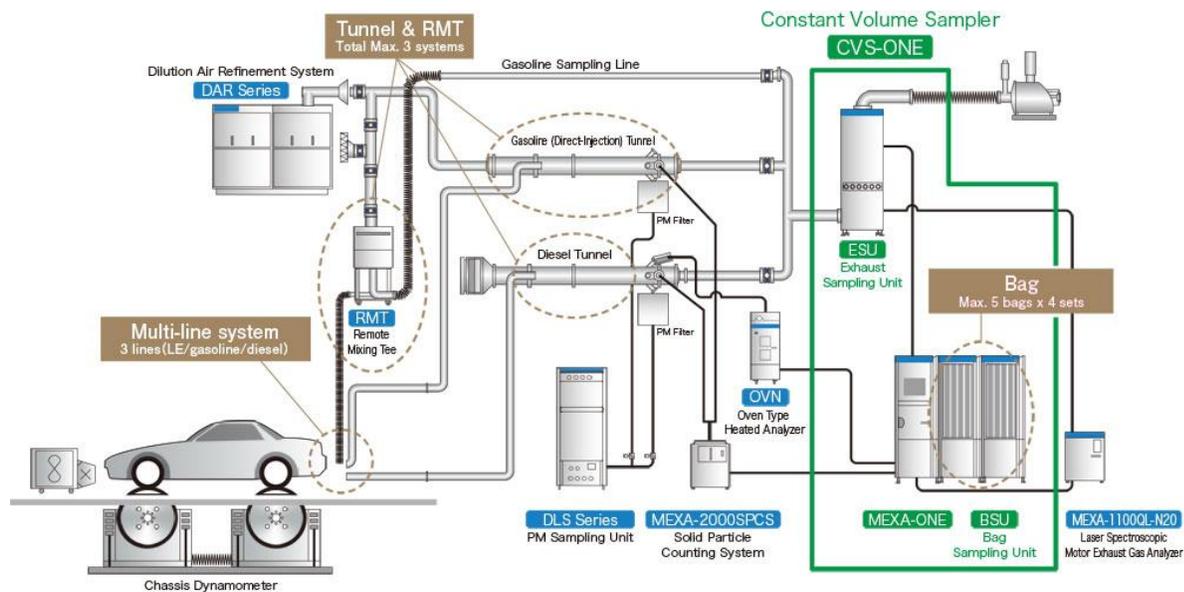


Fig. 2.18 Esquema de un sistema de muestreo CVS (24)

**En su forma más simple del sistema CVS consta de:**

- Sistema de Dilución del aire
- Separador ciclónico.
- Venturi de flujo crítico (CFV).
- Bombas de muestreo.
- Ventilador.
- Sensores de presión y temperatura.
- Líneas de tubería.
- Sistema multi-línea.
- Línea diesel.
- Línea de gasolina.
- Línea de gasolina por inyección directa.
- Filtro de PM.
- Unidad de muestreo.
- Conteo de partículas sólidas.
- Analizador calentado tipo horno.
- Unidad de muestreo de los gases de escape.
- Unidad de muestreo de bolsa.
- Espectroscopia laser.

## **PEMS (Portable Emission Measurement System)**

El PEMS (figura 2.19) es un sistema de medición de emisiones de vehículos automotores que se realiza a bordo y en condiciones de manejo reales. Una de las características principales de este sistema de medición o monitoreo a bordo es el ser instalado fácilmente en una amplia variedad de vehículos de combustión interna ya sean MEC o MEP.



*Fig. 2.19 Sistema de Medición de Emisiones Portátil PEMS [25]*

Estos sistemas son diseñados para la medición de emisiones en uso y en tiempo real en carretera bajo cualquier operación y condiciones ambientales, condiciones de tráfico, y durante ciclos operativos. Las conexiones del sistema en el vehículo son reversibles, es decir en la mayoría de los casos no es necesario realizar modificaciones al vehículo, al motor o al sistema de escape.



*Fig. 2.20 Prueba a bordo de PEMS [26]*

El equipo por lo general está compuesto de dos a cinco analizadores de gas, un escáner de diagnóstico del motor y un ordenador a bordo (figura 2.20) que se encarga de registrar segundo a segundo los datos obtenidos como son: consumo de combustible, la velocidad del vehículo, revoluciones por minuto del motor, temperatura del motor, temperatura de los gases de escape, presión del múltiple de admisión, posición del acelerador y emisiones.

Los gases de escape que mide este tipo de equipos principalmente son: hidrocarburos totales (HCT), monóxido de carbón, (CO), dióxido de carbón (CO<sub>2</sub>), Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), oxígeno (O) y también monitorea partículas menores a 10 micras (PM10). Algunos equipos están diseñados para conectarse al puerto de diagnóstico a bordo (OBD) del vehículo, del que se pueden obtener directamente, en tiempo real, datos del motor y del vehículo mientras este está en operación.

## Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier FTIR

Uno de los equipos que han adquirido gran importancia en el análisis de muestras de gases de escape es el denominado FTIR (Fourier transform Infrared Spectrometry)(figura 2.21). Son espectrómetros infrarrojos que basan su funcionamiento en la teoría de absorción de radiación infrarroja molecular, donde se menciona que a temperaturas superiores al cero absoluto todos los átomos que forman parte de las moléculas están en una vibración continua unos respecto a otros cuando la frecuencia de una de las vibraciones es igual a la frecuencia de radiación infrarroja específica que incide sobre esa molécula, dicha molécula absorbe la radiación.

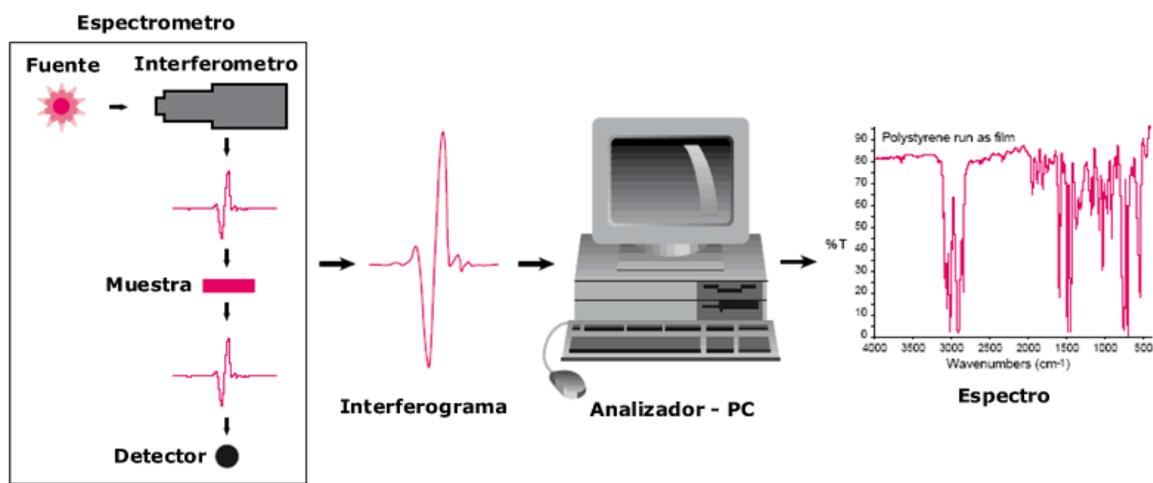


Fig. 2.21 Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier [27]

Su funcionamiento consiste en: un haz colimado, proveniente de una fuente que emite en toda la región infrarroja, incide sobre un divisor de haz. El haz incidente se divide en dos haces perpendiculares de igual energía, uno de los cuales incide sobre el espejo móvil y otro sobre el espejo fijo. Los haces son reflejados por ambos espejos y se recombinan al divisor del haz. Esto da lugar a una incongruencia, la cual puede ser constructiva o destructiva dependiendo de la posición relativa del espejo móvil con respecto del espejo fijo. El haz resultante pasa a través de la muestra, en donde sucede una absorción selectiva de longitudes de onda y finalmente llega al detector.

Inicialmente el espejo móvil se encontrará en la posición en la que la diferencia de camino óptico de los dos haces es cero. La información recabada por el detector se utiliza para obtener el interferograma, el cual es digitalizado. Una computadora desarrolla el cálculo aproximado de la transformada de Fourier del interferograma, debido a que después de digitalizar la información ya no se puede trabajar con variables continuas.

Un espectrómetro por transformada de Fourier, figura 2.22, consta de tres elementos básicos: una fuente luminosa, un interferómetro de Michelson y un detector.

Las características más relevantes de esta espectroscopia son las siguientes:

1. Si dos moléculas están constituidas por átomos distintos, o tienen distinta distribución isotópica, o configuración, o se encuentran en ambientes distintos, los espectros infrarrojos serán distintos.
2. Una sustancia definida puede identificarse por un espectro infrarrojo. Estos espectros pueden ser considerados como las huellas digitales de dicha sustancia.
3. Los espectros muestran bandas que son típicas de grupos funcionales particulares y que tienen localizaciones e intensidades específicas dentro de los espectros infrarrojos.
4. A partir de los espectros se pueden inferir las estructuras moleculares. Para ello se requiere un modelo en el cual basar los cálculos.
5. Las intensidades en las bandas del espectro de una mezcla, son generalmente proporcionales a las concentraciones de las componentes individuales. Por lo tanto, es posible determinar la concentración de una sustancia y realizar análisis de muestras con varias componentes.
6. Es posible, mediante el uso de dispositivos experimentales adecuados, obtener espectros infrarrojos sin alteraciones de la muestra, lo que constituye a esta espectroscopia como una herramienta de análisis no destructiva.
7. El tiempo necesario para obtener y almacenar un espectro infrarrojo es el orden de minutos. [6]

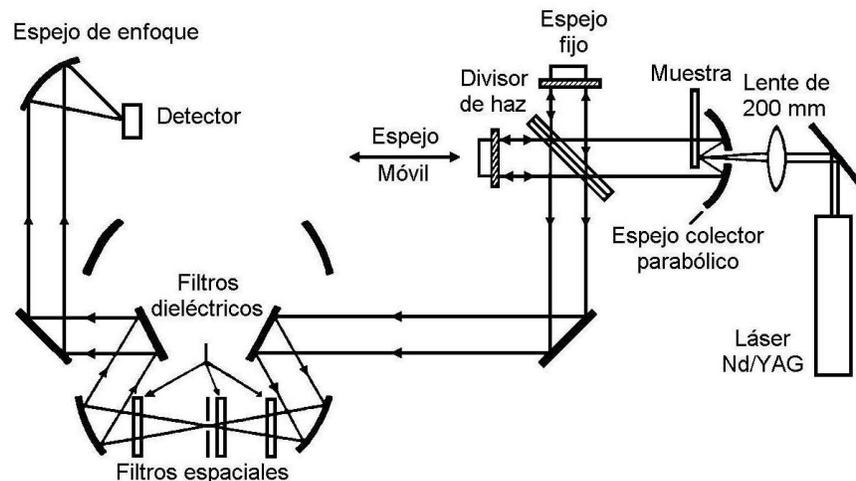


Fig. 2.22 Diagrama de un espectrómetro por transformada de Fourier [28]

## Contador de partículas

Es compacto, fácil de transportar, diseño robusto y proporciona respuesta en línea en un amplio rango de concentración. Estas propiedades lo convierten en un instrumento de mediciones de concentración numérica de partículas e incluso instrumentación de OBD. En la figura 2.23 se muestra el monitor donde se ve el muestreo que se genera al ocupar este instrumento.



Figura 2.23 MONITOR DONDE SE MUESTRAN LOS DATOS [29]

Sirve para medir la concentración numérica y diámetro medio de las nanopartículas sólidas en el rango de tamaño 10 - 700 nm en condiciones reales de conducción.

Además de la fuente de alimentación estándar de 100 - 240V, Testo NanoMet3 puede funcionar con batería de 12 - 24V DC para mediciones a bordo y de campo. El tiempo de respuesta es lo suficientemente corto para medir el funcionamiento transitorio del motor, proporcionar una cadena de datos completa con el número de partículas, Concentración, tamaño medio de partícula etc.

El rango de medición del contador de partículas (figura 2.24) es bastante amplio (diluido  $1E4-3E8$  pt /  $cm^3$ ) cubre prácticamente todas las emisiones de escape. Testo cree que NanoMet3 es por lo tanto el candidato para las pruebas de cumplimiento en uso, a su futura aprobación del tipo PEMS. [7]



Figura 2.24 CONTADOR DE PARTÍCULAS [29]

## 2.6 Ciclos de manejo

Un ciclo de manejo es un perfil de velocidad trazado en un plano de velocidad- tiempo en la cual este representa una forma típica de conducción en una zona o ciudad tomando en cuenta diferentes factores como lo son tecnología del vehículo, característica del tráfico, características climáticas y geográficas y también características de los mismos conductores.

Los ciclos de manejo dependen de cada ciudad o región; entre los más importantes son los que se describen a continuación. [8]

### **FTP 75 (ciclo para vehículos)**

Un ciclo de transición para los coches y camiones ligeros derivados de la FTP-72. Se utiliza para las pruebas de certificación de emisiones de los automóviles y camiones ligeros en los EE.UU.

El FTP-75 (Federal Test Procedure) se ha utilizado para la certificación de emisiones y ahorro de combustible de pruebas de vehículos ligeros en los Estados Unidos

El ciclo de FTP-75 se deriva de la FTP-72 mediante la adición de una tercera fase de 505 s, idénticos a la primera fase de la FTP-72, pero con un arranque en caliente. La tercera fase se inicia después de que el motor se detiene durante 10 minutos. Por lo tanto, todo el ciclo de FTP-75 consta de los siguientes segmentos:

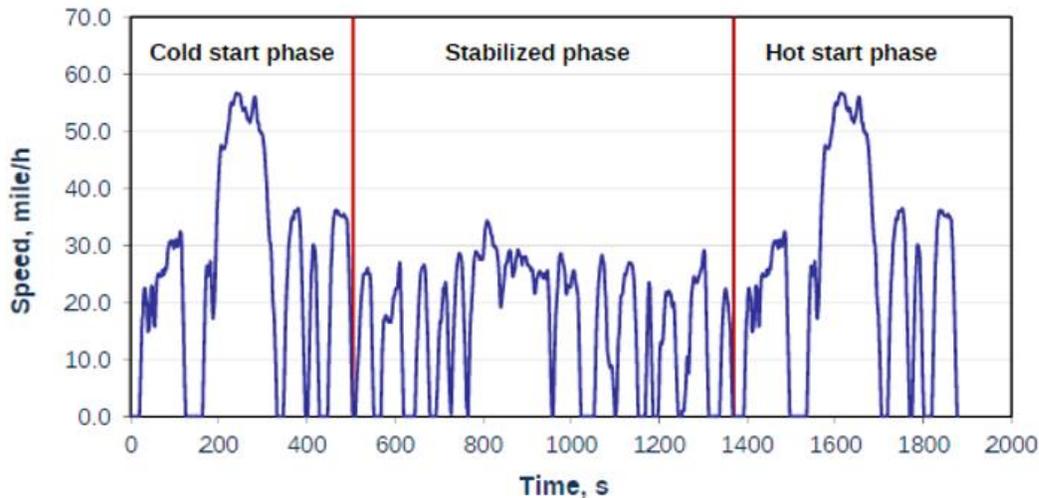
Arranque en frío fase transitoria (temperatura ambiente de 20-30 ° C), 0-505 s,

Fase de estabilización, 506-1372 s,

Parada en caliente (min 540 max 660 s, s),

Arranque en caliente fase transitoria, 0-505 s.

Esto se puede apreciar con más detalle en la gráfica 2.2



*Gráfica 2.2. US EPA Programa de conducción dinamométrico urbano (FTP – 75)*

Las emisiones de cada fase se recogen en una bolsa de teflón separada, analizados y expresados en g / milla (g / km). Los factores de ponderación son 0,43 para la fase de arranque en frío, 1.0 para la fase de "estabilizado" y 0,57 para la fase de arranque en caliente.

Los siguientes son algunos de los parámetros básicos del ciclo:

Duración: 1877 s

Distancia recorrida: 11,04 mph (17,77 km/h)

La velocidad media 21,2 mph (34,12 km/h).

Velocidad máxima: 56,7 mph (91,25 km/h).

Para la certificación de emisiones, los vehículos deben cumplir con las normas de emisión aplicables FTP. Desde el año modelo 2000, los vehículos tienen que ser probados, además, en dos procedimientos de ensayo de Federal Suplementaria (SFTP) diseñados para abordar las deficiencias con el FTP-75 en la representación de agresivo, alta velocidad de conducción (US06), y la uso de aire acondicionado (SC03).

El ciclo FTP-75 es conocido en Australia como el ciclo de ADR 37 (Australian Design Rules) y en Brasil como NBR6601 norma de prueba.

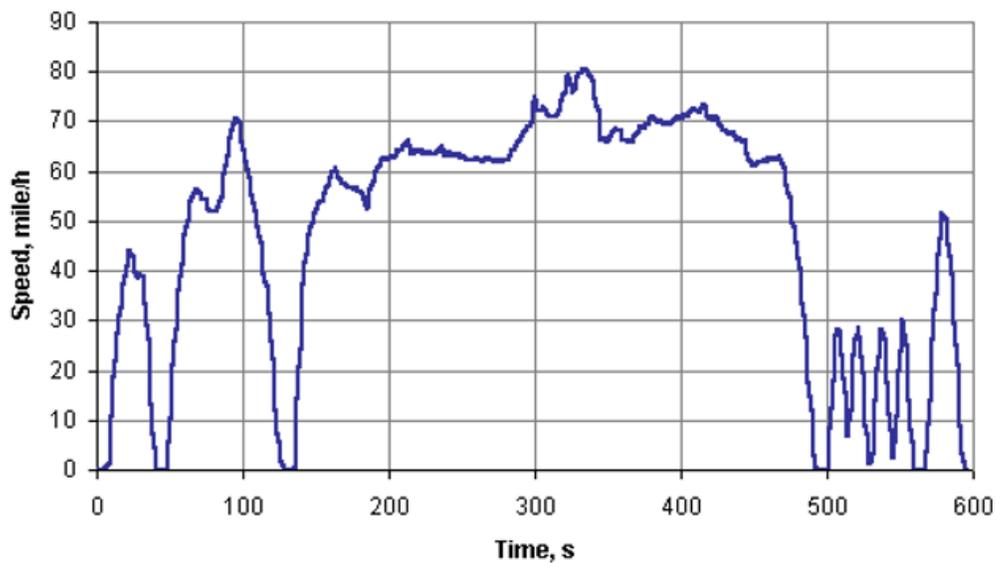
Una variante de cuatro segmentos de la FTP-75-ciclo en la fase estabilizada se ejecuta de nuevo después de la finalización de la fase de arranque en caliente, se utiliza a veces en ciertas aplicaciones, por ejemplo en algunas pruebas de vehículos híbridos.

### SFTP US06 (ciclo para vehículos)

Un procedimiento de FTP suplementario para simular la conducción agresiva en carretera.

El Procedimiento de Ensayo Federal US06 Suplementario (SFTP) fue desarrollado para hacer frente a las deficiencias en el ciclo de prueba FTP-75 en la representación de conducción agresiva o alta velocidad y / o aceleración comportamiento de conducción elevada, las rápidas fluctuaciones de velocidad, y el comportamiento a conducir tras el inicio.

La velocidad del vehículo durante la prueba US06 se muestra en la siguiente gráfica 2.3.



Gráfica 2.3 SFTP CICLO US06

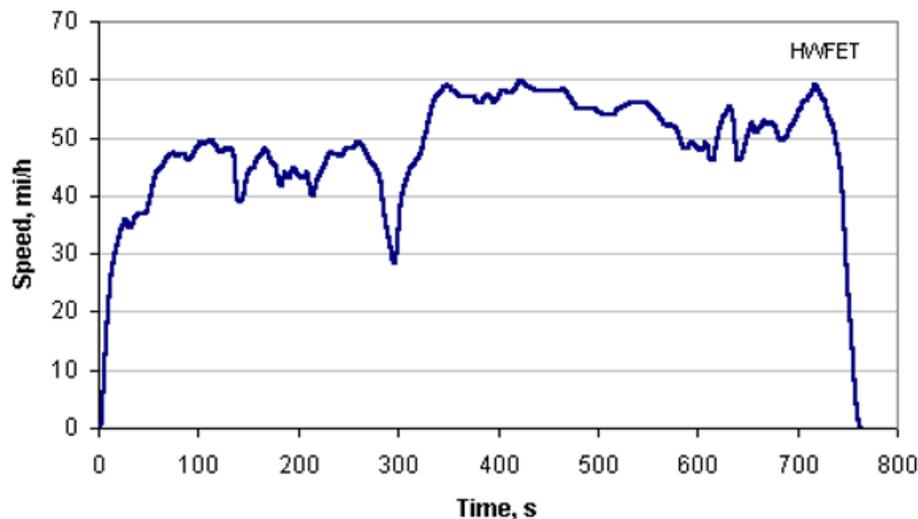
El ciclo representa una ruta de 8,01 millas (12,8 km), con una velocidad media de 48,4 millas / h (77,9 km/h), velocidad máxima de 80,3 millas / h (129,2 km/h), y una duración de 596 segundos.

Desde el año modelo 2008, también se utilizan los resultados US06 para la determinación de los índices de economía de combustible de la EPA en carretera utilizando el método de 5 ciclo de la EPA.

## Ciclo en carretera para ahorro de combustible (HWFET)

Plan de conducción para la determinación de la economía de combustible.

La prueba de carretera de economía de combustible (HWFET o HFET) ciclo dinamómetro de chasis de programación desarrollado por la EPA de los Estados Unidos para la determinación de la economía de combustible de los vehículos industriales ligeros [40 CFR 600, Subparte B]. El HWFET (gráfica) se utiliza para determinar la clasificación de economía de combustible en



carretera, mientras que la calificación de la ciudad se basa en la prueba FTP-75.

*Gráfica 2.4. EPA CICLO DE PRUEBA DE ECONOMÍA DE COMBUSTIBLE DE CARRETERA*

La prueba se ejecuta dos veces, con un descanso de máximo de 17 s entre las carreras. La primera carrera es un vehículo pre-acondicionamiento de secuencia, la segunda pasada es la prueba real con la medición de las emisiones.

Los siguientes son algunos de los parámetros característicos del ciclo:

Duración: 765 segundos

Distancia total: 10,26 mph (16,45 km/h)

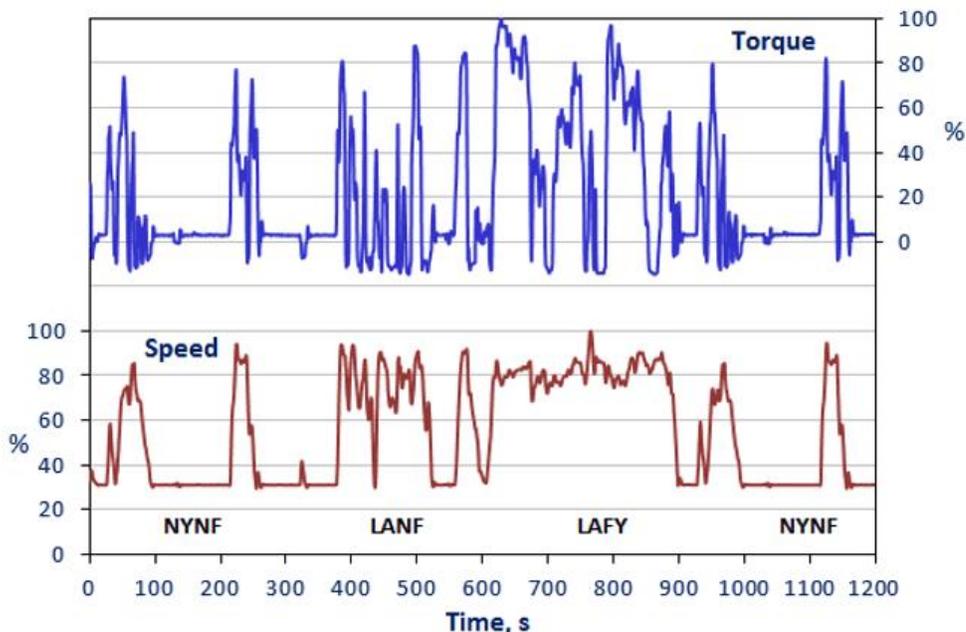
Velocidad media: 48,3 mph / h (77,7 km/h)

Los motores de servicio pesado (dinamómetro del motor)

### FTP transitoria (ciclo para motores)

El FTP (Federal Test Procedure) ciclo transitorio de alta resistencia se utiliza para las pruebas de emisiones de regulación de motores de gran potencia en carretera en los Estados Unidos. La prueba transitoria FTP se basa en el ciclo de dinamómetro de chasis de conducción UDDS. El ciclo incluye segmentos "automovilismo" y, por lo tanto, requiere un dinamómetro eléctrico de CC o CA capaz tanto de poder de absorción y suministro.

Tener en cuenta una variedad de patrones de conducción de camiones y autobuses de servicio pesado en las ciudades norteamericanas, incluido el tráfico en y alrededor de las ciudades en las carreteras y autopistas. El ciclo FTP consta de cuatro fases, incluyendo (1) Fase de no autopista de Nueva York (NYNF) típica del tráfico urbano ligero, con paradas y arranques frecuentes, (2) la fase (lanf) en la ciudad de Los Ángeles se simula la Autopista en pleno tráfico urbano con pocas paradas, (3) los Angeles autopista (LAFY) fase de simulación de tráfico de la autopista llena de gente en los Angeles, seguido por (4) una repetición de la primera fase NYNF. La variación de la velocidad normalizada y el par con el tiempo se muestra en la gráfica 2.5.



Gráfica 2.5 FTP CICLO TRANSITORIO

El ciclo se ejecuta con un arranque en frío y una prueba de arranque en caliente. Normalmente, el motor se deja en reposo durante la noche y una prueba de arranque en frío se lleva a cabo en la mañana. La prueba de arranque en frío es seguido por un período de 20 minutos y un mínimo de

tres pruebas de arranque en caliente consecutivos en reposo, con 20 minutos en un período de reposo entre cada prueba de arranque en caliente. Los resultados del FTP del freno de material compuesto se obtiene dividiendo las emisiones y consumo de combustible pesados (en gramos) por el trabajo mecánico pesado (en bhp-hr), utilizando un factor de ponderación de 1/7 y 6/7 para el frío y los resultados, respectivamente inicio caliente.

El factor de carga medio del ciclo de FTP es aproximadamente 20-25% de la potencia máxima disponible del motor a una velocidad del motor dada. La velocidad media de los vehículos es equivalente a unos 30 km/h y la distancia equivalente recorrida es de 10,3 km para un tiempo de ejecución de 1200 s. En general, la temperatura está en un nivel medio entre 250 y 350 ° C, pero hay secciones calientes con temperaturas que alcanzan tan alto como 450 ° C.

### **Prueba suplementaria de emisión (SET) (ciclo para motores)**

La prueba suplementaria de emisión (SET) es una prueba de dinamómetro del motor en estado estacionario de 13 fases, introducido por primera vez por la EPA de los Estados Unidos como parte del consentimiento en 1998 con fabricantes de motores de gran potencia y luego incluido en las normas de emisión del 2007 para vehículos pesado. Existen varias versiones de este ciclo de pruebas:

- Un ciclo de modo discreto (DMC).
- Dos ciclos del modo en rampa (RMC).

El ciclo de modo discreto es equivalente al ciclo estacionario europea (ESC). Era la prueba utilizada para las pruebas de motor bajo los decretos de consentimiento 1998.

La rampa es un ciclo aplicable a 2007-2009 motores de gran potencia. A pesar de que contiene los mismos modos de funcionamiento y las ponderaciones como la prueba de modo discreto, su orden es diferente y se define la transición entre los modos. Para los motores año modelo 2007-2009, los fabricantes podrían utilizar el modo de rampa SET 2007 o el modo discreto SET.

La Tabla 2.2 resume dos ciclos SET del modo rampa. Las velocidades A, B y C se definen de la misma forma que para el ciclo ESC

En 2016, la EPA introdujo un conjunto adicional de factores de ponderación para la prueba SET. Los dos conjuntos de factores de ponderación se muestran en la Tabla 2.3 El peso (A) representa los pesos originales (idénticos a los del ESC), mientras que el peso (B) representa el conjunto adicional de pesos. Los factores de ponderación (B) -desarrollados para tener en cuenta la tendencia descendente de los motores pesados- se utilizan para ensayar las emisiones de CO<sub>2</sub> del motor a los efectos de las normas de emisión de gases de efecto invernadero de la Fase 2 de la EPA. Los factores de ponderación (A) siguen siendo utilizados para los fines de las pruebas de emisiones de contaminantes (CO, HC, NO<sub>x</sub>, PM).

RMC Mode		2007-2009			2010 & posteriores		
		Tiempo s	velocidad	Torque %	Tiempo s	velocidad	Torque %
11a	Estado estable	170	Parado en caliente	0	170	Parado en caliente	0
1b	Transición	20	Línea de transición	Línea de transición	20	Línea de transición	Línea de transición
2a	Estado estable	170	A	100	173	A	100
2b	Transición	20	A	Línea de transición	20	Línea de transición	Línea de transición
3a	Estado estable	102	A	25	219	B	50
3b	Transición	20	A	Línea de transición	20	B	Línea de transición
4a	Estado estable	100	A	75	217	B	75
4b	Transición	20	A	Línea de transición	20	Línea de transición	Línea de transición
5a	Estado estable	103	A	50	103	A	50
5b	Transición	20	Línea de transición	Línea de transición	20	A	Línea de transición
6a	Estado estable	194	B	100	100	A	75
6b	Transición	20	B	Línea de transición	20	A	Línea de transición
7a	Estado estable	219	B	25	103	A	25
7b	Transición	20	B	Línea de transición	20	Línea de transición	Línea de transición
8a	Estado estable	220	B	75	194	B	100

8b	Transición	20	B	Línea de transición	20	B	Línea de transición
9a	Estado estable	219	B	50	218	B	25
9b	Transición	20	Línea de transición	Línea de transición	20	Línea de transición	Línea de transición
10a	Estado estable	171	C	100	171	C	100
10b	Transición	20	C	Línea de transición	20	C	Línea de transición
11a	Estado estable	102	C	25	102	C	25
11b	Transición	20	C	Línea de transición	20	C	Línea de transición
12a	Estado estable	100	C	75	100	C	75
12b	Transición	20	C	Línea de transición	20	C	Línea de transición
13a	Estado estable	102	C	50	102	C	50
13b	Transición	20	Línea de transición	Línea de transición	20	Línea de transición	Línea de transición
14	Estado estable	168	Parado en caliente	0	168	Parado en caliente	0

Tabla 2.2 Ciclo modo rampa (set)

**Nota:** Para mayor información de como obtener las velocidades A, B, y C se debe ir a la página 75 de este documento en el ciclo de manejo ESC.

MODO	Velocidad del motor	Carga %	Peso A, %	Peso B, %
1	Baja	0	15	12
2	A	100	8	9
3	B	50	10	10
4	B	75	10	10
5	A	50	5	12
6	A	75	5	12
7	A	25	5	12
8	B	100	9	9
9	B	25	10	9
10	C	100	8	2
11	C	25	5	1
12	C	75	5	1
13	C	50	5	1
TOTAL			100	100
VELOCIDAD TOTAL A			23	45
VELOCIDAD TOTAL B			39	38
VELOCIDAD TOTAL C			23	5

TABLA 2.3 FACTORES DE PONDERACIÓN

## Unión Europea

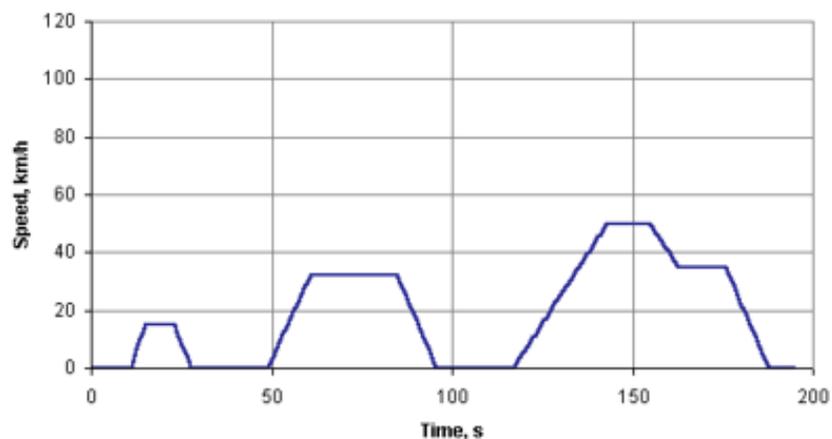
### Vehículos ligeros

**ECE (certificación de emisiones europea) + EUDC (ciclo de manejo urbano extra) / NEDC (nuevo ciclo de manejo europeo) (ciclo para vehículos)**

**ECE + EUDC.** La prueba ECE + EUDC también conocido como el ciclo de MVEG-A- esta prueba se lleva a cabo en un dinamómetro de chasis. El ciclo completo incluye cuatro segmentos de ECE (Gráfica 2.6) repetidas sin interrupción, seguido por un segmento EUDC (Gráfica 2.7). Antes de la prueba, se deja que el vehículo en reposo durante al menos 6 horas a una temperatura de ensayo de 20-30 ° C. A continuación, se pone en marcha y se deja inactivo durante 40s.

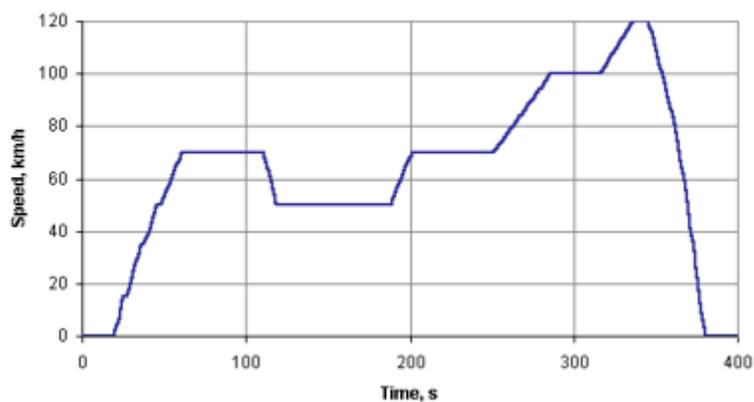
**NEDC.** A partir del año 2000, el período de ralentí se ha eliminado, es decir, el motor comienza a 0 s y el muestreo de emisiones comienza al mismo tiempo. Este procedimiento de arranque en frío modificado se conoce como el nuevo ciclo de conducción europeo (NEDC) o como el ciclo de prueba MVEG-B.

El ensayo completo se inicia con cuatro repeticiones del ciclo ECE (gráfica 2.6). El ECE es un ciclo de conducción urbana, también conocido como UDC. Fue ideado para representar las condiciones de manejo de la ciudad, por ejemplo, en París o Roma. Se caracteriza por la baja velocidad del vehículo, la carga baja del motor, y la temperatura de los gases de escape de baja



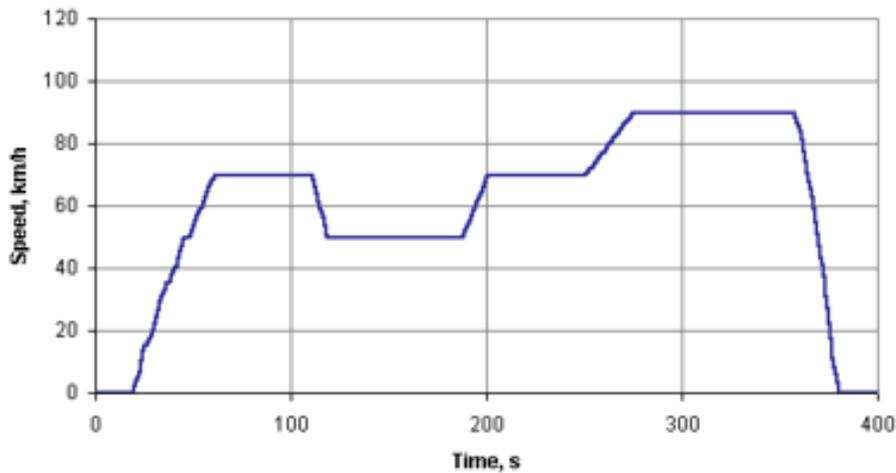
Gráfica 2.6 ECE 15 CICLOS

El (Ciclo Extra Urbano de conducción) EUDC segmento se ha añadido después del cuarto ciclo ECE para dar cuenta de los modos de conducción más agresivos y de alta velocidad. La velocidad máxima del ciclo EUDC es de 120 km / h. Un ciclo EUDC alternativa para los vehículos de baja



potencia también se ha definido con una velocidad máxima limitada a 90 km / h, gráfica 2.8.

Gráfica 2.7 CICLO EUDC



Gráfica 2.8 EUDC ciclo para vehículos de baja potencia

Las emisiones se muestrean durante el ciclo de acuerdo con el muestreo a volumen constante técnica (CVS), analizados, y se expresan en g / km para cada uno de los contaminantes.

La siguiente tabla 2.4 incluye un resumen de los parámetros seleccionados para la ECE 15 ciclos, y EUDC NEDC.

características	Unidades	ECE 15	EUDC	NEDC +
Distancia	Km	0.9941	6.9549	10.9314
Tiempo total	S	195	400	1180
Tiempo parado	S	57	39	267
Promedio de velocidad	Km/h	18.35	62.59	33.35
Velocidad de conducción media	Km/h	25.93	69.36	43.10
Velocidad máxima	Km/h	50	1.20	120
Promedio de aceleración <sup>1</sup>	m/s <sup>2</sup>	0.599	0.354	0.506
Aceleración máxima <sup>1</sup>	m/s <sup>2</sup>	0.042	0.833	1.042
<b>+ Cuatro repeticiones de ECE 15 seguido de una EUDC</b>				
<b>1 Calculado usando un método diferente</b>				

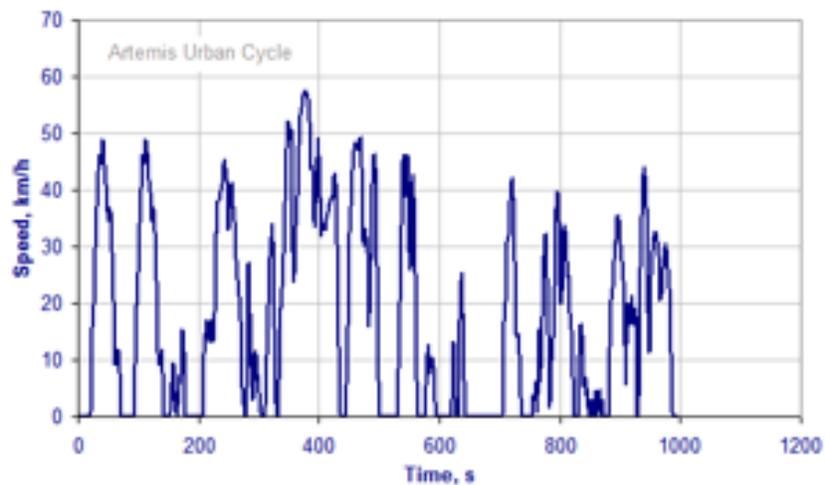
TABLA 2.4 Características del ciclo ECE NEDC+ EUDC

El tipo I, II y III Pruebas. La conducción urbana ciclo ECE-15, gráfica 2.6 representa prueba de tipo I, como se define por la ECE original de procedimiento de 15 emisiones. Ensayo de tipo II es una prueba de CO tubo de escape inactivo calentado a cabo inmediatamente después del cuarto ciclo de la prueba de tipo I. Ensayo del tipo III es un procedimiento de dinamómetro de chasis de dos modos (inactivo y 50 km / h) para la determinación de emisiones del cárter.

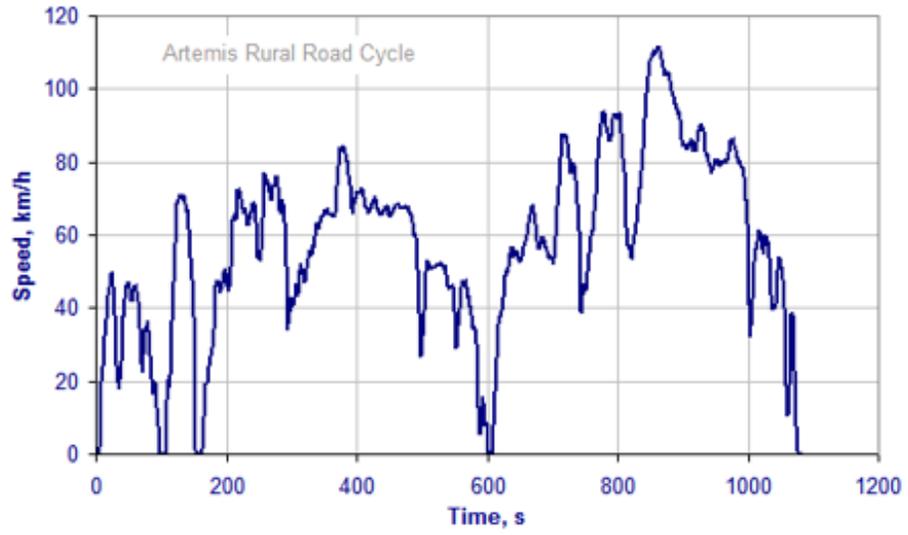
### **Ciclos de conducción comunes Artemis (CADC). (Ciclo para vehículos)**

Los Ciclos Común Artemis de conducción (CADC) son procedimientos dinamómetro de chasis desarrolladas dentro del Artemis Europea (Evaluación y fiabilidad de los modelos de transporte de emisión y sistemas de inventario) proyectos, basados en el análisis estadístico de una gran base de datos de patrones europeos de conducción del mundo real. Los ciclos incluyen tres programas de conducción: (1) urbano, (2) la carretera rural y (3) autopistas. El ciclo de autopista tiene dos variantes con velocidades máximas de 130 y 150 km / h.

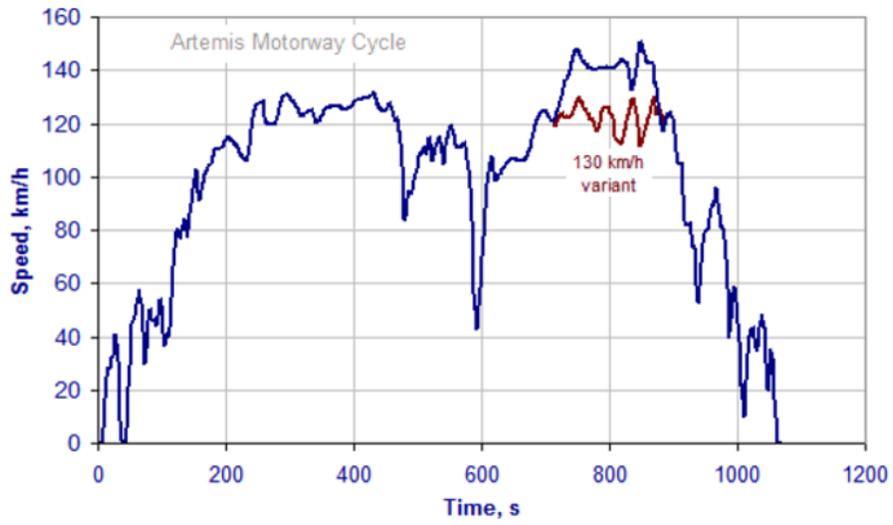
La velocidad del vehículo durante los ciclos de Artemis se muestra en las siguientes gráfica 2.9, gráfica 2.10 y gráfica 2.11 Las definiciones de ciclo Artemis también incluyen estrategias de cambio de marchas.



*Gráfica 2.9 CICLO URBANO ARTEMIS*



Gráfica 2.10 CICLO RURAL DE CARRETERA ARTEMIS



Gráfica 2.11 CICLO AUTOPISTA ARTEMIS

Características seleccionadas de ciclos de conducción Artemis se enumeran en la siguiente tabla 2.5.

Características	urbano	Rural	Carretera 130	Carretera 150
<b>Duración, s</b>	920	1081	1067	1067
<b>Distancia, km</b>	4.47	17.27	28.74	29.55
<b>Promedio de velocidad, km/h</b>	17.5	57.5	97	99.7
<b>Máxima velocidad, km/h</b>	58	112	132	150
<b>Distribución de velocidad, %</b>				
<b>Parado (s = 0 km/h)</b>	29	3	2	2
<b>Baja velocidad ( 0 &lt; s ≤ 50)</b>	69	31	15	15
<b>Velocidad media (50 &lt; s ≤ 90)</b>	2	59	13	13
<b>Alta velocidad (s &gt; 90)</b>	0	7	70	70

Tabla 2.5 Características del ciclo de manejo Artemis

### Los motores de servicio pesado y vehículos

#### **ECE R49 (ciclo para motores)**

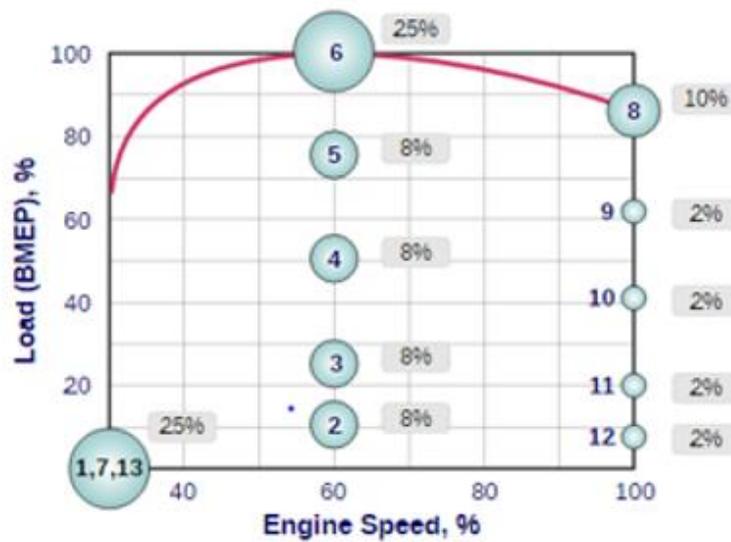
El R49 es un ciclo de pruebas de motores diesel en estado estacionario de 13 fases establecido por el Reglamento ECE N° 49 y luego adoptado por la Directiva 88/77 / CEE del Consejo. Había sido utilizado para la prueba de emisiones homologación de los motores de carretera de servicio pesado a través de la norma de emisiones Euro II.

Desde la fase Euro III (octubre de 2000), el ciclo R49 ha sido sustituido por el programa de ESC. La prueba R49 sigue siendo un procedimiento de pruebas reglamentarias en los países que todavía aceptan Euro II o normas de emisiones anteriores.

La prueba R49 se lleva a cabo en un dinamómetro para el motor que funciona a través de una secuencia de 13 de velocidad y carga condiciones. Las emisiones de escape medidos en cada modo se expresan en g / kwh. El resultado del ensayo final es una media ponderada de los 13 modos. Las condiciones de ensayo y factores de ponderación del ciclo de R49 se muestran en la Tabla 2.6 y en la gráfica 2.12. La tabla también muestra los factores de ponderación de la prueba anterior 13 de modo de los Estados Unidos. Las áreas de los círculos en el gráfico son proporcionales a los factores de ponderación para los modos respectivos.

No. De modo	Velocidad	Carga, %	Factores del peso	
			R 49	US
1	Parado	-	0.25/3	0.20/3
2	Máxima velocidad de torque	10	0.08	0.08
3		25	0.08	0.08
4		50	0.08	0.08
5		75	0.08	0.08
6		100	0.25	0.08
7	Parado	-	0.25/3	0.20/3
8	Velocidad de potencia nominal	100	0.10	0.08
9		75	0.02	0.08
10		50	0.02	0.08
11		25	0.02	0.08
12		10	0.02	0.08
13	Parado	-	0.25/3	0.20/3

Tabla 2.6 ECE R49 Y US con el ciclo 13 modos



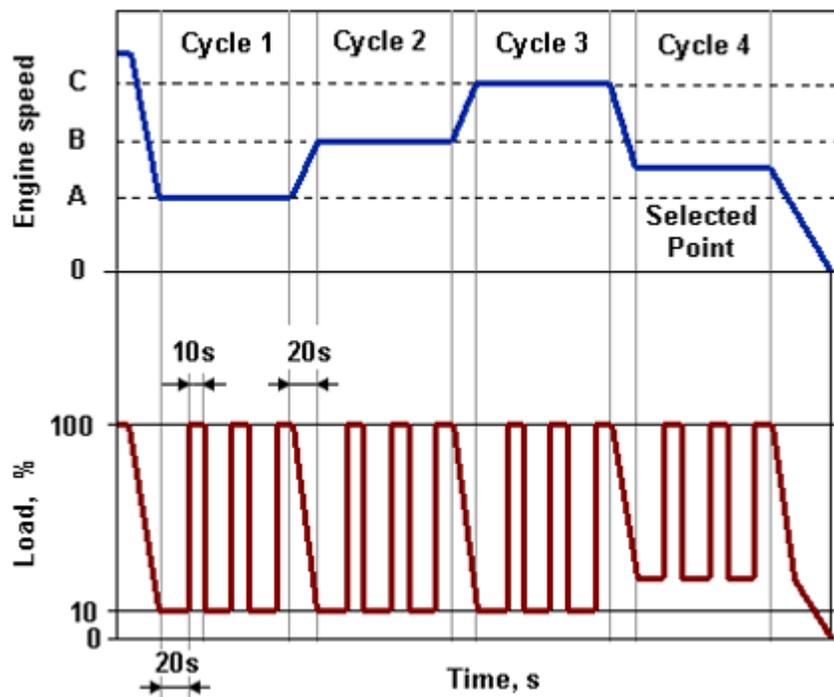
Gráfica 2.12 ECE R49

Las condiciones de funcionamiento del ciclo de prueba R49 son idénticos a los del ciclo de 13 fases de Estados Unidos. Los factores de ponderación, sin embargo, son diferentes. Debido a los altos factores de ponderación para los modos 6 y 8 (carga alta del motor), el ciclo europeo se caracteriza por temperaturas de los gases de escape medias altas.

### ELR (ciclo para motores)

La prueba de carga del motor de Respuesta Europea (ELR) ha sido introducido por la regulación de la Directiva 1999/96 / CE, a partir del año de emisión Euro III-2000 con el propósito de la medición de opacidad del humo de los motores diesel de gran potencia.

La prueba consiste en una secuencia de tres fases de carga en cada uno de los tres regímenes del motor A (ciclo 1), B (ciclo 2) y C (ciclo 3), seguido de ciclo 4 a una velocidad entre la velocidad de A y la velocidad de C y una carga entre 10% y 100%, seleccionada por el personal de certificación. A, B, y C se definen en el ciclo ESC. La secuencia de funcionamiento del dinamómetro del motor de prueba se muestra en la gráfica 2.13.



Gráfica 2.13 CICLO ELR

Los valores de medición de humos se muestrean de forma continua durante la prueba ELR con una frecuencia de al menos 20 Hz. Los rastros de humo se analizan entonces para determinar los

valores finales de humo por cálculo. En primer lugar, los valores de humo se promedian en intervalos de tiempo 1 segundo utilizando un algoritmo de filtro de Bessel veraging. En segundo lugar, los valores de humo paso de carga se determinan como el valor medio más alto 1s en cada una de las tres fases de carga para cada una de las velocidades de prueba. En tercer lugar, los valores medios de humos para cada ciclo (régimen de prueba) se calculan como medias aritméticas de los valores de humos paso tres de carga del ciclo. El valor final de humos se determina como una media ponderada de los valores medios a velocidades A (factor de ponderación 0,43), B (0,56), y C (0.01).

### ESC (OICA) (ciclo para motores)

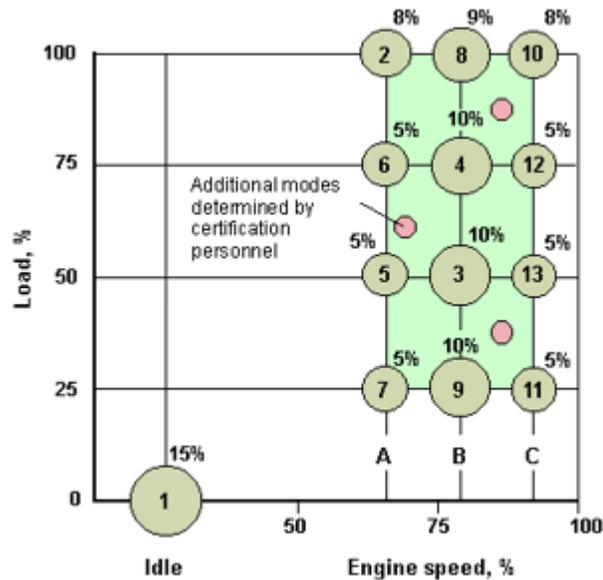
Ciclo de estado estacionario para motores de camiones y autobuses. El ensayo ESC se utiliza para la certificación de las emisiones de los motores diesel de gran potencia de la fase Euro III (2000).

El ciclo de pruebas ESC fue introducido junto con el ETC (Ciclo Europeo Transitorio) y el ELR (Respuesta de carga europea). El CES es una de 13 fases, procedimiento de estado continuo que sustituyó a la prueba de R-49. En un principio, también se refirió a la prueba como ciclo OICA / ACEA.

El motor se prueba en un dinamómetro del motor a través de una serie de modos de estado estable (Tabla 2.7, gráfica 2.14). El motor debe funcionar durante el tiempo prescrito para cada fase, la velocidad del motor y los cambios de carga en los primeros 20 segundos. El régimen especificado se mantendrá a  $\pm 50$  rpm y el par especificado se mantendrá a  $\pm 2\%$  del par máximo al régimen de ensayo. Las emisiones se miden durante cada modo y se promediaron durante todo el ciclo utilizando un conjunto de factores de ponderación. Las emisiones de material particulado se muestrean en un filtro sobre los 13 modos. Los resultados finales de emisión se expresan en g / kWh.

Modo	Velocidad del motor	Carga, %	Peso, %	Duración
1	Detenido	0	15	4 minutos
2	A	100	8	2 minutos
3	B	50	10	2 minutos
4	B	75	10	2 minutos
5	A	50	5	2 minutos
6	A	75	5	2 minutos
7	A	25	5	2 minutos
8	B	100	9	2 minutos
9	B	25	10	2 minutos
10	C	100	8	2 minutos
11	C	25	5	2 minutos
12	C	75	5	2 minutos
13	C	50	5	2 minutos

Tablas 2.7ESC Modos de prueba



Gráfica 2.14 CICLO ESTACIONARIO EUROPEO ESC

Las velocidades del motor se definen como sigue:

El régimen alto  $n_{hi}$  se determinará calculando el 70% de la potencia neta máxima declarada. El régimen máximo del motor, donde se produce este valor de potencia (es decir, por encima de la velocidad nominal) en la curva de potencia se define como  $n_{hi}$ .

El régimen bajo  $n_{lo}$  se determinará calculando el 50% de la potencia neta máxima declarada. El régimen mínimo del motor, donde se produce este valor de potencia (es decir, por debajo de la velocidad nominal) en la curva de potencia se define como  $n_{lo}$ .

Los regímenes del motor A, B, y C para ser utilizado durante la prueba a continuación, se calculan a partir de las siguientes fórmulas:

$$A = n_{lo} + 0,25 (n_{hi} - n_{lo})$$

$$B = n_{lo} + 0,50 (n_{hi} - n_{lo})$$

$$C = n_{lo} + 0,75 (n_{hi} - n_{lo})$$

Durante las pruebas de certificación de emisiones que el personal de certificación pueden solicitar modos de prueba al azar adicionales dentro de la zona de control del ciclo (Gráfica 2.14). Emisión

máxima en estos modos adicionales se determinan por interpolación entre los resultados de las fases de prueba regulares vecinos.

El ensayo ESC se caracteriza por factores de carga medios altas y temperaturas de los gases de escape muy altas.

### **ETC (FIGE) (ciclo para motores)**

Ciclo de transición para los motores de camiones y autobuses. Se utiliza, junto con la CES, para la certificación de emisiones para motores de trabajo pesado. Una versión del vehículo no estandarizado, conocido como ciclo de FIGE, a veces se utiliza con fines de investigación.

El ciclo de pruebas ETC, se ha introducido, junto con el ESC (ciclo estacionario europea), para la certificación de las emisiones de los motores diesel de gran potencia en Europa a partir del año 2000 (Directiva 1999/96 / CE del Consejo, de 13 de diciembre de 1999). Los ciclos ESC y ETC reemplazan la anterior prueba de R-49.

El ciclo ETC (una vez que también se conoce como ciclo de transición FIGE) ha sido desarrollado por el antiguo Instituto FIGE, Aquisgrán, Alemania, basado en mediciones reales del ciclo de carretera de los vehículos pesados. El ciclo ETC final es una versión abreviada y ligeramente modificada de la propuesta original de FIGE.

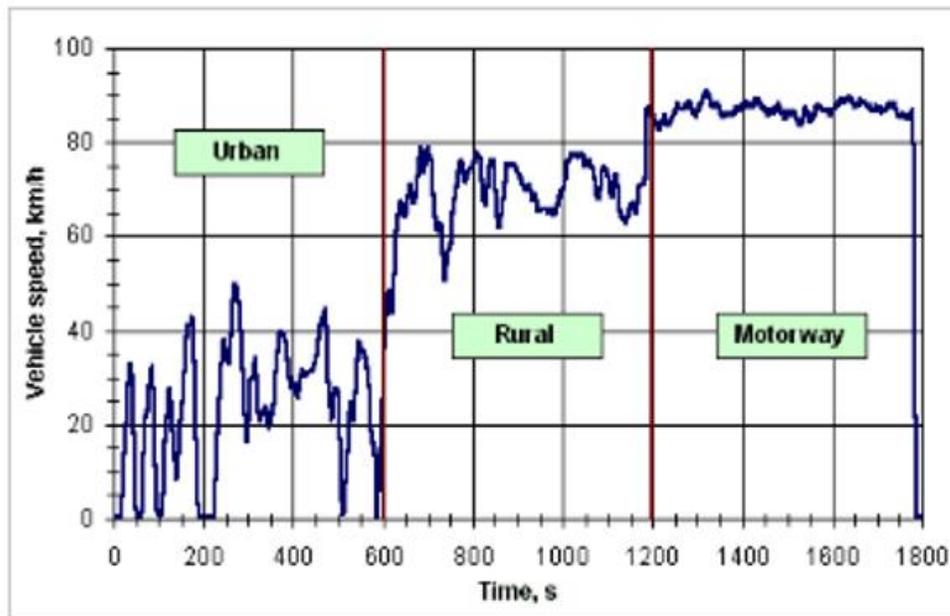
Condiciones de conducción diferentes están representadas por tres partes del ciclo ETC, incluyendo la conducción urbana, rural y de la autopista. La duración de todo el ciclo es de 1800. La duración de cada parte es 600s.

La primera parte representa la conducción de ciudad con una velocidad máxima de 50 km / h, frecuentes arranques, paradas, y al ralentí.

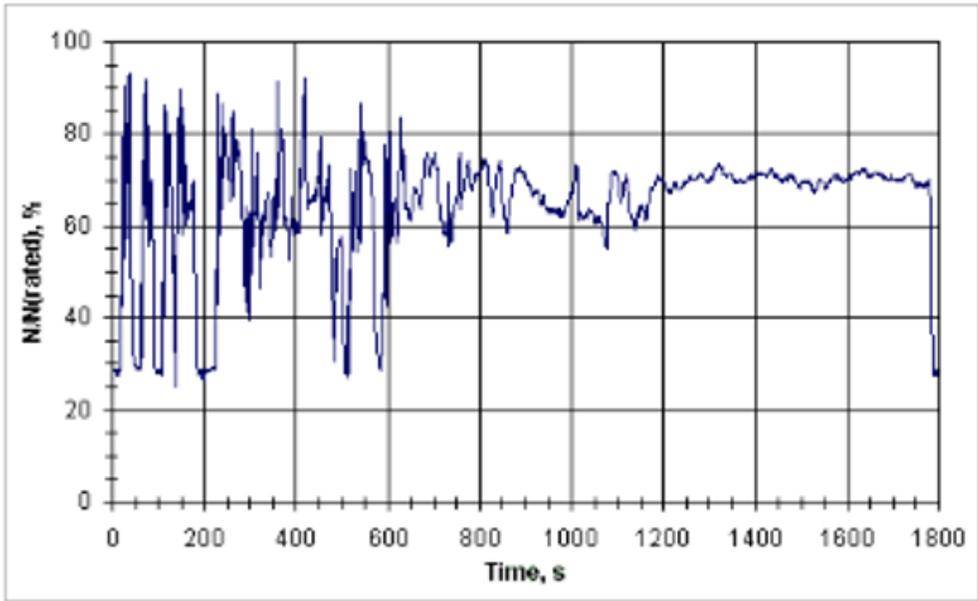
La segunda parte es la conducción rural que comienza con un tramo de aceleración pronunciada. La velocidad promedio es de 72 kmh

La tercera parte es la conducción por autopista a una velocidad media de aproximadamente 88 km/h.

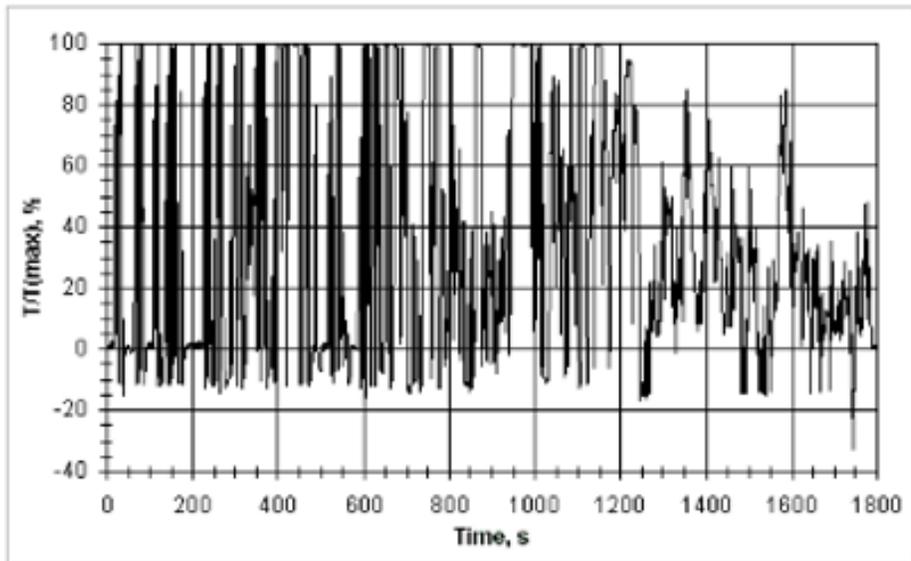
FIGE Instituto desarrolló el ciclo en dos variantes: como un chasis y un motor de prueba del dinamómetro. La velocidad del vehículo en función del tiempo durante la duración del ciclo se muestra en la Gráfica 2.15 (la versión del vehículo del ciclo FIGE nunca ha sido estandarizado). A los efectos de la aprobación de la certificación del motor el ciclo ETC se lleva a cabo en un dinamómetro del motor. La velocidad del motor y de par curvas pertinentes se muestra en la Gráfica 2.16 y la Gráfica 2.17.



Gráfica 2.15 FIGE CICLO TRANSITORIO – VELOCIDAD DEL VEHÍCULO



*Gráfica 2.16 ETC CICLO TRANSITORIO – VELOCIDAD DEL MOTOR*



*Gráfica 2.17 ETC CICLO TRANSITORIO – TORQUE DEL MOTOR*

# Japón

## Vehículos ligeros

### Ciclo JC08 (ciclo para vehículos)

La regulación japonesa del 2005 introdujo un nuevo ciclo de prueba del dinamómetro de chasis JC08 para vehículos ligeros (<3500 kg de peso bruto). La prueba representa la conducción en el tráfico urbano congestionado, incluyendo períodos de marcha en vacío y con frecuencia la aceleración y desaceleración alterna. La medición se realiza dos veces, con un arranque en frío y con un arranque en caliente. La prueba se utiliza para la medición de las emisiones y determinación de economía de combustible, para vehículos de gasolina y diesel.

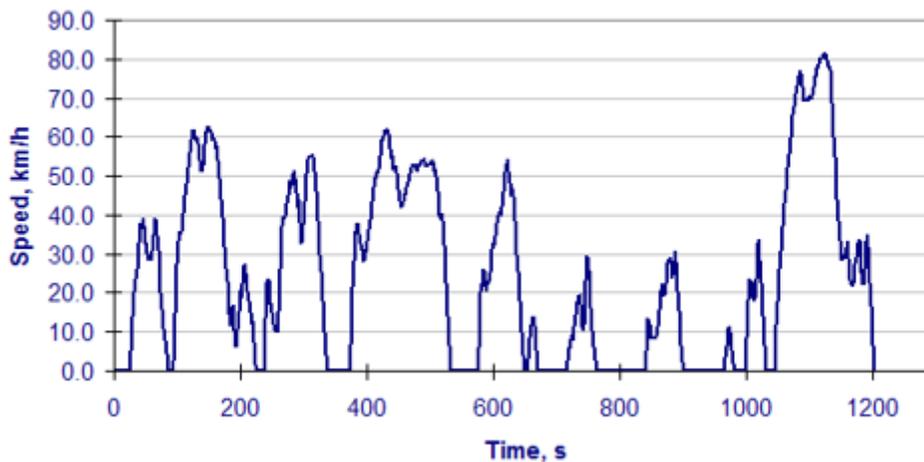
La prueba JC08 había sido completamente eliminada en octubre de 2011. En período de transición se determinaron utilizando promedios ponderados de diferentes ciclos, como el siguiente:

2005.10: 12%, de 11 modo de arranque en frío + 88% de 10-15 modo de arranque en caliente;

2008.10: 25% de JC08 modo de arranque en frío + 75% de 10-15 modo de arranque en caliente;

2011.10: 25% de JC08 arranque en frío + 75% de JC08 arranque en caliente.

El plan de conducción JC08 se muestra esquemáticamente en la Gráfica 2.18.



Gráfica 2.18 CICLO JC08

Son parámetros del plan de conducción JC08 seleccionado la siguiente:

Duración: 1204 s

Distancia total: 8.171 km

Velocidad media: 24.4 km / h (34,8 km/h excluyendo inactivo)

Velocidad máxima: 81,6 km/h

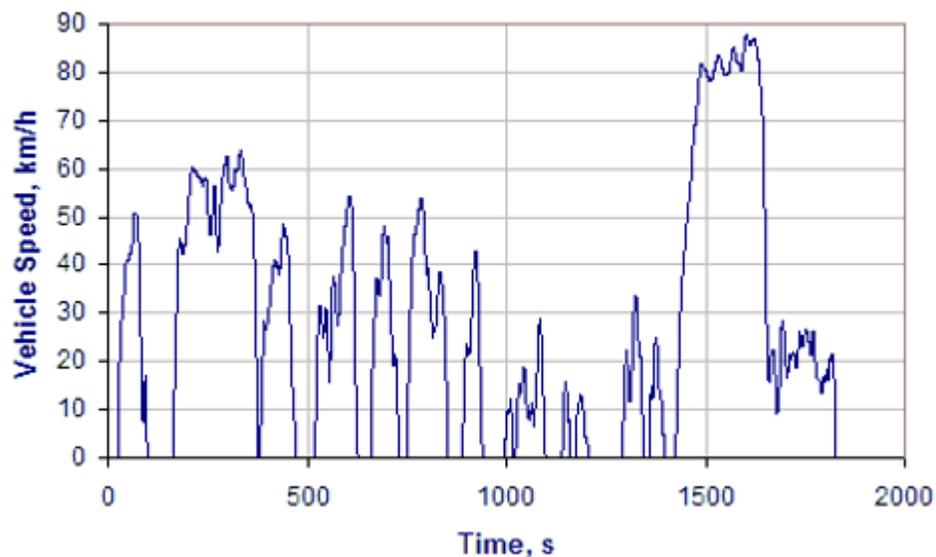
Relación de carga: 29.7%

### **Vehículos de servicio pesado**

#### **Ciclo JE05 (ciclo para vehículos)**

Los estándares japoneses de emisión 2005 introdujeron nuevo ciclo de prueba de emisiones JE05 (también conocido como ED12) para los vehículos pesados de peso bruto vehicular (PBV) por encima de 3.500 kg. El ciclo JE05 es una prueba transitoria basada en las condiciones de conducción Tokio, aplicables a los vehículos de gasolina y diesel.

La prueba JE05 se define a través de la velocidad del vehículo vs. Puntos de tiempo, como se muestra en la siguiente gráfica 2.19. La duración de la prueba es de aproximadamente 1800 s, la velocidad media es de 26,94 km/h, y la velocidad máxima es de 88 km / h.



*Gráfica 2.19 JE05 CICLO DE PRUEBA PARA VEHICULOS CON PESO BRUTO MAYOR A 3500 Kg*

Para la prueba del dinamómetro del motor, los datos en tiempo-velocidad de par del motor deben ser generados en base a los puntos de velocidad del vehículo. Los programas de ordenador para generar los datos de par-velocidad de los dos motores de gasolina y diesel han sido proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente de Japón. [9]

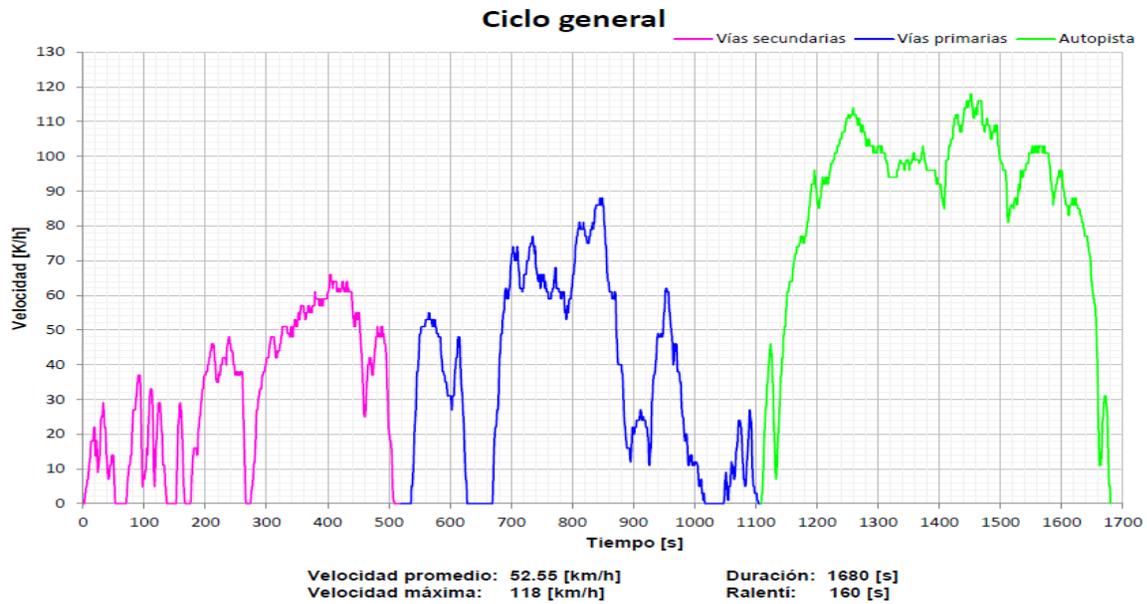
## **México**

### **Ciclo de Manejo de vehículos ligeros**

Estos se dividieron en siete categorías considerando combinaciones entre vías y horarios de recorrido. De esta manera se tuvo mejor manejo de información. Las categorías fueron:

- Matutino-Primaria (M-P).
- Vespertino-Primaria (V-P).
- Nocturno-Primaria (N-P).
- Matutino-Secundaria (M-S).
- Vespertino-Secundaria (V-S).
- Nocturno-Secundaria (N-S).
- Autopista (A).

En la Gráfica 2.20, logramos ver como la línea de autopista es más constante ya que existe poca variación en autopista, caso contrario a las otras dos que como se sabe tiene bastante variación debido a que existen topes, semáforos y tráfico, que son impedimentos para que alcance una velocidad constante el automóvil [11]



*Gráfica 2.20 CICLO GENERAL*

### Ciclo de manejo para vehículos pesados.

En este ciclo de manejo se hizo una clasificación dependiendo del peso del vehículo tabla 2.8.

Categoría	Peso Bruto Vehicular [Kg]	Ejemplo
5,6	7,258 - 11, 793	
7	11,794 - 14,968	
8	14,969 - ...	
Autobuses Foráneos		

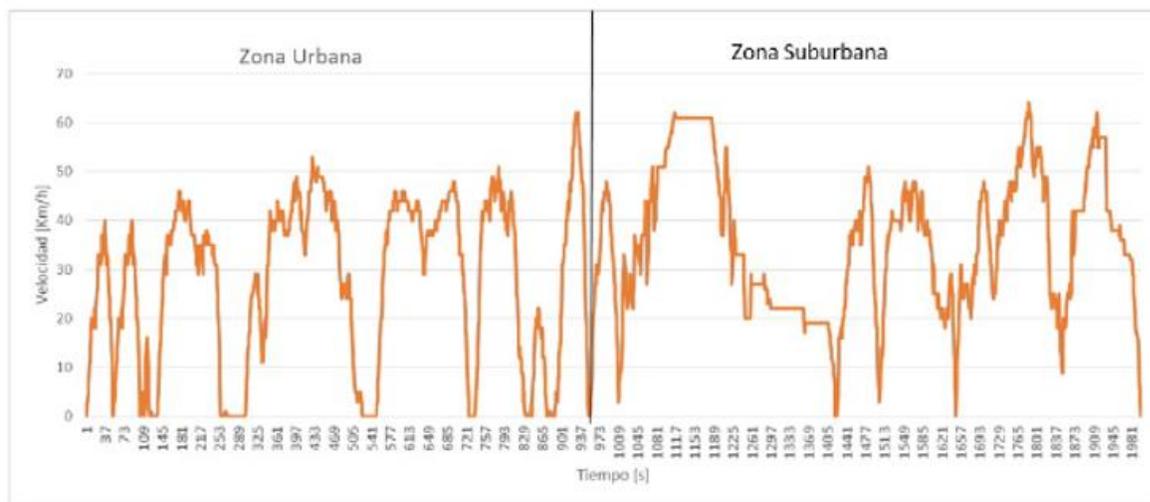
*Tabla 2.8 Categorías por peso bruto*

Las zonas de muestreo son un importante punto a considerar ya que son los tipos de caminos o vialidades las que componen la infraestructura urbana de la ZMVM. Existen diferentes tipos de vías. Vías primarias, vías secundarias, etc.

Para este ciclo se le denominaron de la siguiente manera:

- Zona urbana
- Zona suburbana
- Zona autopista

Debido a que la clase 8 es la única que atraviesa por zonas urbanas y suburbanas es decir el único ciclo con dos tipos de vialidades encontramos que la mayor diferencia es la cantidad de paradas y altos totales. Los picos de velocidad resultan similares en ambas zonas, con la diferencia de que en el ciclo suburbano el vehículo es capaz de mantener esas velocidades más altas por mayor cantidad de tiempo. Como puede verse en la siguiente Gráfica 2.21. [12]



Gráfica 2.21 CICLO COMBINADO

## Ciclo de manejo de motocicletas

Se crearon un total de cinco grupos, en los cuales se hacía una división dependiendo del cilindraje de la motocicleta como se muestra en la siguiente tabla 2.9.

Grupo	Unidades	Potencia [HP]		
		Mínima	Máxima	Promedio
1 (80 - 125)	49	5.36	12.5	8.9
2 (126 – 175)	49	7.8	14.4	11.1
3 (176 – 500)	27	9.9	32.2	21.1
4 (501 – 899)	26	38.5	118	78.3
5 (900 – 1800)	48	54.8	195	124.9
	199			

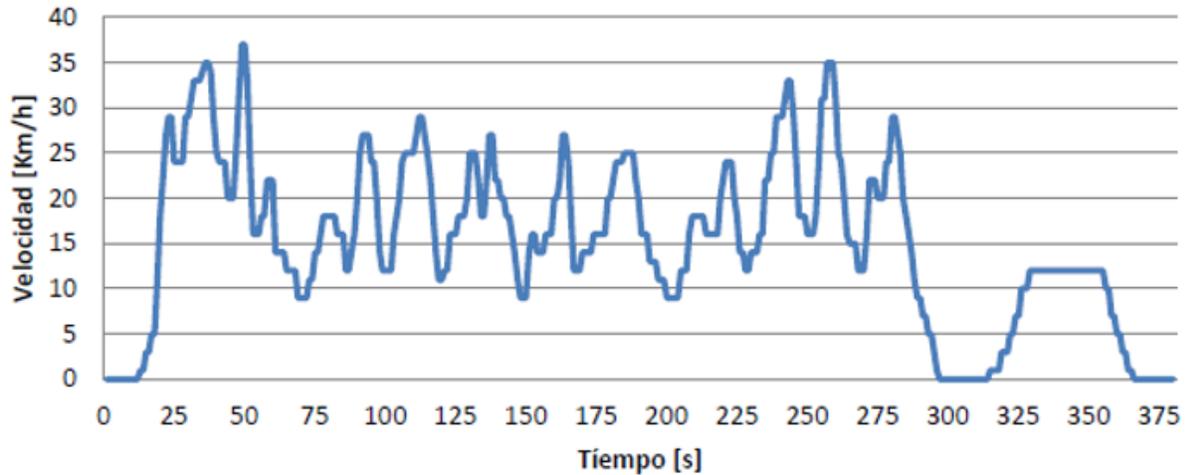
*Tabla 2.9 Organización de motocicletas en grupos con sus respectivas potencias*

Como se puede apreciar en el esquema de la Gráfica 2.22, existen varios picos esto se debe a que se hicieron pruebas en zonas semiurbanas y en estas zonas en el valle de México existen ya sea topes, semáforos, tráfico, etc.

Los valores a considerar están en la tabla 2.10

Parámetros								
Velocidad [Km/h]			Aceleración [m/s]		Ralentí		Distancia [m]	Tiempo total [s]
c/ Ralentí	S/ Ralentí	Máxima	Positiva	Negativa	Tiempo [s]	% Tiempo		
15.27	17.32	37.00	1.94	-2.50	45	11.84%	1611.39	380

*Tabla 2.10 Características del ciclo semiurbano.*



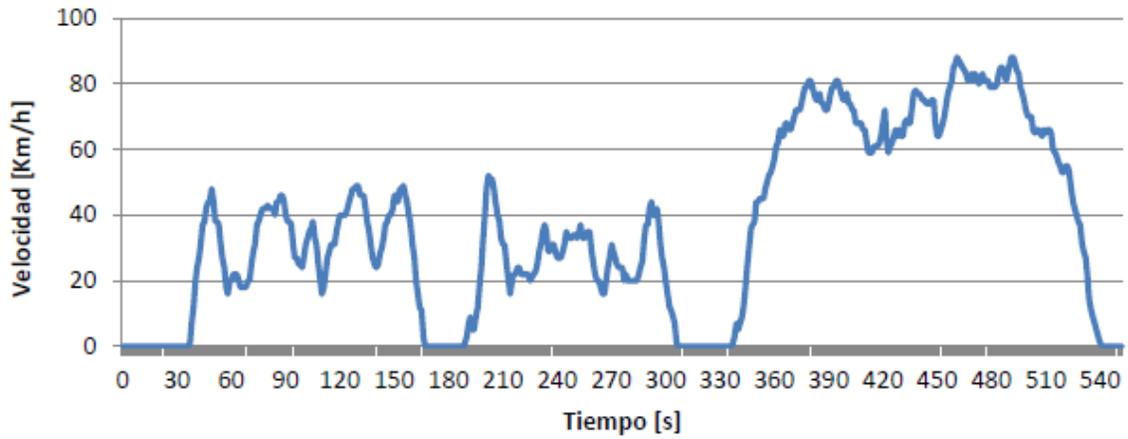
Gráfica 2.22 CICLO DE MANEJO DE ZONA SEMIURBANA (calles, avenidas cortas, etc.)

En el caso de la zona urbana en el gráfica 2.23, se puede apreciar que la longitud de los picos es poco distante y tiende a ser un poco más fluido, ya que en este caso se analiza en avenidas más grandes y por ende el límite de velocidad es mayor.

Los valores a considerar están en la tabla 2.11

Parámetros								
Velocidad [Km/h]			Aceleración [m/s]		Ralentí		Distancia [m]	Tiempo total [s]
c/ Ralentí	S/ Ralentí	Máxima	Positiva	Negativa	Tiempo [s]	% Tiempo		
36.80	45.03	88	2.22	-2.50	101	18.26%	5653.6	553

Tabla 2.11 Características del ciclo urbano



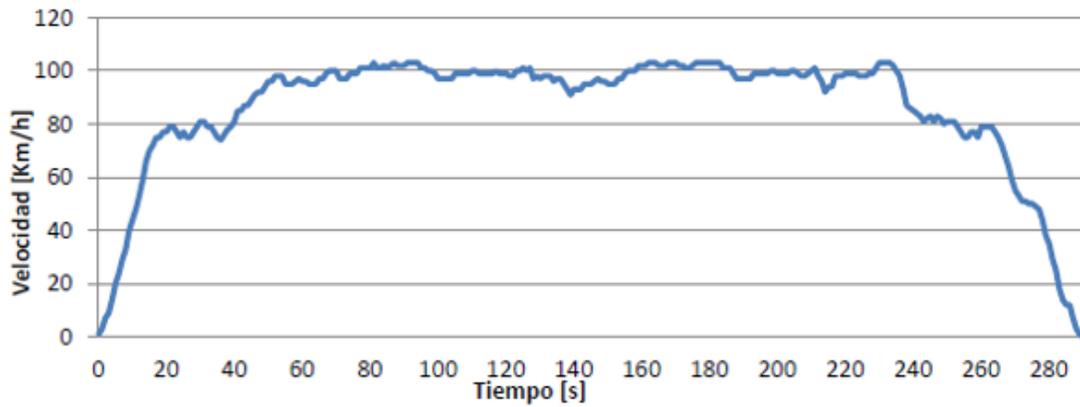
Gráfica 2.23. CICLO DE MANEJO ZONA URBANA (avenidas grandes)

En el caso de del esquema de la Gráfica 2.24, se nota que la línea es más armónica, ya que como se sabe en la autopista no se tienen demasiados puntos donde detenerse y eso equivale a tener una velocidad constante y que por ende no existan muchos picos en el esquema. [10]

Los valores a considerar están en la tabla 2.12

Parámetros								
Velocidad [Km/h]			Aceleración [m/s]		Ralentí		Distancia [m]	Tiempo total [s]
c/ Ralentí	S/ Ralenti	Máxima	Positiva	Negativa	Tiempo [s]	% Tiempo		
85.94	86.24	103	1.94	-1.94	1	0.34%	6946.67	291

Tabla 2.12 Características del ciclo autopista



*Gráfica 2.24 Ciclo de manejo zona autopista (autopistas)*

**NOTA:** Estos ciclos de manejo que se presentan no son oficiales, se han desarrollado por el grupo de investigadores del laboratorio de control de emisiones de la Facultad de Ingeniería. Los ciclos oficiales en México se discuten en el capítulo 3 sección 3.9.

## **Capítulo 3**

### **Normas internacionales para vehículos nuevos**

#### **Estados Unidos de América**

##### **3.1 Autoridades regulatorias**

Son aquellas normas de Estados Unidos para motores y vehículos, incluidas las normas de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), que son establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). La EPA tiene la autoridad para regular las emisiones de los motores y de la calidad del aire en general, se basa en la Ley de Aire Limpio (CAA), modificado por última vez en 1990.

##### **Normas Federales (US EPA)**

Durante el período en fase transitoria, los fabricantes están obligados a certificar un porcentaje creciente de su nueva flota de vehículos a las nuevas normas, con los vehículos restantes todavía certificados al nivel precedente de las regulaciones de emisiones.

El conjunto de normas que se establecen hablan de los límites de certificación aplicables a cada vehículo certificado, así como los estándares de flota media. Los estándares para la flota promedio de NO<sub>x</sub> en las etapas de nivel federal 1 y nivel federal 2 y para NMOG + NO<sub>x</sub> en el Nivel federal 3. Distinguen las regulaciones de emisiones de los Estados Unidos de otras normas de emisión de poca potencia para contaminantes criterio en todo el mundo, que incluyen la típica certificación y los límites de aprobación.

##### **Normas de California (CARB)**

Las regulaciones de emisiones de California para vehículos ligeros se designan con el nombre de baja emisión de vehículos (LEV). La sucesión de normas, en las cuales se incluye la LEV I, LEV II y LEV III.

Los estándares de California han sido normas más estrictas que las federales. La tendencia, sin embargo, ha sido la de aumentar la armonización a nivel federal 3 estas están estrechamente relacionadas con los estándares de California LEV III.

Los estándares de California fueron adoptados por un número de estados que necesitaban normas de emisiones más estrictas que las regulaciones federales especialmente en la etapa de la LEV II.

En la tabla 3.1, vemos como diferentes estados han adoptado diferentes legislaciones dependiendo las necesidades que tienen.

Estados	Legislación	Año de adopción	MY efectiva
New jersey	P.L 2003, capitulo 266	2004	2009
Connecticut	Publico Act 04 – 84	2004	2008
Washington	Cuenta de la casa 1397	2005	2009
Vermont	Enmiendas al subcapítulo XI	2005	2009
New york	Capitulo III, subpart 218-8	2005	2009
Maine	Enmiendas del capitulo 127	2005	2009
Rhode island	Control de la contaminación del aire No. 37	2005	2009
Massachusetts	Enmiendas a las regulaciones LEV del estado	2005	2009
Oregon	División 257; OAR 340-256-0220; Division 12	2006	2009
Arizona	Orden ejecutiva 2006- 13	2006	2011
Pennsylvania	Enmiendas al titulo 25, capitulo 121 y 126	2006	2008
Maryland	Factura del senado 103	2007	2011
Florida +	Orden ejecutiva 07- 127	2007	
New Mexico	Orden ejecutiva 2006-69	2007	2016
* Referencias generales para GHG Estándares, LEV II estándares que comienza su efectividad antes de algunos estados			
+ ratificación por la legislatura			
Fuente: departamento del medio ambiente de Maryland			

*Tabla 3.1 Estados que adoptaron los estándares LEV II de california*

### 3.1.1 TIER 3

#### Introducción

Esta norma se promulgó el 3 de marzo de 2014, y está estrechamente vinculada con los estándares de California LEV-III, proponiéndose estos últimos para el período de 2017 hasta 2025. Se debe comentar también que, dicha norma refuerza los límites de azufre de la gasolina.

La estructura de las normas Nivel federal 3, deben certificar los vehículos a uno de siete “compendios de certificación” disponibles que deben cumplir estándares de emisiones de la flota media .Las normas son más estrictas que las normas de nivel federal 2 y se compone de un número de cambios importantes, a saber:

La estructura de la norma que comprende nivel federal TIER 3, indica que los fabricantes de vehículos los deben certificar atendiendo a uno de los siete compendios de certificación de manera progresiva, ya que se van haciendo cada vez más estrictos (como se puede apreciar en la tabla 3.2)

Los valores límite de certificación (compendios) y las normas de la flota promedio se expresan mediante la suma de las emisiones de NMOG + NOx

- Los compendios de nivel federal 3 se denominan utilizando la expresión de NMOG +

NOx en mg / ml. El más alto nivel de emisiones de compendio-Bin 160 (NMOG + NOx = 160 mg / ml).

- El promedio de la flota de emisiones de NMOG + NOx deberá llegar a 30 mg / ml para el año 2025
- La durabilidad de las pruebas de emisiones se ha aumentado a 150.000 millas, frente a las 120.000 millas del nivel federal 2.
- Los vehículos a gasolina se ponen a prueba de emisiones del escape por evaporación utilizando gasolina que contiene 10% de etanol (E10).

La regla de Nivel federal 3 incluye normas sobre vehículos pesados (HDV), pick-up y furgonetas.

Se utilizan las mismas definiciones de categorías de vehículos que en el nivel federal 2.

### Nivel federal 3 Normas FTP

#### Compendios de certificación

Los fabricantes deben certificar sus vehículos a uno de los siete compendios (bin) que se muestran en la Tabla 3.2. Los vehículos se ponen a prueba durante el procedimiento FTP-75. Las normas son aplicables a todos los vehículos, independientemente del tipo de combustible.

Bin	NMOG + NO <sub>x</sub>	PM*	CO	HCHO
	mg/mi	mg/mi	g/mi	mg/mi
<b>Bin 160</b>	160	3	4.2	4
<b>Bin 125</b>	125	3	2.1	4
<b>Bin 70</b>	70	3	1.7	4
<b>Bin 50</b>	50	3	1.7	4
<b>Bin 30</b>	30	3	1.0	4
<b>Bin 20</b>	20	3	1.0	4
<b>Bin 0</b>	0	0	0	0

**En MYs 2017- 20020, el PM estándar aplicado únicamente solo a segmentos de los vehículos de un fabricante cubierto por el porcentaje de ventas**

*Tabla 3.2 Tier 3 estándar de certificación bin (FTP, 150,000 millas)*

Tanto los compendios de la EPA y las categorías de emisiones de California LEV III tienen los mismos límites de emisión, para armonizar las pruebas de certificación federal con los requisitos de California.

#### Normas de flota media de NMOG + NOx

Nivel federal 3 incluye un índice de flota promedio que debe ser cumplida por cada fabricante. La media de la flota NMOG + NOx se reduce progresivamente al inicio del 2017, y llega a 30 mg / ml en 2025 (Tabla 3.3). Este último límite de flota media es aplicable a todas las categorías de vehículos.

Categoría del vehículo	2017*	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
LDV, LDT1	86	79	72	65	58	51	44	37	30
LDT2, LDT3, LDT4, MDPV	101	92	83	74	65	56	47	38	30
* para LDV'S y LDTs debajo de las 6000 lbs de GVWR y MDPVs, la flota media estándar se aplica al comienzo en MY 2018									

Tabla 3.3 Tier 3 Estándar de flota media NMOG + NO<sub>x</sub> FTP (mg/ml)

### Normas PM

Nivel federal 3 junto con las normas PM se aplican a cada vehículo certificado por separado, estos no son estándares promedio de la flota. Sin embargo, debido a las incertidumbres en cuanto a la evolución de las tecnologías, tales como la gasolina de vehículos, futuros motores de inyección directa y la apuesta a métodos de medición, en los niveles de emisiones ultra bajas. El calendario de introducción se basa en el porcentaje de las ventas, la Tabla 3.4. Es una prueba llamada FTP PM de 6 mg / ml se aplica durante el período de la fase de entrada.

Fase de entrada	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Porcentaje de salida	20% *	20%	40 %	70 %	100%	100%
Certificación estándar	3	3	3	3	3	3
Estándar en uso	6	6	6	6	6	3
* manufacturas cumplidas en MY 2017 con 20% de vehículos vendidos LDV y LDT de la índice flota por debajo de las 6000 lbs GVWR o alternativamente con 10% de ellos LDV, LDT y MDPV de la índice de flota						

Tabla 3.4 Estándar de fase de entrada del TIER 3 PM FTP (mg/ml)

### Normas suplementarias de las emisiones de escape

Además de las pruebas de FTP, se pueden medir las emisiones de los vehículos con un ciclo suplementario (SFTP), incluyendo también la US06 Y SC03 .El resultado de las emisiones de SFTP se calcula utilizando la misma fórmula que se utilizó en la regulación de nivel 2:

$$SFTP = 0,35 \times 0,28 \times FTP + US06 + 0,37 \times SC03$$

**Normas de NOx + NMOG.** Los fabricantes voluntariamente determinan las normas específicas SFTP NMOG + NOx para la certificación de cada familia de vehículos. (Estos estándares seleccionados por ellos mismos son análogos a los límites de emisión, FEL, utilizados en motores de servicio). Tales normas autoelegidas no deben exceder los 180 mg / milla. El promedio de la flota SFTP disminuye de 103 mg / ml en 2017 al final de 50 mg / ml en 2025 (Tabla 3.5).

Emisión	2017*	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
NMOG + NOx (mg/ml)	103	97	90	83	77	70	63	57	50
CO (g/ml)	4.2								
* para LDVs y LDTs debajo de las 6000lbs GVWR y MDPVs, la flota media estándar se aplica al comienzo de MY 2018.									

*Tabla 3.5 Estándar de flota media TIER 3 NMOG + NOx SFTP*

**Normas PM US06.** Las normas SFTP para PM necesitan cumplir con el ensayo de US06, que representa la conducción en carretera agresiva. Al igual que en las normas de FTP, las normas US06 PM se han puesto en un período de cinco años a partir del porcentaje de las ventas (Tabla 3.6). Las normas para medir el material particulado (PM) son aplicables a cada familia de vehículos (es decir, no a la flota media). En uso estas normas son más relajadas que las normas de certificación.

Fase de entrada	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Porcentaje de ventas	20%*	20%	40%	70%	100%	100%	100%	100%
Certificación estándar	10	10	6	6	6	6	6	6
Estándar en uso	10	10	10	10	10	10	10	6
* los fabricantes cumplen en MY de 2017 con el 20% de LDV y LDT de flota por debajo de los 6000 lbs, GVWR, o alternativamente con el 10% del total de LDV, LDT y MDPV de la flota								

*Tabla 3.6 Estándar de fase de entrada TIER 3 PM US06 (mg/ml)*

Los vehículos que no cumplan con los estándares finales del Nivel federal 3 PM (un porcentaje cada vez menor de las ventas a través de MY 2021) se conocen como provisionales de Nivel 3.

### **Vida útil**

Las normas Nivel federal 3 se aplican durante una vida útil de 150.000 millas o 15 años, o lo que ocurra primero. Este requisito es idéntico al enfoque del programa de California LEV III.

Sin embargo, la Ley de Aire Limpio de la EPA se opone a exigir una vida útil más larga de 120.000 millas para vehículos ligeros, incluyendo LDVs y LDT1s. Por lo tanto, los fabricantes están autorizados para certificar sus vehículos LDV y LDT1 a una vida útil de 120,000 millas o 11 y 10 años, dependiendo de la categoría del vehículo y peso.

Si alguna familia de vehículos están certificados para el período de vida útil más corto, es proporcionalmente menor que a la de flota media estándar en la cual es aplicable NMOG + NOx FTP, este se calcula multiplicando la respectiva norma 150,000 millas, la Tabla 3.3, por 0,85 y el redondeo a la mg / mi más cercano. Las normas para otros contaminantes y otros

Ciclos de prueba (tales como SFTP) siguen siendo los mismos independientemente del periodo de vida útil elegido.

### **Nivel 3 Normas de combustible**

Las normas de Nivel 3 de combustible, requieren que la gasolina federal no contenga más de 10 ppm de azufre, sobre una base anual promedio para el 1 de enero de 2017.

Un propósito importante de la norma de azufre actualizado es reducir el efecto negativo de azufre en el comportamiento del catalizador de tres vías; facilitar los límites de emisiones durante la vida útil de 150,000 millas. La tapa aguas abajo de azufre de 95 ppm seguirá siendo un reto para algunas tecnologías de catalizadores sensibles al azufre, tales como adsorbentes de NOx, que se utilizan en la inyección directa, motores de gasolina magra. Muchas de las tecnologías de catalizador de combustión pobre requieren una tapa de azufre del orden de 10 ppm.

## **3.2 Otras provisiones**

**3.2.1 Las emisiones por evaporación.** La regulación de nivel 3 introduce nuevas normas de emisión más estrictas, por evaporación. Estas incluyen normas sobre pruebas de emisiones de evaporación de 2 días y 3 días, que varían según las categorías de vehículos y van desde 0.300 a la 0,500 g / prueba para los vehículos ligeros y MDPVs, con 0,600 g / prueba para on road con motor de gasolina de alta resistencia vehículos.

Combustible de ensayo de gasolina que contiene 10% de etanol (E10) se utiliza para la evaporación (así como de escape) las pruebas de emisiones.

**3.2.2 Reducción de Ozono directa (DOR).** Los fabricantes continúan obteniendo NMOG para obtener un crédito para respetar la norma NMOG + NO<sub>x</sub> combinada para el uso de las tecnologías de DOR, tales como radiadores recubiertas con catalizadores de destrucción de ozono. Metodología California continúa siendo utilizada para demostrar la eficacia de las tecnologías. El crédito está limitado a 5 mg / mi NMOG.

**3.2.3 Normas de gran altura.** Nivel federal 3 esta norma se introduce en condiciones de alto relieve de altitud para tener en cuenta la menor densidad del aire y el catalizador light-off a grandes altitudes. Las condiciones de altura se definen como aquellos con una altitud de 1.620 metros de prueba (5.315 pies) sobre el nivel del mar. En el Nivel 2, los mismos estándares de emisión compendio (FTP) aplican a vehículos probados en tanto de baja como de alta altitud.

# CALIFORNIA

## Introducción

Las normas de emisión de California han sido tradicionalmente más estrictas que los requisitos de la EPA, pero su estructura es similar a la de la legislación federal. Las principales medidas de regulación en la evolución de las normas de emisión de California incluyen:

LEV California extendieron hasta el año 2003.

LEV II California fueron eliminados, a través de los años modelo 2004-2010.

LEV III regulaciones de California que se eliminen a través de los años modelo 2015-2025.

Un número de otros estados han adoptado normas de emisión de California.

### 3.3 Normas Low Emission Vehicle III (LEV III)

Los estándares de emisiones llamados LEV III en enero de 2012 son introducidos para los años modelo 2015-2025. Los fabricantes pueden certificar los vehículos a los estándares de LEV III antes del año modelo 2015. A partir del año modelo 2020, todos los vehículos deben estar certificados para los estándares LEV III.

Las normas LEV III modifican la LEV II de varias maneras:

- Se combinan las normas NMOG y NOx en una sola norma NMOG + Nox.
- Introducir un requisito más estricto flota media de la combinación de NMOG + NOx para modelos de año 2015-2025.
- Se añadieron varios compendios de estándar de emisión.
- Aumentar los requisitos de durabilidad para los sistemas de control de emisiones.

En la tabla 3.7, es para vehículos de servicio mediano con el ciclo de manejo FTP-75. La parte numérica de la categoría es el valor NMOG + NOx correspondiente en mg / ml.

Tipo de vehículo	Categoría de emisión	NMOG + NO <sub>x</sub>	CO	HCHO	PM +
		g/mi	g/mi	g/mi	g/mi
Todos los PCs	LEV 60	0.160	4.2	4	0.01
	ULEV 125	0.125	2.1	4	0.01
LDTs ≤ 8500lbs GVW <sup>a</sup>	ULEV 70	0.070	1.7	4	0.01
	ULEV 50	0.050	1.7	4	0.01
	SULEV 30	0.030	1.0	4	0.01
	SULEV 20	0.020	1.0	4	0.01
MDVs 8501 – 10000 lbs GVW <sup>b</sup>	LEV 395	0.395	6.4	6	0.12
	ULEV 340	0.340	6.4	6	0.06
	ULEV 250	0.250	6.4	6	0.06
	ULEV 200	0.200	4.2	6	0.06
	SULEV 170	0.170	4.2	6	0.06
	SULEV 150	0.150	3.2	6	0.06
MDVs 10001 – 14000 lbs GVW <sup>b</sup>	LEV 630	0.630	7.3	6	0.06
	ULEV 570	0.570	7.3	6	0.12
	ULEV 400	0.400	7.3	6	0.06
	ULEV 270	0.270	4.2	6	0.06
	SULEV 230	0.230	4.2	6	0.06
	SULEV 200	0.200	3.7	6	0.06

+ aplicable solo para vehículos no incluidos en la fase de entrada con los estándares PM (tabla 7 y 8)  
a peso del vehículo cargado  
b peso del vehículo cargado equilibradamente

Tabla 3.7 Durabilidad de estándar de emisión LEV III 150,000 millas FTP 75

SFTP y otra prueba requisitos y normas, que no se muestran en la tabla, también son aplicables (por ejemplo, HWFET y las normas de CO en frío).

**Normas de material particulado.** Las normas de emisión de PM que se muestran en la Tabla 3.7 tendrán un nivel más estricto en niveles más altos que figuran en la Tabla 3.8. Se muestra el calendario de introducción de las normas PM LEV III en la Tabla 3.9 (los números indican el porcentaje de la flota de vehículos del fabricante que debe estar certificada a un nivel dado).

Tipo de vehículo	PM limite	Fase de entrada
	mg/mi	
PCs, LDTs, MDPVs	3	2017 – 2021
	1	2025 – 2028
MDPVs 8501 – 10000 lbs	8	2017 – 2021
MDPVs 10001 – 14000 lbs	10	2017 – 2021

Tabla 3.8 Estándar de emisión de material particulado LEV III, FTP - 75

Año	PC, LTD, MDPV		MDV
	PM = 3mg/mi	PM = 1 mg/mi	PM = 8/10 mg/mi
2017	10	0	10
2018	20	0	20
2019	40	0	40
2020	70	0	70
2021	100	0	100
2022	100	0	100
2023	100	0	100
2024	100	0	100
2025	75	25	100
2026	50	50	100
2027	25	75	100
2028	0	100	100

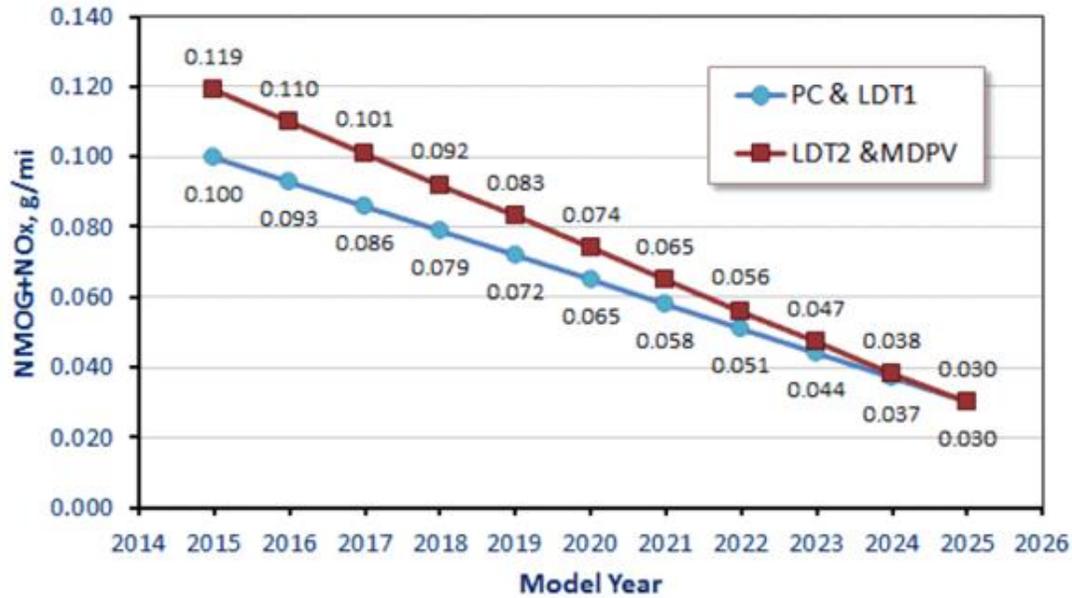
Tabla 3.9 Programa Estándar de fase de entrada LEV III PM, % de vehículos

Los límites para SFTP PM son de 10 mg / ml para todos los equipos y para LDT1s (0-3750 libras LVW), y 20 mg / ml para LDT2s (3751-8500 libras LVW).

Se han adoptado las normas más estrictas para asegurar que no hay aumento de las emisiones de PM de las tecnologías de motores futuras y que los filtros de partículas se utilizan en todos los motores diesel. En los motores de inyección directa de gasolina, las futuras normas de PM pueden desencadenar el uso de filtros de partículas de gasolina.

La propuesta LEV III también incluye una opción de conformidad de las emisiones de partículas usando un límite al número de partículas sólidas (SPN) que se ha retirado de la reglamentación final. El límite propuesto fue de  $3 \times 1.012$  g / mi. Las emisiones de SPN debían ser medidas durante el ciclo FTP-75 utilizando un método de muestreo modelado después el método europeo PMP.

**Requisitos de las flotas de emisiones.** Los nuevos y estrictos requisitos de emisiones de la flota se introducen gradualmente, y la flota de vehículos ligeros alcanza un nivel promedio de emisiones de NMOG + NOx equivalente a SULEV de 0,030 g / mi en el año modelo 2025 (Gráfica 3.1). Sobre la base de las cifras de certificación de emisiones y el volumen de ventas de la Tabla 3.6, las emisiones de NMOG + NOx promedio en 2008 eran 0,112 g / ml. Por lo tanto, los requisitos de flota promedio LEV III resultarán en una reducción del 73% de las emisiones de NMOG + NOX 2025.



Gráfica 3.1. Estándar de flota media LEV III NMOG + NOX

LDT1: 0-3750 lbs LVW. LDT2: 3751-8500 lbs LVW

Los vehículos medios no tienen requisitos de flota promedio. Por el contrario, un calendario de eliminación que exige a los fabricantes para certificar cada vez mayores porcentajes de sus MDV a cada vez más estrictas categorías de emisiones. Para MDV diésel, los fabricantes también pueden optar por certificar los motores de las normas sobre emisiones de motores diesel de gran potencia aplicables.

**Durabilidad.** La eliminación de las normas LEV III un nuevo requisito de 150,000 millas durabilidad, en comparación con el LEV II 50,000 y 120,000 millas. Los fabricantes reciben un crédito por extender una garantía de cobertura de 150,000 millas.

**Las emisiones por evaporación.** Todos los vehículos ligeros tendrían que cumplir con una norma más estricta por evaporación "cero", mientras que el uso de combustibles de ensayo más exigentes, tales como E10.

**Crédito de Reducción de Ozono directa.** Los fabricantes reciben un crédito NMOG para los sistemas de reducción de ozono directos (tales como catalizadores de ozono reduciendo recubiertas de radiadores de vehículos). El comportamiento en el uso del sistema debe ser monitoreado a través de una estrategia de diagnóstico a bordo.

## **3.4 Motores de servicio pesado en carretera**

### **3.4.1 Aplicabilidad y pruebas**

Las normas de emisiones que se examinan a continuación se aplican a los nuevos motores de encendido por compresión (CI) utilizados en vehículos pesados de carretera, como camiones y autobuses. Estas normas se aplican a todo tipo de motores ya sea encendido por chispa, encendido por compresión, alimentados con gas natural y otros combustibles alternativos.

Los vehículos pesados se definen como vehículos de más de 8,500 libras en la federal y de más de 14,000 libras en California (año modelo 1995 y posteriores). Los motores diésel utilizados en vehículos pesados se clasifican de la siguiente manera:

Motores diésel de servicio ligero:  $8.500 < \text{LHDDE} < 19.500$  ( $14.000 < \text{LHDDE} < 19.500$  en California, 1995+)

Motores diésel de servicio medio pesado:  $19.500 \leq \text{MHDDE} \leq 33.000$

Motores diésel de servicio pesados (incluyendo autobuses urbanos):  $\text{HHDDE} > 33.000$

Entre los requisitos de ensayos de emisiones adicionales, que se han introducido progresivamente entre 1998 y 2007, figuran los siguientes:

### **3.4.2 Estándares de emisión**

#### **Resumen de los límites de emisión**

Los primeros límites federales de emisiones se introdujeron en 1974 y se estrecharon gradualmente en varias etapas, como se muestra en la tabla 3.10. Las normas de emisión obligatorias vigentes para motores de servicio pesado se introdujeron gradualmente durante el período 2007-2010. La tabla 3.10 también cubre los Estándares de NOx de California de 2015.

Año	CO	HC <sup>a</sup>	HC <sup>a</sup> + NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	
					General	Bus urbano
1974	40	-	16	-	-	-
1979	25	1.5	10	-	-	-
1985	15.5	1.3	-	10.7	-	-
1987	15.5	1.3	-	10.7 <sup>d</sup>	0.60 <sup>f</sup>	-
1988	15.5	1.3 <sup>b</sup>	-	10.7 <sup>d</sup>	0.60	-
1990	15.5	1.3 <sup>b</sup>	-	6.0	0.60	-
1991	15.5	1.3 <sup>c</sup>	-	5.0	0.25	0.25 <sup>g</sup>
1993	15.5	1.3 <sup>c</sup>	-	5.0	0.25	0.10
1994	15.5	1.3 <sup>c</sup>	-	5.0	0.10	0.07
1996	15.5	1.3 <sup>c</sup>	-	5.0 <sup>e</sup>	0.10	0.05 <sup>h</sup>
1998	15.5	1.3	-	4.0	0.10	0.05 <sup>h</sup>
2004	15.5	-	2.4 <sup>i</sup>	-	0.10	0.05 <sup>h</sup>
2007	15.5	0.14 <sup>k</sup>	-	0.20 <sup>k</sup>	0.01	-
2015	15.5	0.14	-	0.02 <sup>l</sup>	0.01	-

- a. NMHC para los estándares 2004 y posteriores  
b. Para los motores con metanol, la norma es para el equivalente total de hidrocarburos (THCE).  
c. California: NMHC = 1,2 g / bhp · h, además del límite de THC.  
d. California: NO<sub>x</sub> = 6,0 g / bhp · h  
e. California: Autobús urbano NO<sub>x</sub> = 4.0 g / bhp · hr  
f. Sólo en California, sin límite de PM federal.  
g. Norma de California 0,10 g / bhp · h  
h. Estándar PM en uso 0.07 g / bhp · hr  
i. Norma alternativa: NMHC + NO<sub>x</sub> = 2,5 g / bhp · hr y NMHC = 0,5 g / bhp · h  
j. En virtud de los Decretos de Consentimiento de 1998, varios fabricantes suministraron en el 2004 motores compatibles a partir de octubre de 2002.  
k. Los estándares de NO<sub>x</sub> y NMHC fueron introducidos gradualmente en una base de porcentaje de ventas: 50% en 2007-2009 y 100% en 2010. La mayoría de los fabricantes certificaron sus motores 2007-2009 a un límite de NO<sub>x</sub> de aproximadamente 1,2 g / bhp · h, Basado en un cálculo promedio de la flota.  
l. Opcional. Los fabricantes pueden optar por certificar los motores a las Normas de NO<sub>x</sub> de Baja California Opcionales de 0,10, 0,05 ó 0,02 g / bhp · h

*Tabla 3.10 US EPA & Estándar para emisión de california para vehículos pesados, g/bhp.hr*

Para año modelo 2007 y posterior

El 21 de diciembre del 2000, la EPA de los Estados Unidos firmó las normas de emisión para el año modelo 2007 y posteriores para los motores de carretera de servicio pesado. El CARB adoptó estándares prácticamente idénticos para motores de este servicio. La regla incluyó dos componentes:

- (1) normas de emisión
- (2) regulaciones de combustible diesel.

Las normas de emisión incluían nuevos límites muy estrictos para PM (0,01 g / bhp · h) y NO<sub>x</sub> (0,20 g / bhp · h). La fase de introducción se definió sobre la base del porcentaje de ventas: 50% entre 2007 y 2009, y 100% para el 2010.

La regulación del combustible diesel limitó el contenido de azufre. Para su uso en carretera a 15 ppm (peso), muy por debajo de las 500 ppm anteriores. Las refinerías debían comenzar a producir el combustible diésel de ultra bajo azufre (ULSD) de 15 ppm a partir de junio de 2006. El combustible ULSD se ha introducido como un "facilitador tecnológico" para allanar el camino para las tecnologías de control de emisiones de escape intolerantes al azufre, Filtros de partículas diesel catalíticas y catalizadores de NOx que se han introducido ampliamente para cumplir con los requisitos de emisiones de 2007/2010.

**3.4.3 Vehículos de emergencia:** Los motores de servicio pesado en camiones de bomberos, ambulancias y otros tipos de vehículos de emergencia pueden equiparse con un AECD para anular los incentivos de rendimiento relacionados con el sistema de control de emisiones -por ejemplo, permitir el funcionamiento del motor sin urea (la urea es un compuesto de nitrógeno que se convierte en amoníaco con el calor) en el sistema SCR (reducción catalítica selectiva).

Estándares de NOx bajos opcionales de California. El 21 de octubre de 2014, la CARB adoptó estándares opcionales de NOx bajo para motores de servicio pesado. Según el programa, los fabricantes pueden optar por certificar sus motores a tres normas opcionales de emisión de NOx: 0,10, 0,05 o 0,02 g / bhp · h. Otros contaminantes deben cumplir las normas de emisiones convencionales (tabla 3.1).

## **3.5 OBD**

### **Introducción**

Los sistemas de diagnóstico a bordo (OBD) proporcionan funcionalidad de autodiagnóstico incorporada en el sistema de control del motor, con el fin de alertar al conductor del vehículo acerca de posibles problemas que pueden afectar el rendimiento de emisión del vehículo. Los requisitos OBD se introdujeron por primera vez para los vehículos ligeros en California en 1991. Hoy en día, los requisitos OBD se aplican a los vehículos ligeros y motores pesados, tanto en California como a nivel federales (de la EPA).

Los reglamentos de servicio ligero y pesado de California definen una serie de requisitos generales para la luz indicadora de mal funcionamiento (MIL, por sus siglas en inglés), códigos de problemas, monitoreo, umbrales y comunicaciones estandarizadas comunes a todos los sistemas OBD.

#### **3.5.1 Requisitos de código MIL y Fault**

La Luz Indicadora de Mal funcionamiento (MIL) se encuentra en el panel de instrumentos. A excepción de una comprobación de funcionalidad donde se ilumina durante 15-20 segundos cuando está en la posición de encendido antes del arranque del motor, normalmente se ilumina

sólo cuando el sistema OBD ha detectado y confirmado un mal funcionamiento que podría aumentar las emisiones.

Un número de cosas debe suceder antes de que la MIL ilumine. Cuando el OBD determina que se ha producido un fallo, genera y almacena un "código de fallo pendiente" y un "bloqueo congelado" de los datos del motor. En este punto, la MIL no se ilumina. Si el mal funcionamiento se detecta de nuevo antes del siguiente ciclo de conducción en el que se supervisa el sistema o componente sospechado, el MIL se ilumina continuamente y se genera y almacena un código de fallo "MIL-on" o "confirmado", así como un "marco de congelación". Si el mal funcionamiento no se detecta al final del ciclo de conducción, se borra el "código de fallo pendiente".

Excepto por fallos de encendido y fallos en el sistema de combustible, si el mal funcionamiento no se detecta en los próximos 3 ciclos de conducción, el MIL puede apagarse, pero el código de falla se conserva durante al menos 40 ciclos de calentamiento del motor. El MIL también se puede extinguir y códigos de avería borrados con una herramienta de exploración que los técnicos utilizan para diagnosticar mal funcionamientos. Estrategias alternativas de iluminación MIL también son posibles pero sujetas a aprobación.

### 3.5.2 Supervisión

Los sistemas y parámetros que requieren supervisión se describen en la Tabla 3.11. Aunque algunos componentes pueden ser monitoreados continuamente, esto no siempre es posible. Por lo tanto, los fabricantes deben definir las condiciones bajo las cuales los componentes y subsistemas de control de emisiones importantes pueden ser monitoreados para el funcionamiento apropiado. Las condiciones de monitoreo deben cumplir los siguientes requisitos:

- Asegurar una detección de fallos de funcionamiento para evitar falsas indicaciones de mal funcionamiento.
- Asegurar que el monitoreo ocurrirá en condiciones óptimas en el funcionamiento y un uso normal del vehículo.
- Asegúrese de que la supervisión ocurrirá durante el ciclo FTP.

Con el fin de cuantificar la frecuencia de monitoreo, una relación de desempeño del monitor en uso se define como:

**Relación de rendimiento de supervisión en uso = Número de eventos de supervisión / Número de eventos de conducción.**

Cada componente y subsistema que requiere supervisión requiere su propia relación. Por ejemplo, para los motores de servicio pesado 2013 y posteriores, el valor mínimo aceptable de esta relación es de 0,100 (es decir, la monitorización debe producirse al menos durante 1 viaje de 10).

<b>Sistemas y componentes</b>	<b>Parámetros que requieren monitoreo</b>
<b>Sistema de combustible</b>	Control de la presión del sistema de combustible
	Cantidad de inyección
	Tiempo de inyección
	Control de retroalimentación
<b>fallo</b>	Detectar un fallo de encendido continuo
	Determine el % de ciclos fallidos por 1000 ciclos del motor (motores 2013 y posteriores)
<b>EGR</b>	flujo bajo
	Flujo alto
	Respuesta lenta
	Funcionamiento de refrigeración de la EGR
	Rendimiento del catalizador EGR
	Control de retroalimentación
<b>Presión de refuerzo</b>	Debajo el refuerzo
	Sobre el refuerzo
	Respuesta lenta
	Aire de carga bajo refrigeración
	Control de retroalimentación
<b>NMHC catalítico</b>	Eficiencia de conversión
	Proporcionar calefacción al DPF
	Proporcionar gas de alimentación SCR (e.g., NO <sub>2</sub> )
	Proporcionar limpieza de amoníaco
	Envejecimiento del catalizador
	Proporcionar la limpieza post-DPF de NMHC

<b>SCR NO<sub>x</sub> catalítico</b>	<b>Eficiencia de conversión</b>
	Reductor SCR: *rendimiento de entrega *Nivel del tanque *Calidad *Control de retroalimentación
	Envejecimiento del catalizador
<b>NO<sub>x</sub> adsorbido</b>	Capacidad de adsorción de NO <sub>x</sub>
	Desorción función de suministro de combustible
	Control de retroalimentación
<b>DPF</b>	Filtrado de rendimiento
	Regeneración frecuente

	Conversión NMHC
	Regeneración incompleta
	Substrato faltante
	Regeneración activa de combustible
	Control de retroalimentación

<b>Sensor del gas de escape</b>	<b>Para la relación aire-combustible y sensores de NOx:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>actuación,</b></li> <li>• <b>Circuito de fallas,</b></li> <li>• <b>Retroalimentación</b></li> <li>• <b>Capacidad de monitoreo</b></li> </ul>
	Otros sensores de gases de escape
	Función del calentador del sensor
	Fallas del circuito del calentador del sensor
<b>VVT</b>	Error de objetivo
	Respuesta lenta
<b>Sistema de enfriamiento</b>	Termostato
	Fallas del circuito del sensor ECT
	Circuito del sensor ECT fuera de rango
	Faltas de racionalidad del circuito del sensor ECT
<b>CCV</b>	Sistema integral
<b>Monitoreo integral de componentes</b>	
<b>Estrategia de reducción de emisiones de inicio en frío</b>	
<b>Otros sistemas de control de emisiones</b>	

*Tabla 3.11 Requerimientos de monitoreo de california OBD*

También se requiere monitoreo para todos los otros sistemas de control de emisiones que no están específicamente identificados. Los ejemplos incluyen: trampas de hidrocarburos, sistemas de control HCCI (motores de encendido por compresión de carga homogénea) o válvulas de control de turbulencia.

### 3.5.3 Criterios de mal funcionamiento

Los criterios de anomalía para las distintas anomalías enumeradas en la Tabla 3.11 varían dependiendo del sistema o componente y del parámetro individual que se está monitoreando. En algunos casos, tales como sistemas de control de retroalimentación, comprobaciones de racionalidad del sensor y verificaciones de fallas de circuito, se utiliza un criterio de ir / no ir. En otros casos, como el sistema de combustible, el EGR, los parámetros físicos del turbocompresor y el rendimiento del sistema de pos-tratamiento, el sistema OBD debe ser capaz de determinar cuando el deterioro u otros cambios hacen que las emisiones superen un umbral especificado.

Para determinar los criterios de funcionamiento defectuoso de muchas de estas fallas, los fabricantes deben correlacionar el rendimiento del componente y del sistema con las emisiones de escape para determinar cuándo el deterioro causará que las emisiones excedan un cierto umbral. Esto puede requerir pruebas y calibraciones extensas para cada modelo de motor.

## **Economía de combustible y gases de efecto invernadero**

### **Antecedentes Regulatorios**

Los Estados Unidos tienen dos series de estándares paralelos: (1) las normas corporativas de economía de combustible (CAFE) adoptadas por la Administración Nacional de Seguridad en el Tráfico de Carreteras (NHTSA), una agencia dentro del Departamento de Transporte (DOT) y (2) Adoptadas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Los primeros estándares CAFE fueron adoptados en los años setenta, en respuesta al embargo petrolero árabe. Los primeros estándares de emisiones de GHG se hicieron efectivos en el año modelo 2012.

En el momento de la introducción de las normas CAFE, los resultados de la prueba CAFE proporcionaron una representación razonable de la eficiencia del combustible de los vehículos en la conducción en el mundo real. Esto ya no es el caso-bajo las condiciones actuales de conducción, las cifras de CAFE sobrestiman la economía de combustible real y se usan diferentes métodos de prueba para determinar el cumplimiento de CAFE y para las calificaciones de economía de combustible en carretera EPA que se usan para información al consumidor.

Bajo el programa CAFE, los fabricantes podrían pagar multas en lugar de cumplir con los estándares de economía de combustible. Por el contrario, bajo la Ley de Aire Limpio los fabricantes deben cumplir con las normas de emisión de CO<sub>2</sub> y no pueden pagar multas por incumplimiento. En la normativa de 2012-2016, la EPA ha establecido un programa de TLAAS (Temporary Leadership Time Allowance Alternative Standards) que provee tiempo adicional para cumplir con los estándares para fabricantes con líneas de productos limitadas que tradicionalmente han pagado multas CAFE a la NHTSA.

# **Unión Europea**

## **Introducción**

En el caso de las normas de Unión Europea se ha formado por medio de un proceso de integración entre países europeos que avanzan a través del tiempo, actualmente sabemos que todos los vehículos automotores están obligados a cumplir con las regulaciones de su país de origen, pero para el caso el Unión Europea el parlamento es quien elige las normas que tendrán que cumplir estos países los cuales se unieron de la siguiente manera:

1951: Bélgica, Alemania, Francia, Italia, Luxemburgo, Países Bajos

1973: Dinamarca, Irlanda, Reino Unido

1981: Grecia

1986: España, Portugal

1995: Austria, Finlandia, Suecia

2004: Chipre, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Malta, Polonia, República Checa, Eslovaquia, Eslovenia

2007: Bulgaria, Rumania

2013: Croacia

## **3.6.1 Automóviles y camiones ligeros**

### **Introducción**

En la Directiva 70/220 / CEE se especificaron las normas de emisiones de la Unión Europea para los nuevos vehículos ligeros (vehículos de pasajeros y vehículos comerciales ligeros), con una serie de enmiendas adoptadas hasta 2004. En 2007, esta Directiva fue derogada y sustituida por el Reglamento 715/2007 (Euro 5/6). Algunas de las importantes medidas reglamentarias que implementaron la norma de emisiones para los vehículos ligeros fueron:

Normas Euro 1 (también denominadas EC 93)

Normas Euro 2 (denominadas, EC 96)

Normas Euro 3/4 (2000/2005)

Normas Euro 5/6 (2009/2014).

**Aplicabilidad.** Las normas de emisión de los vehículos ligeros son aplicables a todos los vehículos de las categorías M1, M2, N1 y N2 con una masa de referencia no superior a 2610 kg (Euro 5/6). Los reglamentos de la UE introducen diferentes límites de emisión para los vehículos de ignición por compresión (diésel) e ignición positiva (gasolina, GN, GLP, etanol, etc.). Los diésel tienen estándares más estrictos del CO pero se permiten mayores NOx. Las normativas Euro 5/6 establecen normas de emisión masiva de PM, iguales a las de los diésel.

**Combustibles.** Los estándares 2000/2005 fueron acompañados por la introducción de regulaciones de combustible más estrictas que requieren un índice de cetano diesel mínimo de 51 (año 2000), un contenido máximo de azufre diesel de 350 ppm en 2000 y 50 ppm en 2005. Los combustibles diesel y gasolina "libres de azufre" ( $\leq 10$  ppm S) deben estar disponibles a partir de 2005 y serán obligatorios a partir de 2009.

**Pruebas de Emisión.** Las emisiones se someten a prueba en el procedimiento del dinamómetro de chasis NEDC, que se sustituirá por el Ciclo de Prueba Mundial de Vehículos Ligeros (WLTC). Los requisitos de prueba de emisiones de conducción real (RDE) se están introduciendo gradualmente entre 2017 y 2021 para controlar las emisiones de los vehículos en funcionamiento real, fuera de la prueba de emisiones de laboratorio.

### **Normas de Emisión**

Las normas de emisión de la UE se resumen en la siguiente tabla 3.12. Todas las fechas indicadas en las tablas 3.12 y 3.13 se refieren a nuevas aprobaciones. Las Directivas CE también especifican una segunda fecha, un año más tarde, a menos que se indique lo contrario, que se aplica a la primera matriculación (entrada en circulación) de modelos de vehículos ya homologados.

		g/km					#/km
Etapa	Datos	CO	HC	HC+ NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	PN
<b>Encendido por compresión</b>							
Euro 1 +	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)			-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7			-
Euro 2, IDI	1996.01 <sup>a</sup>	1.0	-	0.9			-
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56			-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30			-
Euro 5 a	2009.09 <sup>b</sup>	0.50	-	0.23			-
Euro 5 b	2011.09 <sup>c</sup>	0.50	-	0.23			6.0x10 <sup>11</sup>
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17			6.0x10 <sup>11</sup>
<b>Encendido por ignición</b>							
Euro 1 +	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97(1.13)	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09 <sup>b</sup>	1.0	0.10 <sup>d</sup>	-	0.06	0.005 <sup>e,f</sup>	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 <sup>d</sup>	-	0.06	0.005 <sup>e,f</sup>	6.0x10 <sup>11</sup> e,g
<p>* En las etapas Euro 1..4, los vehículos de pasajeros &gt; 2.500 kg fueron homologados como vehículos de la categoría N1  † Los valores entre paréntesis son límites de conformidad de producción (COP)  a. Hasta 1999.09.30 (después de esa fecha los motores DI deben cumplir con los límites de IDI)  b. 2011.01 para todos los modelos  c. 2013.01 para todos los modelos  d. NMHC = 0,068 g / km  e. Aplicable únicamente a los vehículos que utilizan motores DI  f. 0,0045 g / km utilizando el procedimiento de medición PMP  g. 6,0 × 10<sup>12</sup> 1 / km en los primeros tres años a partir de las fechas de vigencia del Euro 6</p>							

Tabla 3.12 EU Norma de emisión de carros de pasajeros (category M1\*)

Categoría +	Etapa	Datos	g/km					#/km
			CO	HC	HC+ NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	PN
<b>Ignición por compresión (Diesel)</b>								
<b>N1 clase I ≤ 1305 Kg</b>	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	0.14	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.0	-	0.70	-	0.08	-
	Euro 2 DI a	1998.01	1.0	-	0.90	-	0.10	-
	Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
	Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
	Euro 5 a b	2009.09	0.50	-	0.23	0.18	0.005 f	-
	Euro 5 b d	2011.09	0.50	-	0.23	0.18	0.005 f	6.0x10 <sup>11</sup>
	Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 f	6.0x10 <sup>11</sup>
<b>N1, clase II 1305 – 1760 kg</b>	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	0.19	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.25	-	1.0	-	0.12	-
	Euro 2 DI b	1998.01	1.25	-	1.30	-	0.14	-
	Euro 3	2001.01	0.80	-	0.72	0.65	0.07	-
	Euro 4	2006.01	0.63	-	0.39	0.33	0.04	-
	Euro 5 a c	2010.09	0.63	-	0.295	0.235	0.005 f	-
	Euro 5 b d	2011.09	0.63	-	0.295	0.235	0.005 f	6.0x10 <sup>11</sup>
Euro 6	2015.09	0.63	-	0.195	0.105	0.005 f	6.0x10 <sup>11</sup>	
<b>N1, Clase III &gt; 1760 kg</b>	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	0.25	-
	Euro 2 IDI	1998.01	1.5	-	1.20	-	0.17	-
	Euro 2 DI a	1998.01	1.5	-	1.60	-	0.20	-
	Euro 3	2001.01	0.95	-	0.86	0.78	0.10	-
	Euro 4	2006.1	0.74	-	0.46	0.39	0.06	-
	Euro 5 a c	2010.09	0.74	-	0.350	0.280	0.005 f	-

	<b>Euro 5b</b>	<b>2011.09d</b>	<b>0.74</b>	-	<b>0.350</b>	<b>0.280</b>	<b>0.005 f</b>	<b>6.0x10<sup>11</sup></b>
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005 f	6.0x10 <sup>11</sup>
	Euro 5 a	2010.09c	0.74	-	0.350	0.280	0.005 f	-
	Euro 5 b	2011.09d	0.74	-	0.350	0.280	0.005 f	6.0x10 <sup>11</sup>
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005 f	6.0x10 <sup>11</sup>
<b>Ignición por chispa (gasolina)</b>								
<b>N2</b>	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	-	-
	Euro 2	1998.01	2.2	-	0.50	-	-	-

	Euro 3	2000.01	2.3	0.20	-	0.15	-	-
	Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
	Euro 5	2009.09b	1.0	0.10 g	-	0.06	0.005e, f	-
	Euro 6	2014.09	1.0	0.10 g	-	0.06	0.005e, f	6.0x10 <sup>11</sup> e, j
<b>N1, Clase II 1305 – 1760 kg</b>	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	-	-
	Euro 2	1998.01	4.0	-	0.65	-	-	-
	Euro 3	2001.01	4.17	0.25	-	0.18	-	-
	Euro 4	2006.01	1.81	0.13	-	0.10	-	-
	Euro 5	2010.09c	1.81	0.13 h	-	0.075	0.005e, f	-
	Euro 6	2015.09	1.81	0.13 h	-	0.075	0.005e, f	6.0x10 <sup>11</sup> e, j
<b>N1, Clase III &gt; 1760 KG</b>	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	-	-
	Euro 2	1998.01	5.0	-	0.80	-	-	-
	Euro 3	2001.01	5.22	0.29	-	0.21	-	-
	Euro 4	2006.01	2.27	0.16	-	0.11	-	-
	Euro 5	2010.09c	2.27	0.16 i	-	0.082	0.005e, f	-
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16 i	-	0.082	0.005e, f	6.0x10 <sup>11</sup> e, j
<b>N2</b>	Euro 5	2010.09c	2.27	0.16 i	-	0.082	0.005e, f	-
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16 i	-	0.082	0.005e, f	6.0x10 <sup>11</sup> e, j

† Para el Euro 1/2, las clases de masa de referencia de la Categoría N1 eran de Clase I ≤ 1250 kg, Clase II 1250-1700 kg, Clase III > 1700 kg

a. Hasta 1999.09.30 (después de esa fecha los motores DI deben cumplir con los límites de IDI)

b. 2011.01 para todos los modelos

c. 2012.01 para todos los modelos

d. 2013.01 para todos los modelos

e. Aplicable únicamente a los vehículos que utilizan motores DI

g. 0,0045 g / km utilizando el procedimiento de medición PMP

h. NMHC = 0,068 g / km

i. NMHC = 0,090 g / km

j. NMHC = 0,108 g / km

k. 6,0 × 10<sup>12</sup> l / km en los primeros tres años a partir de las fechas de vigencia del Euro 6

*Tabla 3.13 Norma de emisión para vehículos comerciales ligeros*

## **3.6.2 Gases de efecto invernadero**

### **Introducción**

Los primeros objetivos de emisiones de dióxido de carbono para los nuevos vehículos de pasajeros se establecieron en 1998/99 mediante acuerdos voluntarios entre la Comisión Europea y la industria automotriz, representados por dos asociaciones de fabricantes: ACEA (Asociación de Fabricantes de Automóviles de Europa), KAMA (Asociación Coreana de Fabricantes de Automóviles). Estos acuerdos apuntaban a unas emisiones de CO<sub>2</sub> de la flota media de 140 g / km para 2008/09. Si bien se lograron reducciones significativas de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los primeros años, ya desde 2004 los fabricantes ya no podían cumplir sus objetivos voluntarios. En respuesta, la Comisión elaboró un programa obligatorio de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Dos conjuntos de reglamentos distintos cubren las emisiones de CO<sub>2</sub> de los automóviles de pasajeros y vehículos industriales ligeros (LCV):

### **Automóviles de pasajeros:**

#### **Objetivos 2015:**

Los objetivos de emisiones de CO<sub>2</sub> para los vehículos de pasajeros nuevos se adoptaron en abril de 2009. El reglamento estableció un objetivo medio de emisiones de CO<sub>2</sub> de 130 g / km para alcanzar la flota en 2015. El reglamento también definió un objetivo a largo plazo de 95 g de CO<sub>2</sub> / km a alcanzar a partir de 2020.

#### **Objetivos para 2020:**

En marzo de 2014 se finalizó un segundo conjunto de objetivos de emisiones de CO<sub>2</sub>. El objetivo de emisión de 95 g / km debe ser cumplido por todos los fabricantes en 2021.

### **Vehículos comerciales ligeros (comúnmente referidos como furgonetas):**

#### **Objetivos 2017:**

Los objetivos de emisiones de CO<sub>2</sub> para las furgonetas se adoptaron en mayo de 2011 y se modificaron en 2012. El reglamento original establecía un objetivo de emisiones de CO<sub>2</sub> de 175 g / km para la flota, que se introduciría gradualmente para 2016, así como un objetivo a largo plazo de 135 g/km de CO<sub>2</sub> a partir de 2020. Las enmiendas de 2012 retrasaron la incorporación progresiva del objetivo de 175 g / km de 2016 a 2017 y relajó el objetivo de CO<sub>2</sub> a largo plazo de 135 a 147 g/km.

## **Objetivos para 2020:**

Un reglamento adoptado en febrero de 2014 confirmó el objetivo de emisiones de CO<sub>2</sub> de 147 g/km que se alcanzará para 2020.

A finales de 2015, la Comisión debe revisar los objetivos de CO<sub>2</sub> para automóviles y vehículos industriales y considerar otra ronda de objetivos de emisiones de CO<sub>2</sub> para más allá de 2020/21.

La normativa sólo cubre las emisiones de CO<sub>2</sub>, otros gases de efecto invernadero no están regulados. En el sitio web de la Comisión Europea se puede encontrar información completa sobre la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del transporte.

### **3.6.3 Motores pesados de camiones y autobuses**

#### **Introducción**

Las normas europeas sobre emisiones para los nuevos motores diesel de servicio pesado se denominan comúnmente Euro I ... VI. A veces también se utilizan números arábigos (Euro 1 ... 6). Utilizaremos números romanos al referenciar estándares para los motores pesados, y reservaremos los números árabes para los estándares del vehículo ligero.

Las normas de emisión se aplican a todos los vehículos con una "masa máxima cargada técnicamente admisible" superior a 3.500 kg, equipados con motores de encendido por compresión o de gas natural.

La normativa fue introducida originalmente por la Directiva 88/77 / CEE, seguida de varias enmiendas. En 2005, la Directiva 05/55 / CE consolidó la reglamentación. A partir de la fase Euro VI, la legislación se simplificó, ya que las directivas que debían transponerse a todas las legislaciones nacionales fueron sustituidas por reglamentos directamente aplicables. Los siguientes son algunos de los pasos más importantes de la reglamentación en las regulaciones del motor de servicio pesado:

- Las normas Euro I se introdujeron en 1992, seguidas de la introducción de las normas Euro II en 1996. Estas normas se aplicaban tanto a los motores de camiones como a los autobuses urbanos, pero las normas de autobuses urbanos eran voluntarias.
- En 1999, la UE adoptó la Directiva 1999/96 / CE, que introdujo las normas Euro III (2000), así como las normas Euro IV / V (2005/2008). Esta norma establece también límites de emisión voluntarios y más estrictos para los vehículos de emisiones extra bajas, conocidos como "vehículos ecológicos mejorados" o EEV.
- En 2001, la Comisión Europea adoptó la Directiva 2001/27 / CE, que prohíbe el uso de dispositivos de emisión "irracionales", lo que reduciría la eficiencia de los sistemas de control de emisiones cuando los vehículos funcionan bajo la conducción normal

Condiciones inferiores a las determinadas durante el procedimiento de ensayo de emisiones.

- La Directiva 2005/55 / CE adoptada en 2005 introdujo requisitos de durabilidad y de diagnóstico a bordo (OBD), así como reestablecer los límites de emisión para Euro IV y Euro V que se publicaron originalmente en 1999/96 / CE.
- Las normas de emisión Euro VI fueron introducidas por el Reglamento 595/2009, con detalles técnicos especificados en varios paquetes de "comitología". Los nuevos límites de emisión, comparables en rigurosidad con los estándares estadounidenses de 2010, entraron en vigor a partir de 2013/2014. Las normas Euro VI también introdujeron límites de emisión de número de partículas (PN), requisitos de OBD más estrictos y una serie de nuevos requisitos de ensayo, incluidos los ensayos PEMS fuera de ciclo y en uso.

### 3.6.4 Normas de Emisión

Los siguientes cuadros contienen un resumen de las normas de emisión y sus fechas de aplicación. Hay dos conjuntos de normas de emisión, con diferentes tipos de requisitos de prueba:

- Pruebas en estado estacionario: En la Tabla 3.14 se enumeran las normas de emisión aplicables únicamente a los motores diésel (ignición por compresión, CI), con los requisitos de las pruebas de emisión en estado estacionario.
- Pruebas transitorias: En la Tabla 3.15 se enumeran las normas aplicables a los motores diesel y de gas (ignición positiva, PI), con los requisitos de pruebas transitorias.

Datos			g/kWh				1/ kWh	1/m
Norma	Dato	test	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	PN	Contaminación
Euro I	1992, ≤ 85 kW	ECE R- 49	4.5	1.1	8.0	0.612		
			4.5	1.1	8.0	0.36		
	1992, > 85 kW		4.0	1.1	7.0	0.25		
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.15		
	1998.10							
Euro III	1999.10	ESC & EEV	1.5	0.25	2.0	0.02		0.15
	2000.10		2.1	0.66	5.0	0.10 a		0.8
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02		0.5
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02		0.5
Euro VI	2013.01	WHSC	1.5	0.13	0.40	0.01	8.0 x 10 <sup>11</sup>	

a. PM = 0.13 g/kWh para motores < 0.75 dm<sup>3</sup> Volumen de barrido por cilindro y una velocidad de potencia nominal > 3000 min<sup>-1</sup>

Tabla 3.14 EU Norma de emisiones para vehículos pesados con motor diesel: prueba de estado estacionario

Datos			g/ kWh				1/ kWh	
Norma	Dato	Test	CO	NMHC	CH4 a	NO <sub>x</sub>	PM b	PN e
Euro III	1999.10	ETC	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02	
	EEV		5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 c	
2000.10								
Euro IV	2005.10		4.0	0.55	1.1	3.5	0.03	
Euro V	2008.10		4.0	0.55	1.1	2.0	0.03	
Euro VI	2013.01	WHTC	4.0	0.16 d	0.5	0.46	0.01	6.0x 10 <sup>11</sup>

a- sólo para motores de gas (Euro III-V: NG únicamente, Euro VI: NG + GLP)  
b - No aplicable a los motores de gas en las etapas Euro III-IV  
c- PM = 0,21 g / kWh para motores <0,75 dm<sup>3</sup> volumen de barrido por cilindro y una velocidad de potencia nominal > 3000 min<sup>-1</sup>  
d - THC para motores diesel  
e - para motores diesel; Límite PN para motores de encendido por chispas TBD

Tabla 3.15 EU Norma estándar para motores de gas y para motores diesel de vehículos pesados: prueba transitoria

Las disposiciones adicionales de la normativa Euro VI incluyen:

- Un límite de concentración de amoníaco (NH<sub>3</sub>) de 10 ppm que se aplica a los motores diesel (WHSC + WHTC) y de gas (WHTC).
- Un límite máximo de NO<sub>2</sub> que es un componente de NO<sub>x</sub> puede definirse en una etapa posterior.

Algunas disposiciones del Euro VI, incluyendo el OBD y ciertos requisitos de ensayo, se introducirán progresivamente en 2016/2017 (nuevos tipos / todos los vehículos).

**Ciclos de prueba.** Los ciclos reglamentarios de las pruebas de emisiones han sido cambiadas varias veces, como se indica en la Tabla 3.14 y en la Tabla 3.15. Desde la etapa Euro III (2000), el ECE R-49 de motor de estado estable anterior se ha sustituido por dos ciclos: Ciclo (ESC) y el ciclo transitorio europeo (ETC). La opacidad del humo se midió con respecto a la prueba de respuesta de carga europea (ELR).

Desde la etapa Euro VI, los motores diésel se someten a pruebas en los ensayos WHSC + WHTC, mientras que los motores de encendido positivo se someten a prueba únicamente en el WHTC.

**Prueba fuera del ciclo.** La normativa Euro VI introdujo requisitos de pruebas de emisiones fuera de ciclo (OCE). Las mediciones OCE, realizadas durante las pruebas de homologación de tipo, siguen el enfoque de límite NTE (no sobrepasar). Se define un área de control en el mapa del motor (hay dos definiciones, una para los motores con una velocidad nominal <3000 rpm y otra para los motores con una velocidad nominal ≥ 3000 rpm). El área de control se divide en una

cuadrícula. La prueba implica la selección aleatoria de tres celdas de la rejilla y la medición de la emisión en 5 puntos por célula.

**Pruebas de Conformidad en Servicio.** La normativa Euro VI también introdujo requisitos de pruebas en uso que implican mediciones de campo utilizando PEMS. Las pruebas se realizan en una combinación de condiciones urbanas (0-50 km / h), rurales (50-75 km / h) y autopista (> 75 km / h), con porcentajes exactos de estas condiciones dependiendo de la categoría de vehículo. La primera prueba en uso debe realizarse en el momento de las pruebas de homologación.

**Durabilidad de emisiones.** A partir de 2005.10 / 2006.10, los fabricantes deberán demostrar que los motores cumplen los valores límite de emisión para períodos de vida útil que dependen de la categoría de vehículos, según se indica en el siguiente tabla 3.16.

Categoría del vehículo +	Periodo *	
	Euro IV - V	Euro VI
N1 y M2	100000 km / 5 años	160000 km / 5 años
N2 N3 ≤ 16 ton M3 clase I, clase II, clase A, y clase B ≤ 7.5 ton	200000 km / 6 años	300000 km / 6 años
N3 ≤ 16 ton M3 clase III, y clase B > 7.5 ton	500000 km / 7 años	700000 km / 7 años
† Las designaciones de masa (en toneladas métricas) son "masa máxima técnicamente admisible"		
* Km o año periodo, lo que sea más pronto		

*Tabla 3.16 Periodo de durabilidad de emisión*

A partir de 2005.10/2006.10, también requieren la confirmación del correcto funcionamiento de los dispositivos de control de emisiones durante la vida normal del vehículo en condiciones normales de uso ("conformidad de los vehículos en circulación debidamente mantenidos y utilizados").

# JAPÓN

## Introducción

Las normas japonesas de emisión de motores y vehículos son desarrollados conjuntamente por varios organismos gubernamentales, entre ellos:

- Ministerio de Medio Ambiente (MOE)
- Ministerio de Tierras, Infraestructura y Transporte (MLIT)
- Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI)

En el desarrollo de normas de emisiones de motores, el Ministerio de Medio Ambiente se basa en las recomendaciones de su órgano consultivo conocido como el Consejo Central del Medio Ambiente (CEC).

Las normas de emisiones de motores y vehículos se desarrollan bajo la autoridad de la "Ley de Control de Contaminación del Aire", mientras que los objetivos de eficiencia de combustible se adoptan bajo la "Ley de Uso Racional de la Energía".

### 3.7.1 Motores y vehículos en carretera

Japón introdujo las nuevas normas de emisiones de motores para vehículos ligeros en carretera y motores pesados a finales de los años ochenta. Sin embargo, las normas japonesas se mantuvieron relajadas durante los años noventa.

En 2003, el MOE finalizó normas de emisiones muy estrictas para 2005 tanto para vehículos ligeros como para vehículos pesados. En el momento en que llegaron al poder, las normas de emisiones para servicio pesado de 2005 ( $\text{NO}_x = 2 \text{ g / kWh}$ ,  $\text{PM} = 0,027 \text{ g / kWh}$ ) fueron la regulación más estricta de emisiones de diesel en el mundo. A partir de 2009, estos límites se estrecharon aún más hasta situarse en un nivel intermedio entre los requisitos de 2010.

Las normas de emisión japonesas son ocasionalmente referidas por la traducción al inglés del título de regulación. Estos reglamentos y su período de entrada en vigencia son los siguientes:

- Regulaciones a largo plazo (1997, 1998, 1999)
- Nuevas regulaciones a corto plazo (2003, 2004)
- Nuevas regulaciones a largo plazo (2005)
- Regulaciones posteriores a largo plazo (2009, 2010)
- Normas futuras (2016, 2017, 2018)

La mayoría de las categorías de vehículos en carretera, incluidos los turismos y los camiones pesados y los autobuses, también están sujetos a objetivos de eficiencia energética obligatorios. Los requisitos japoneses de eficiencia de combustible para camiones pesados y autobuses fueron la primera regulación de economía de combustible para vehículos pesados del mundo.

## Coches y camiones ligeros

### Carros pasajeros

En Japón se pueden establecer dos tipos de normas, denominadas "media" y "máxima" (las normas "máximas" figuran entre paréntesis en las siguientes tablas). Los estándares "medios" deben cumplirse como un límite de aprobación de tipo y como un promedio de producción. Las normas "máximas" deben cumplirse generalmente como un límite individual en la producción en serie y como límite de aprobación de tipo si las ventas son inferiores a 2000 por modelo de vehículo al año.

Las normas de emisión para los nuevos vehículos con motor diesel se enumeran en la tabla 3.17. Las fechas de aplicación se refieren a los modelos de vehículos nuevos. Algunos de los estándares permiten un retraso de hasta un año para los modelos de producción actuales.

Peso del vehículo	Datos	Ciclo de manejo	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM
			Media (max)	Media (max)	Media (max)	Media (max)
<1250kg *	1986	10 – 15 modos	2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.70(0.98)	
	1990		2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.50(0.72)	
	1994		2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.50(0.72)	0.20(0.34)
	1997		2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.40(0.55)	0.08(0.14)
	2002 <sup>a</sup>		0.63	0.12	0.28	0.052
	2005 <sup>b</sup>	JC08 <sup>c</sup>	0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.14	0.013
2009			0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.08	0.005

	2018	WLTP	0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.15	0.005
>1250kg *	1986	10 – 15 modos	2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.90(1.26)	
	1992		2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.60(0.84)	
	1994		2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.60(0.84)	0.20(0.34)
	1998		2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.40(0.55)	0.08(0.14)
	2002 <sup>a</sup>		0.63	0.12	0.30	0.052
	2005 <sup>b</sup>	JC08 <sup>c</sup>	0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.15	0.013
	2009 <sup>e</sup>		0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.08	0.005
	2018	WLTP	0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.15	0.005
<p>* Peso de inercia equivalente (EIW); Peso del vehículo de 1265 kg  a- 2002.10 para automóviles nacionales, 2004.09 para importaciones  b - plena aplicación a finales de 2005  c - fase completa para 2011  d - hidrocarburos no metánicos  e - 2009.10 para nuevos modelos nacionales; 2010.09 para modelos existentes e importaciones</p>						

*Tabla 3.17 Norma japonesa de emisiones de vehículos de pasajeros a diesel g/km*

La tabla 3.18 enumera las normas de emisión para el año 2009 y posteriores para gasolina y GLP.

Datos	Ciclo de manejo	CO	NMHC	NO <sub>x</sub>	PM
		Media	Media	Media	Media
<b>2009</b>	JC08	1.15	0.05	0.05	0.005
<b>2018</b>	WLTP	1.15	0.10	0.05	0.005
<b>a. Los valores de PM se aplican únicamente a los vehículos de inyección directa, de combustión pobre equipados con catalizadores de reducción de NO<sub>x</sub> de tipo de absorción</b>					

*Tabla 3.18 Norma japonesa de emisiones para vehículos de gasolina y LPG Vehículos de pasajeros, g/km*

Los procedimientos de la prueba se han cambiado en varias ocasiones. El antiguo ciclo de 10 modos fue reemplazado por el test de modo 10-15 con efecto en 1991.11 para automóviles nacionales y 1993.04 para importaciones. La reglamentación de 2005 introdujo el ciclo del modo JC08, que se incorporó completamente en 2011 (los vehículos se probaron con 50 ppm de combustible S para las normas de 2005). A partir de 2018, las emisiones serán probadas durante el ciclo de prueba WLTP.

## Vehículos comerciales ligeros

Las normas de emisión de los nuevos vehículos comerciales de gasóleo se resumen en la tabla 3.19, y para los que se alimentan con gasolina y GLP en la tabla 3.20.

Peso del vehículo	Datos	Ciclo de manejo	Unidad	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	
				Media (max)	Media (max)	Media (max)	Media (max)	
≤1700kg	1988	10 – 15 modos	g/km	2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.90(1.26)		
	1993			2.1 (2.7)	0.40 (0.62)			
	1997			2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.60(0.84)		0.20(0.34)
	2002			0.40 (0.62)	0.40(0.55)	0.08(0.14)		
				0.63	0.12	0.28		0.052
	2005 <sup>b</sup>	JC08 <sup>c</sup>	0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.14	0.013		
	2009		0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.08	0.005		
	2018	WLTP	0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.15	0.005		
>1700kg	1988	6 modos	ppm	790(980)	510 (670)	DI: 380 (500) IDI: 260(350)		
	1993	10 – 15 modos	g/km	2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	1.30(1.82)	0.25(0.43)	
	1997 <sup>a</sup>			2.1 (2.7)	0.40 (0.62)	0.70(0.97)	0.09(0.18)	
	2003			0.63	0.12	0.49	0.052	
	2005 <sup>b</sup>	JC08 <sup>c</sup>	0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.25	0.015		
	2009 <sup>e</sup>		0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.15	0.007		
	2019	WLTP	0.63	0.024 <sup>d</sup>	0.24	0.007		

\* Peso bruto del vehículo (GVW)  
a- 1997: vehículos de transmisión manual; 1998: vehículos de transmisión automática  
b - plena aplicación a finales de 2005  
c - fase completa para 2011  
d - hidrocarburos no metánicos  
e - 2009.10 para nuevos modelos nacionales; 2010.09 para modelos existentes e importaciones

Tabla 3.19 Norma de emisiones para vehículos ligeros comerciales diesel GVW ≤ 3500 Kg (≤ 2500 kg antes del 2005)

Peso del vehículo	datos	Ciclo de manejo	CO	NMHC	NO <sub>x</sub>	PM
mini	2009	JC08	4.02	0.05	0.05	0.005 <sup>a</sup>
	2019	WLTP	4.02	0.10	0.05	0.005 <sup>a</sup>
≤1700kg	2009	JC08	1.15	0.05	0.05	0.005 <sup>a</sup>
	2019	WLTP	1.15	0.10	0.05	0.005 <sup>a</sup>
>1700kg	2009	JC08	2.55	0.05	0.07	0.007 <sup>a</sup>
	2019	WLTP	2.55	0.15	0.07	0.007 <sup>a</sup>

a. Los valores de PM se aplican solamente a los vehículos de inyección directa, de combustión pobre equipados con catalizadores de reducción de NO<sub>x</sub> de tipo de absorción.

Tabla 3.20 Norma de emisiones para vehículos comerciales ligeros que utilizan gasolina, g/km GVW ≤ 3500 kg

### 3.7.2 Motores de servicio pesado

#### Motores diesel.

Las normas de emisión de los nuevos motores diesel utilizados en vehículos comerciales pesados se resumen en la tabla 3.21.

Dato	Ciclo de manejo	Unidad	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM
			Media (max)	Media (max)	Media (max)	Media (max)
1988/89	6 modos	PPM	790(980)	510(670)	DI : 400(520) IDI: 260(350)	
1994	13 modos	g/KWh	7.40(9.20)	2.90(3.80)	DI : 6.00(7.80) IDI: 5.00(6.80)	0.70(0.96)
1997 <sup>a</sup>			7.40(9.20)	2.90(3.80)	4.50(5.80)	0.25(0.49)
2003 <sup>b</sup>			2.22	0.87	3.38	0.18
2005 <sup>c</sup>	JE05		2.22	0.17 <sup>d</sup>	2.0	0.027
2009 <sup>e</sup>			2.22	0.17 <sup>d</sup>	0.7	0.01
2016 <sup>f</sup>	WHTC		2.22	0.17 <sup>d</sup>	0.4	0.01

a - 1997: GVW ≤ 3500 kg; 1998: 3500 <GVW ≤ 12000 kg; 1999: GVW > 12000 kg  
b - 2003: GVW ≤ 12000 kg; 2004: GVW > 12000 kg  
c - plena aplicación para finales de 2005  
d - hidrocarburos no metanos  
e - 2009: GVW > 12000 kg; 2010: GVW ≤ 12000 kg  
f - 2016: GVW > 7500 kg; 2017: tractores; 2018: 3500 <GVW ≤ 7500 kg

Tabla 3.21 Norma de emisiones para vehículos comerciales pesados con motor diesel GVW > 3500 kg (> 2500 kg antes del 2005)

## Gasolina y motores de GLP

Las normas de emisión para los nuevos motores y para vehículos comerciales pesados se resumen en la Tabla 3.22. No se publicaron nuevas normas para los motores de gasolina y LPG para el período posterior a 2018.

DATO	Ciclo de manejo	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM
		Media (max)	Media (max)	Media (max)	Media (max)
2009	JE05	16.0	0.23 <sup>d</sup>	0.7	0.01 <sup>a</sup>

a. Los valores de PM se aplican solamente a los vehículos de inyección directa, de combustión pobre equipados con catalizadores de reducción de NO<sub>x</sub> de tipo de absorción.

Tabla 3.22 Norma de emisiones para vehículos comerciales pesados y LPG a gasolina g/kWh GVW > 3500 kg

## Economía de combustible

### Introducción

Los reglamentos japoneses sobre la economía de combustible de los vehículos forman parte de la "Ley sobre el Uso Racional de la Energía" (Ley de Conservación de Energía). La Ley, adoptada en 1976 y modificada en varias ocasiones, cubre los requisitos de eficiencia energética para una amplia variedad de productos. Las primeras normas de eficiencia de combustible para vehículos, adoptadas en las enmiendas de 1979, eran aplicables a los nuevos automóviles de gasolina a partir de 1985.

Desde 1998, los estándares de eficiencia energética bajo la Ley de Conservación de Energía se desarrollan utilizando un enfoque de "alto nivel". En el método "top runner", las metas futuras se basan en el producto más eficiente en energía disponible en el mercado. También se consideran otros factores, tanto positivos (progreso en tecnología) como negativos (por ejemplo, trade-off con emisiones más estrictas).

Dos importantes conjuntos de objetivos de eficiencia energética son los objetivos de 2010 y los objetivos de 2015 (estos últimos también se conocen como nuevos objetivos de eficiencia de combustible). Estos requisitos fueron adoptados mediante una serie de enmiendas a la Ley de Conservación de Energía, como sigue:

1999-Adopción de los objetivos de eficiencia energética de 2010 para los vehículos de pasajeros y los vehículos comerciales ligeros (vigente a partir de 2005 para los vehículos diesel).

2003-Estándares de eficiencia de combustible para automóviles de GLP (objetivos de 2010).

2006-Nuevas normas de eficiencia de combustible para vehículos pesados por encima de 3,5 t (metas 2015).

2007- eficiencia energética para 2015 para vehículos ligeros, incluyendo revisiones a estándares de vehículos de pasajeros y vehículos comerciales ligeros, y nuevas normas para autobuses pequeños.

Los objetivos de eficiencia de combustible, expresados en kilómetros por litro de combustible (km / L), se basan en la categoría de peso bruto del vehículo (GVW). Las manufacturas deben asegurarse de que en cada ejercicio de la economía de combustible promedio de sus vehículos en cada categoría de peso cumpla con la norma. Existen flexibilidades que permiten a los fabricantes acumular créditos en una categoría de peso para su uso en otra. Si bien los objetivos de economía de combustible son obligatorios, las sanciones por falta de objetivos son mínimas.

La eficacia de las normas se ve reforzada por incentivos financieros como los impuestos progresivos impuestos al peso del vehículo y al desplazamiento del motor que promueven la compra de vehículos más ligeros. Los vehículos que exceden los estándares de la economía de combustible y las normas de emisión pueden también ser elegibles para reducciones adicionales en impuesto de vehículo. Un sistema de hologramas está en su lugar que permite a los clientes identificar los vehículos que exceden los estándares.

### 3.7.3 Objetivos del 2015

#### Vehículos ligeros

La regulación de eficiencia de combustible 2015 introduce más categorías de GVW y se aplica a más tipos de vehículos. Se introducen nuevas normas para los pequeños autobuses, y la aplicabilidad de las normas para los camiones ligeros (vehículos de carga) se amplía hasta  $GVW \leq 3,5$  t. Por lo tanto, las metas de 2015 se aplican a la mayoría de los vehículos homologados de menos de 3,5 toneladas (a excepción de los vehículos de GLP que no sean de pasajeros, y todos los vehículos alimentados con otro tipo de combustible que no sea la gasolina, el diesel o el GLP).

Cuando se cumplen los objetivos de 2015, se estima que la economía de combustible promedio de la flota será:

- Coches de pasajeros: 16,8 km / L, un 23,5% más que el rendimiento de 13,6 km / L en 2004,
- Camiones ligeros (3,5 t): 15,2 km / L, un 12,6% más que el rendimiento de 13,5 km / L en 2004.
- Pequeños autobuses: 8,9 km / L, un 7,2% más que el rendimiento de 8,3 km / L en 2004.

**Carros pasajeros.** Las normas de economía de combustible para los turismos ( $\leq 10$  pasajeros) figuran en la tala 3.23. Las mismas normas se aplican a los automóviles de gasolina y diésel, pero se aplica una corrección del valor de calentamiento para los motores diesel (ver "prueba" a continuación).

Categoría	Peso del vehículo Kg	FE objetivo km/L
1	≤600	22.5
2	601 - 740	21.8
3	741 - 855	21.0
4	865 - 970	20.8
5	971 - 1080	20.5
6	1081 - 1195	18.7
7	1196 – 1310	17.2
8	1311 - 1420	15.8
9	1421 – 1530	14.4
10	1531 – 1650	13.2
11	1651 – 1760	12.2
12	1761 – 1870	11.1
13	1871 – 1990	10.2
14	1991 – 2100	9.4
15	2101 – 2270	8.7
16	≥ 2271	7.4

*Tabla 3.23 objetivos para vehículos de pasajeros para eficiencia de combustible para el 2015*

**Pequeños autobuses.** Los estándares de economía de combustible para los pequeños autobuses, definidos como vehículos diseñados para transportar 11 pasajeros o más y con GVW de hasta 3,5 t, se muestran en la Tabla 3.24.

Categoría	Tipo de vehículo	FE Objetivo, km/L
1	Gasolina	8.5
2	Diesel	9.7

*Tabla 3.24 Objetivos para autobuses pequeños para la eficiencia de combustible para el 2015*

**Vehículos comerciales ligeros.** En las siguientes tablas 3.25, 3.26, 3.27 y 3.28 se resumen las metas de ahorro de combustible para vehículos ligeros con GVW de hasta 3,5 toneladas utilizadas para transportar carga. Las normas dependen del tipo de transmisión (MT - manual, AT - automático) y la estructura del vehículo. Las estructuras del vehículo se refieren a las furgonetas de cabina trasera del motor (tipo de capó) para la estructura A, las cabinas sobre el motor para la estructura B1 (VANS) y las cabinas sobre el motor de la estructura B2 (camionetas). La Estructura B se refiere a vehículos de Estructura B1 y B2 combinados.

Categoría	estructura	Transmisión	Peso del vehículo, kg	FE Objetivo, km/L
1	A	MT	≤ 740	23.2
2			≥ 741	20.3
3		AT	≤ 740	20.9
4			741 – 855	19.6
5			≥ 856	20.5
6	B	MT	≤ 740	18.2
7			741 – 855	18.0
8			856 – 970	17.2
9			≥ 971	16.4
10		AT	≤ 740	16.4
11			741 – 855	16.0
12			856 – 970	15.4
13			≥ 971	14.7

Tabla 3.25 Objetivos para vehículos tipo cargo en economía de combustible para el 2015

Categoría	Transmisión	Peso del vehículo, kg	FE Objetivo, km/L
1	MT	≤ 1080	18.5
2		≥ 1081	17.1
3	AT	≤ 1080	17.4
4		1081 – 1195	15.8
5		≥ 1196	14.7

Tabla 3.26 Objetivos para la eficiencia de combustible para vehículos tipo cargo con peso ≤ 1.7 t para el 2015

Categoría	estructura	Trasmisión	Peso del vehículo, kg	FE objetivo, km/L	
1	A	MT	-	14.2	
2		AT	≤ 1310	13.3	
3			≥ 1311	12.7	
4	B1	MT	≤ 1310	11.9	
5			1311 – 1420	10.6	
6			1421 – 1530	10.3	
7			1531 – 1650	10.0	
8			1651 – 1760	9.8	
9			≥ 1761	9.7	
10			AT	≤ 1310	10.9
11				1311 – 1420	9.8
12				1421 – 1530	9.6
13		1531 – 1650		9.4	
14		1651 – 1760		9.1	
15		1761 – 1870		8.8	
16		≥ 1871		8.5	
17		B2	MT	≤ 1310	11.2
18				1311 – 1420	10.2
19				1421 – 1530	9.9
20	1531 – 1650			9.7	
21	1651 – 1760			9.3	
22	≥ 1761			8.9	
23	AT		≤ 1310	10.5	
24			1311 – 1420	9.7	
25			1421 – 1530	8.9	
26			1531 – 1650	8.6	
27			≥ 1651	7.9	

Tabla 3.27 Objetivos para la eficiencia de combustible para vehículos tipo cargo medianos a gasolina para el 2015 (1.7 t < GVW ≤ 3.5t)

Categoría	estructura	Transmisión	Peso del vehículo en, Kg	FE objetivo, km/ L	
28	A & B1	MT	≤ 1420	14.5	
29			1421 – 1530	14.1	
30			1531 – 1650	13.8	
31			1651 – 1760	13.6	
32			1761 – 1870	13.3	
33			1871 – 1990	12.8	
34			1991 – 2100	12.3	
35			≥ 2101	11.7	
36		AT	≤ 1420	13.1	
37			1421 – 1530	12.8	
38			1531 – 1650	11.5	
39			1651 – 1760	11.3	
40			1761 – 1870	11.0	
41			1871 – 1990	10.8	
42			1991 – 2100	10.3	
43			≥ 2101	9.4	
44		B2	MT	≤ 1420	14.3
45				1421 – 1530	12.9
46				1531 – 1650	12.6
47				1651 – 1760	12.4
48	1761 – 1870			12.0	
49	1871 – 1990			11.3	
50	1991 – 2100			11.2	
51	≥ 2101			11.1	
52	AT		≤ 1420	12.5	
53			1421 – 1530	11.8	
54			1531 – 1650	10.9	
55			1651 – 1760	10.6	
56			1761 – 1870	9.7	
57			1871 – 1990	9.5	
58			1991 – 2100	9.0	
59			≥ 2101	8.8	

Tabla 3.28 Objetivos de eficiencia de combustible para vehículos cargo medianos para el 2015 (1.7 t < GVW ≤ 3.5 t)

**3.7.4 Ahorro de Combustible.** Las pruebas de consumo de combustible del 2015 se realizan durante el ciclo JC08, que reemplaza totalmente la prueba de modo 10-15 en 2011. Se calcula un promedio armónico ponderado (es decir, el recíproco de la media ponderada de los recíprocos de los datos medidos) (Peso = 0,25) y arranque en caliente (0,75). La velocidad media más alta, la

aceleración más rápida y los requisitos de arranque en frío de la prueba JC08 aumentan la rigurosidad de las nuevas metas de ahorro de combustible en un 9%. El promedio de consumo de combustible para automóviles de pasajeros de la flota para vehículos de 2004 es de 15.0 km / L cuando se mide en la prueba 10-15, en comparación con 13.6 km / L en la prueba JC08.

En el caso de los vehículos de pasajeros (tabla 3.25), los mini vehículos de carga (tabla 3.27) y los vehículos ligeros de carga (tabla 3.28), los vehículos de gasolina y diésel se colocan en la misma categoría con normas iguales. En estos casos, se debe obtener una media armónica ponderada utilizando los valores de eficiencia de combustible de los vehículos de gasolina y los valores de eficiencia de combustible equivalente a la gasolina para los vehículos diesel (eficiencia de combustible de los vehículos diésel divididos por 1,10).

## Objetivos 2015

### Vehículos de servicio pesado:

Los estándares de ahorro de combustible para vehículos pesados a partir de 2015 se aplican a los vehículos comerciales de gasoil aprobados por el tipo de Diesel con un peso bruto > 3,5 t, incluidos los camiones y los autobuses diseñados para transportar 11 pasajeros o más. Las normas también son aplicables a los vehículos diesel no homologados que estén equipados con CO u otros dispositivos de control de emisiones. La economía de combustible de los vehículos pesados alimentados con gasolina, GLP u otros combustibles alternativos no está regulada.

Cuando los objetivos se cumplen plenamente, la economía de combustible se estima en:

- Para los camiones: 7,09 km / L (369,6 g CO<sub>2</sub> / km), un 12,2% más que el rendimiento de 6,32 km / L (414,6 g CO<sub>2</sub> / km)
- Para los autobuses: 6,30 km / L (416,0 g CO<sub>2</sub> / km), un 12,1% más que el rendimiento de 5,62 km / L (466,3 g CO<sub>2</sub> / km).

Las normas para los vehículos pesados se resumen en las siguientes tablas 3.29, 3.30, 3.31 y 3.32.

Categoría	GVW, t	FE Objetivo, km/ L
1	6 < GVW ≤ 8	6.97
2	8 < GVW ≤ 10	6.30
3	10 < GVW ≤ 12	5.77
4	12 < GVW ≤ 14	5.14
5	14 < GVW	4.23

Tabla 3.29 Objetivos de eficiencia de combustible para autobuses para el 2015

Categoría	GVW, t	FE Objetivo, km/ L
1	3.5 < GVW ≤ 6	9.04
2	6 < GVW ≤ 8	6.52
3	8 < GVW ≤ 10	6.37
4	10 < GVW ≤ 12	5.70
5	12 < GVW ≤ 14	5.21
6	14 < GVW ≤ 16	4.06
7	16 < GVW	3.57

Tabla 3.30 Objetivos de eficiencia de combustible para autobuses que no salen a carretera para el 2015

Categoría	GVW, t	Carga máxima (L), t	FE Objetivo, km/ L
1	3.5 < GVW ≤ 7.5	L ≤ 1.5	10.83
2		1.5 < L ≤ 2	10.35
3		2 < L ≤ 3	9.51
4		3 < L	8.12
5	7.5 < GVW ≤ 8		7.24
6	8 < GVW ≤ 10		6.52
7	10 < GVW ≤ 12		6.00
8	12 < GVW ≤ 14		5.69
9	14 < GVW ≤ 16		4.97
10	16 < GVW ≤ 20		4.15
11	20 < GVW		4.04

Tabla 3.31 Objetivos de economía de combustible para camiones de servicio pesado (excepto tractores) para el 2015

Categoría	GVW, t	FE Objetivo, km/ L
1	GVW ≤ 20	3.09
2	GVW > 20	2.01

Tabla 3.32 Objetivos de economía de combustible para tractores

**Pruebas.** Se ha desarrollado un procedimiento de simulación por computadora que permite calcular la eficiencia de combustible (en km / L) de camiones y autobuses de servicio pesado basados en pruebas de dinamómetro de motor. La prueba del motor se realiza sobre la prueba urbana JE05 y sobre un ensayo transitorio interurbano (velocidad: 80 km / h, factor de carga: 50%). Varios factores del vehículo, como la masa del vehículo, la carga útil, el tamaño del neumático, las relaciones de engranajes y la eficiencia, y otros se contabilizan en el cálculo.

### **3.7.5 Automotor NOx y ley PM**

#### **Introducción**

En 1992, para hacer frente a los problemas de contaminación por NOx de las flotas de vehículos existentes en áreas metropolitanas muy pobladas, el Ministerio de Medio Ambiente adoptó la "Ley de Medidas Especiales para Reducir la Cantidad Total de Óxidos de Nitrógeno emitidos por Vehículos Motorizados en Áreas Especificadas" La Ley de NOx del Vehículo Motorizado. El reglamento designó un total de 196 comunidades en Tokio, Saitama, Kanagawa, Osaka y Hyogo como áreas con contaminación atmosférica significativa por los óxidos de nitrógeno emitidos por los vehículos de motor. En virtud de la Ley, se debían tomar varias medidas para controlar los NOx de los vehículos en uso, incluida la aplicación de normas de emisión para determinadas categorías de vehículos.

El reglamento fue enmendado en junio de 2001 para ajustar los requisitos existentes de NOx y para agregar disposiciones de control PM. La regla enmendada se denominó "Ley sobre Medidas Especiales para Reducir la Cantidad Total de Óxidos de Nitrógeno y Partículas emitidas de Vehículos Motorizados en Áreas Especificadas" o, en pocas palabras, la Ley de NOx y PM Automotriz.

El reglamento enmendado entró en vigor en octubre de 2002.

#### **3.7.6 Normas de Emisión**

La Ley de NOx y PM estableció normas de emisión para categorías específicas de vehículos de carretera en uso, incluyendo vehículos comerciales (carga) tales como camiones y furgonetas, autobuses y vehículos de motor de propósito especial, independientemente del tipo de combustible. El reglamento también se aplica a los automóviles de pasajeros diesel (pero no a los automóviles de gasolina).

Los vehículos en uso de las categorías afectadas tenían que cumplir con las normas de emisión de 1997/98 para los nuevos tipos de vehículos nuevos (en el caso de los motores pesados, NOx = 4,5 g / kWh, PM = 0,25 g / kWh). En otras palabras, las normas sobre vehículos nuevos de 1997/98 se aplicaron retroactivamente a los vehículos antiguos ya en circulación. Los propietarios de vehículos tenían dos métodos para cumplir:

1. Reemplazar los vehículos viejos por modelos más nuevos y más limpios
2. Reajuste de vehículos viejos con dispositivos de control NOx y PM aprobados

Los vehículos tenían un período de gracia, entre 9 y 12 años desde el registro inicial, para cumplir. El período de gracia dependía del tipo de vehículo, de la siguiente manera:

- Vehículos comerciales ligeros ( $GVW \leq 2500$  kg): 8 años
- Vehículos comerciales pesados ( $GVW > 2500$  kg): 9 años
- Micro buses (11-29 plazas): 10 años
- Grandes autobuses ( $\geq 30$  plazas): 12 años
- Vehículos especiales (basados en un camión de carga o autobús): 10 años
- Automóviles de pasajeros diesel: 9 años

Además, la regulación permitió aplazar los requisitos por un adicional de 0,5-2,5 años, dependiendo de la edad del vehículo. Este retraso se introdujo en parte para armonizar la ley de NOx y PM con el programa de modernización de diesel de Tokio.

La Ley de NOx y PM se aplicó en relación con el programa japonés de inspección de vehículos, en el que los vehículos no conformes no pueden someterse a la inspección en las áreas designadas. Este mecanismo de ejecución podría desencadenar una orden judicial sobre el funcionamiento del vehículo en virtud de la Ley de Vehículos de Transporte por Carretera.

## **México**

### **3.8.1 NORMA Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003**

Establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos. La norma no lo menciona pero se aplican las normas Tier 2 y Euro 4 para el caso de los vehículos ligeros.

#### **Objetivo**

Establecer los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.

La presente Norma Oficial Mexicana aplica tanto a los vehículos nuevos fabricados en México, como a los fabricados en otros países que se importen definitivamente en el territorio nacional. Esta norma es de observancia obligatoria para los fabricantes e importadores de dichos vehículos.

#### **Especificaciones**

Los vehículos automotores objeto de esta norma deben cumplir con lo señalado de la presente NOM y se incorporarán de manera gradual de acuerdo al porcentaje de líneas de vehículos comercializados por empresa, como se establece en las tablas 3.35 y 3.36 de la presente NOM.

Los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores objeto de la presente NOM, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos, son los establecidos en la tabla 3.33.

Estándar de durabilidad a 80,000 Km											
Estándar	Clase	CO g/km		HCNM g/km		NO <sub>x</sub> g/km		Part (1) g/km		HCev (2) g/prueba	
		Gasolina, gas LP y gas natural	diesel	Gasolina, gas LP y gas natural	diesel	Gasolina, gas LP y gas natural	diesel	Gasolina, gas LP y gas natural	diesel	Gasolina, gas LP y gas natural	diesel
A	Vp	2.11		0.156		0.25	0.62	-	0.050	2.0	-
	CL1 Y VU										
	CL2 Y VU	2.74		0.200		0.44	0.62	-	0.062		
	CL3 Y VU										
	CL4 Y VU	3.11		0.240		0.68	0.95	-	0.075		
B	Vp	2.11		0.099		0.249		-	0.050	2.0	-
	CL1 Y VU										
	CL2 Y VU							-	0.062		
	CL3 Y VU	2.74		0.121							
	CL4 Y VU							-	0.075		
C	Vp	2.11		0.047		0.068		-	0.050	2.0	-
	CL1 Y VU										
	CL2 Y VU							-	0.062		
	CL3 Y VU			0.087		0.124					
	CL4 Y VU							-	0.075		

Tabla 3.33 Límites máximos permisibles de emisión para vehículos que utilizan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel.

(1) Aplica sólo para vehículos a diesel.

(2) Aplica sólo para vehículos a gasolina y gas LP

Estándar A Límites máximos permisibles para vehículos año modelo 2004 y hasta 2009 (ver tabla 3).

Estándar B Límites máximos permisibles para vehículos año modelo 2007 y hasta año 3 (ver tabla 4).

Estándar A Límites máximos permisibles aplicables a partir del año 1 y posteriores.

### Notas de la Tabla 3.33 los puntos III, IV, V. son también para la Tabla 3.34

I. Para la obtención del Certificado NOM en cuanto a los límites máximos permisibles y el estándar de durabilidad de la presente tabla, se aceptará informe de resultados de laboratorios acreditados y aprobados, carta o constancia del fabricante que incluya informe de resultados, o

certificado emitido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, o por organismos de certificación reconocidos en la Unión Europea o Japón, o bien, por otras autoridades de protección ambiental correspondientes al país de origen del vehículo o el país donde se realizan las pruebas y se demuestre que cumplen con las disposiciones de la presente NOM.

**II.** Las pruebas de verificación para vehículos a gasolina, gas L.P. y gas natural se realizarán a 2240 +/- 400 metros sobre el nivel medio del mar, con combustible con el menor contenido de azufre disponible comercialmente y de acuerdo con el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad.

**III.** Las pruebas de verificación para vehículos a diesel se realizarán a nivel del mar +/- 400 metros sobre el nivel medio del mar. Para los Estándares A y B, las pruebas se realizarán con diesel de referencia con bajo contenido de azufre, en lo que respecta a lo establecido en el Estándar C se utilizará diesel con un contenido máximo de azufre de 10 ppm y de acuerdo con el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad .

**IV.** Los límites establecidos en el Estándar C para cada tipo de combustible, según el caso, serán aplicables a partir del Año 1.

Los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos más óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores objeto de la presente NOM, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos, son los establecidos en la tabla 3.34.

Estándar de durabilidad a 100,000 km											
Estándar	Clase	CO g/km		HC g/km	HC + NO <sub>x</sub> g/km	NO <sub>x</sub> g/km		Part (1) g/km		HCev (2) g/prueba	
		Gasolina, gas LP y gas natural	diesel	Gasolina, gas LP y gas natural	diesel	Gasolina, gas LP y gas natural	diesel	Gasolina, gas LP y gas natural	diesel	Gasolina, gas LP y gas natural	diesel
A	VP	1.25	0.64	0.125	0.56	0.100	0.50	-	0.050	2.0	-
	CL Y VU Clase 1										
	CL Y VU Clase 2	2.26	0.80	0.162	0.72	0.125	0.65	-	0.070		
	CL Y VU Clase 3	2.83	0.95	0.200	0.86	0.137	0.78	-	0.100		
B	VP	1.00	0.50	0.10	0.30	0.08	0.25	-	0.025	2.0	-
	CL Y VU Clase 1										
	CL Y VU Clase 2	1.81	0.63	0.13	0.39	0.10	0.33	-	0.040		
	CL Y VU Clase 3	2.27	0.74	0.16	0.46	0.11	0.39	-	0.060		

Tabla 3.34 límites máximos permisibles de emisión para vehículos que utilizan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel.

- (1) Aplica sólo para vehículos a diesel
- (2) Aplica sólo para vehículos a gasolina y gas LP

Estándar B. límites máximos permisibles para vehículos año modelo 2007 y hasta el año 3 (ver tabla 4).

Estándar C. límites máximos permisibles aplicables a partir del año 1 y posteriores (ver tabla 4).

**Notas:**

- I. Las pruebas de verificación para vehículos a gasolina, gas L.P. y gas natural se realizarán con combustible con el menor contenido de azufre disponible comercialmente y de acuerdo con el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad señalado en el numeral 8 de la presente NOM. En el caso de que las pruebas se realicen a una altura mayor a 400 metros sobre el nivel medio del mar, se aceptarán valores de hasta un 15% mayor a los establecidos en el Estándar C de la presente tabla.

La incorporación gradual de los estándares indicados en las tablas 3.33 y 3.34 de acuerdo al porcentaje de líneas de vehículos comercializados por empresa, es el establecido en las tablas 3.35 y 3.36.

Estándar	2007 %	2008 %	2009 %	2010 %
A (vehículos año modelo 2004 y posteriores)	75	50	30	0
B (vehículos año modelo 2007 y posteriores)	25	50	70	100

*Tabla 3.35 porcentaje de introducción en México de vehículos que cumplen con los límites de emisión de las tablas 3.33 y 3.34 calculando en base al número de líneas de vehículos*

Estándar	Año 1 %	Año 2 %	Año 3 %	Año 4 %
A + B (Mezcla de vehículos año modelo 2004, 2007, y posteriores según tabla 3)	75	50	30	0
C (vehículos a partir del año uno y posteriores)	25	50	70	100

*Tabla 3.36 Porcentaje de introducción en México de vehículos que cumplen con los límites de emisión de las tablas 3.33 y 3.34 calculando en base al número de líneas de vehículos*

**Nota: para efectos de esta tabla, a partir del año 2010 en adelante, la mezcla de vehículos que cumplan con los estándares A+B será aquella compuesta por un 100% de vehículo que cumplen con el estándar B [13].**

### **3.8.2 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-044-SEMARNAT-2006**

Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizaran para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores. Las normas con las que se rigen los vehículos pesados son la EPA 2004 y Euro IV.

#### **Objetivo**

El objetivo de la presente Norma Oficial Mexicana es el de establecer los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes de hidrocarburos (HC), hidrocarburos no metano (HCNM), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+NOx), partículas (Part) y opacidad del humo proveniente del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos; así como provenientes del escape de unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.

#### **Especificaciones**

Los motores nuevos a diesel y las unidades nuevas que los incorporen deberán cumplir lo señalado. De la presente NOM. Las especificaciones de los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales (HC), hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+NOx), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (Part), así como de la opacidad de humo, provenientes del escape de motores y unidades nuevas que los integren, son las establecidas en la Tabla 3.37.

Estándar	Método de prueba	CO g/bhp-hr	NO <sub>x</sub> g/bhp-hr	HC g/bhp-hr	Part g/bhp-hr	HCNM + NO <sub>x</sub> g/bhp-hr	Opacidad del humo (%) por ciento		
							Aceleración	arrastre	pico
A	CT	15.5	4.0	1.3	0.10	No aplica	20	15	50
B	CT Y CSE					No aplica			

Tabla 3.37 (g/bhp-hr – gramos por caballo de fuerza al freno por hora).

Estándar A. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos en el año 2006 y hasta junio de 2008, obtenidos con el método de prueba Ciclo Transitorio (CT)

Estándar B. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos a partir de julio de 2008 y hasta junio de 2011, obtenidos con los métodos de prueba Ciclo Transitorio (CT).

Las especificaciones de los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales (HC), hidrocarburos no metano (HCNM), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas (Part), así como de la opacidad de humo, provenientes del escape de motores y unidades nuevas que los integren, son las establecidas en la Tabla 3.38.

Estándar	Método de prueba	CO g/kwh	NO <sub>x</sub> g/kwh	HCNM g/kwh	HC g/kwh	Part g/ kwh	Opacidad de humo m <sup>-1</sup>
A	CEEC	2.1	5.0	No aplica	0.66	0.10	No aplica
	CET	5.45		0.78	No aplica	0.16	
	CERBC	No aplica					0.8

B	CEEC	1.5	3.5	No aplica	0.46	0.02	No aplica
				0.55	No aplica		
	CET	4.0					
	CERBC	No aplica					0.5

Tabla 3.38 (g/Kwhr – gramos por kilowatt por hora)

Estándar A. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos en el año 2006 y hasta junio de 2008, obtenidos con los métodos de prueba Ciclo Europeo de Estado Continuo (CEEC), Ciclo Europeo de Transición (CET) y Ciclo Europeo de Respuesta Bajo Carga (CERBC) .

Estándar B. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevos producidos a partir de julio de 2008 y hasta junio de 2011, obtenidos con los métodos de prueba Ciclo Europeo de Estado Continuo (CEEC), Ciclo Europeo de Transición (CET) y Ciclo Europeo de Respuesta Bajo Carga (CERBC)

En el caso de los vehículos que requieran la utilización de un reactivo para ajustarse a los requisitos de las tablas 1 y/o 2, el fabricante o importador deberá, mediante una indicación mecánica o electrónica en el tablero de instrumentos del vehículo, informar al conductor del nivel del reactivo que presenta el dispositivo de almacenamiento de dicho reactivo. Se deberá incluir una advertencia cuando el nivel del reactivo: sea inferior al 10% del depósito o a un porcentaje más elevado a elección del fabricante o importador; o sea inferior al nivel correspondiente a la distancia de conducción posible con el nivel de reserva de combustible especificado por el fabricante.

Los sistemas de motor correspondientes al ámbito de aplicación del presente numeral incluirán un limitador del par motor que advertirá al conductor cuando el sistema del motor o el vehículo funcionen incorrectamente por causas imputables a la cantidad o calidad incorrectas del reactivo indicado en el párrafo anterior.[14]

### **3.8.3 Norma oficial mexicana nom-076-semarnat-2012**

Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.

#### **Objetivo**

El objetivo de la presente Norma Oficial Mexicana es establecer los límites máximos permisibles de emisiones de hidrocarburos (HC), hidrocarburos no metano (HCNM), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+NOx), provenientes del escape de motores nuevos que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores, así como unidades nuevas equipadas con este tipo de motores, con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, y de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.

## Especificaciones

Los motores o unidades nuevas deberán cumplir con lo establecido

Las especificaciones de los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos son los establecidos en las Tablas 3.39 y 3.40 para el método de prueba Ciclo Transitorio y, en la Tabla 3.41, para el método de prueba Ciclo Europeo de Transición.

Estándar	HC g/ bhp-hr	HCNM g/ bhp-hr	CO g/ bhp-hr	NO <sub>x</sub> g/ bhp-hr	HCev g/ prueba
<b>A</b>	1.1	No aplica	14.4	4.0	3.0
<b>B</b>	No aplica	0.14		0.2	1.75

*Tabla 3.39 límites máximos permisibles de emisión de motores que se utilizaran para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3857 y hasta 6350 kilogramos*

### Notas de la Tabla 3.39, Tabla 3.40 y Tabla 3.41.

1. La medición de HCev sólo aplica para vehículos a gasolina y gas L.P.
2. El Estándar A se refiere a los límites máximos permisibles para unidades nuevas a partir de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana y hasta la entrada en vigor del Estándar B. Estos límites se probarán utilizando el método de prueba Ciclo Transitorio.
3. El Estándar B contempla los límites máximos permisibles para unidades nuevas producidas, siempre y cuando exista plena disponibilidad en todo el país de gasolina Magna o la que la sustituya, con contenido promedio de 30 ppm y 80 ppm máximo de azufre. Estos límites se probarán utilizando el método de prueba Ciclo Transitorio. La entrada en vigor de este estándar será de 18 meses después de la publicación en el Diario Oficial de la Federación del aviso de la plena disponibilidad en todo el país.

Estándar	HC g/ bhp-hr	HCNM g/ bhp-hr	CO g/ bhp-hr	NO <sub>x</sub> g/ bhp-hr	HCev g/ prueba
<b>A</b>	1.9	No aplica	37.1	4.0	3.0
<b>B</b>	No aplica	0.14	14.4	0.2	2.3

*Tabla 3.40 límites máximos permisibles de emisión de motores que se utilizaran para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 6350 kilogramos*

Las notas son las mismas de la tabla 3.39

Estándar	CH <sub>4</sub> g/kwh	HCNM g/kwh	CO g/kwh	NO <sub>x</sub> g/kwh	Part g/kwh
<b>A</b>	1.10	0.55	4.00	3.50	No aplica
<b>B</b>	1.10	0.55	4.00	2.00	0.03

*Tabla 3.41 límites máximos permisibles de emisión de motores que emplean gas natural como combustible y que se utilizaran para la propulsión de vehículos automotores, probados mediante el ciclo europeo de transición*

### Notas de la Tabla 3.41.

1. Los límites máximos permisibles incluidos en esta Tabla, únicamente aplican para aquellos motores diseñados y construidos para cumplir con el Ciclo Europeo de Transición.
2. El Estándar A se refiere a los límites máximos permisibles para motores y unidades nuevas producidos hasta junio de 2014. Estos límites se probarán utilizando el método de prueba Ciclo Europeo de Transición (CET) .
3. El Estándar B contempla los límites máximos permisibles para motores y unidades nuevas producidas a partir de julio de 2014. Estos límites se probarán utilizando el método de prueba Ciclo Europeo de Transición (CET)

Las especificaciones de los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, provenientes del escape de los Vehículos Automotores Completos, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos son los establecidos en la Tabla 3.42.

Los vehículos automotores a gasolina, gas licuado de petróleo y gas natural con peso bruto vehicular de hasta 6,356 kilogramos, a partir del año modelo 2013, deberán tener incorporado, el sistema de diagnóstico a bordo (OBD II ó similar).

Estándar	HCNM g/km	CO g/km	NO <sub>x</sub> G/km	HCev g/prueba	
<b>A</b>	de 3857 a 4536 kg	0.285	3.418	0.807	3.0
	de 4537 a 6356 kg	0.372	4.350	1.243	3.0
<b>B</b>	de 3857 a 4536 kg	0.121	3.977	0.124	1.75
	de 4537 a 6356 kg	0.142	4.536	0.248	2.30

*Tabla 3.42 límites máximos permisibles de emisión de vehículos automotores completos con peso bruto vehicular mayor de 3857 y hasta 6356 kilogramos*

### **Ciclo Europeo de Transición (CET)**

Ciclo de prueba secuencial de modos transitorios consistente en 1 800 fases de transición segundo a segundo, en donde se simula la operación del motor bajo condiciones de manejo en ciudad con paradas frecuentes, manejo en condiciones rurales con velocidad promedio y manejo en carretera con alta velocidad.

### **Ciclo Transitorio**

Ciclo de prueba consistente en cuatro fases, en las cuales se simula la operación del motor bajo condiciones de manejo en tráfico ligero urbano con paradas y arranques continuos. [15]

## **Conclusiones:**

Dentro de la gran variedad de objetivos que tiene esta tesis, el principal es que el lector pueda tener un documento donde pueda encontrar la interpretación de las normas estadounidenses, europeas, japonesas y mexicanas básicamente.

La tesis se puede consultar por secciones, de una manera sencilla y digerible que si se intenta leer todos estos documentos porque son demasiados datos y además se hizo una síntesis de los datos, que arrojan las normas es un mundo de información que se intentó reducir y se espera que se le pueda dar la utilidad con la que se trabajó esta tesis.

También tener un panorama general de que la contaminación del aire es un tema muy importante que se tiene que disminuir, porque afecta a nuestros recursos naturales como son el aire, el agua y los suelos y así lograr prevenir alteraciones ambientales.

Los principales contribuyentes a la contaminación atmosférica son las fuentes móviles.

En la actualidad todo tipo de automotores están obligados a cumplir con diferentes tipos de regulaciones de acuerdo a su país de origen como lo son: Euro VI, Lev III, Tier 3, Nom – 42 etc. Lo que conlleva a que los niveles de emisión, normas y el diseño sean cada vez más estrictas.

Los países pueden tener distintos ciclos de manejo y también una clasificación de los vehículos de acuerdo a sus vialidades.

Este trabajo no habla a fondo de los ciclos de manejo pero creo que si se da un panorama general de los ciclos, para saber cuáles son sus funciones y que ofrecen cada uno de los países que desarrollan distintas estrategias de reducción de contaminantes y consumo de combustibles por parte de los automóviles.

La tecnología ha estado evolucionando, antes se veían pocos ciclos de manejo en los cuales se indicaba el consumo de combustible y considero se podrían agregar ya a todos los ciclos, las pruebas de consumo de combustible, trazando el mismo tipo de rutas o tipos de conducción como parte del protocolo de pruebas. Pero claro los fabricantes de automóviles ya trabajan en esto desde hace varios años.

El consumo de combustible es un importante parámetro a estudiar porque está estrechamente relacionado con la contaminación atmosférica, por medio de la generación de CO<sub>2</sub> y porque es la fuente de energía más utilizada a nivel mundial y por ello creo que debe existir una legislación para restringir el uso de esta fuente no renovable.

En el caso de México en cuanto a estas normas de calidad de aire estamos rezagados para vehículos ligeros ya que aún nos regimos con normas estadounidenses y europeas como son el Tier 2 y Euro 4. Cuando ellos ya se rigen con Tier 3 (2017- 25) y Euro 6 (2013...).

Y para el caso de camiones pesados aún tenemos EPA 2004 y Euro IV cuando países como E.U.A y Canadá se rigen con la EPA 2010.

Algunas de las principales diferencias entre la norma Tier 2 y Tier 3 son las que se muestran a continuación.

- La norma Tier 3 incluye las normas de emisión para vehículos pesados caso contrario al Tier 2 que son las normas de emisión que aplican a todas las categorías sin importar el peso.
- Los vehículos que utilizan gasolina son aprobados solo si utilizan 10% de etanol (E10) 10 ppm caso contrario con Tier 2 que está permitido usar 30ppm.
- Ahora tanto los límites de certificación como los estándares promedio de flota se expresan utilizando la suma de NMOG + NO<sub>x</sub>.
- A los compendios se les cambia el nombre diferente utilizando el límite de mg / ml.
- Las emisiones medidas NMOG + NO<sub>x</sub> de flota deben alcanzar 30 mg/mi para el 2025
- La durabilidad requerida de la emisión se ha aumentado de 120, 000 millas a 150, 000 millas.
- Ya existen las normas de PM y se aplican a cada vehículo por separado.

Principales diferencias entre Euro IV Y Euro VI:

- Mejor control de PM:
  - Euro VI requiere filtros de partículas de pared.
  - Límites en número de partículas (PN).
- Mejor control de NO<sub>x</sub>:
  - Euro VI adopta el World Harmonized Transient Cycle(WHTC) para certificación.
  - Sistema SCR de Zeolitas reduce NO<sub>x</sub> en un mayor rango de operación del motor.
- Nuevo límite en emisiones de amoníaco (NH<sub>3</sub>).
- Requerimientos de durabilidad más exigentes.
  - 188,000 km para camiones de peso medio y autobuses.
  - 233,000 km para camiones pesados y autobuses.
- Mejoras en el sistema de diagnóstico de fallas (OBD).

El cambio climático ya es algo importante y sin en cambio solo tenemos una norma para vehículos ligeros y para el caso de camiones pesados no existe alguna.

Pongámoslo así Un tracto-camión nuevo en México emite en carbono negro el equivalente a 200 camiones en E.U.A y Europa.

Es por esto que se necesita una norma exigente para vehículos pesados esta también es clave para control de partículas y si no hacemos esto tendremos un aumento de partículas contaminantes del 89 % en los siguientes 20 años y si tuviéramos una norma reduciríamos estas partículas en un 82 %.

También tenemos normas de efecto invernadero (GEI) que sean perfectamente establecidas y en la mayoría de los casos se respeten. Pero a pesar de esto hay mucho camino que recorrer pero se necesita tratar con mayor seriedad el tema.

Y es por esto que propondría que ya se deberían actualizar estas normas y que ya se tengan normas de efecto invernadero para vehículos pesados en el futuro se prevé que con el paso de los años exista una cantidad mayor de autos por eso ya tienen que legislarse con mayor rigor las emisiones contaminantes provenientes de los vehículos.

Nuestra principal preocupación es:

- Reducir dramáticamente la contaminación ambiental proveniente de los vehículos y su impacto en la salud.
- Reducir el consumo de combustible y los costos de operación así a su vez reducir la demanda de las energías no renovables.
- Cumplir acuerdos internacionales para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y así obtener incentivos.

Algunos de los beneficios de la armonización de las normas son los siguientes:

Recuperaríamos 12 años de atraso tecnológico y garantiza el aire limpio.

Garantiza el acceso a nuevas tecnologías para reducir GEI y costos operativos

También hay beneficios reales de rendimiento de combustible con el protocolo GHGp (Green house Gas Protocol)

Otros beneficios de la armonización es que para el 2037 se prevé que se salven más de 6800 vidas al igual que 24, 000 partículas por millón.

Que los estándares GEI están dando incentivos al país por la adopción de nuevas tecnologías como son GDI, Turbo, VVT y Híbrido.

## Bibliografía

### Documentos

- [1] universidad de Cantabria, salud pública y atención ciudadana de la salud  
Contaminación del aire
- [2] página oficial del semarnat
- [3] Medición de la calidad de aire. Universidad nacional autónoma de México.  
<https://calidaddel aire.wordpress.com/>
- [4] página oficial de sistema de monitoreo atmosférico
- [5] González Pindea, F. (2013). Diseño de un laboratorio para evaluar emisiones contaminantes y prestaciones de vehículos y motores. México: Tesis de maestría Universidad Nacional Autónoma de México.
- [7] Testo Nanomet3. Portable Emissions Measurement System (PEMS) for nanoparticle counting and classification.
- [8] González Oropeza, R. (2005). Los ciclos de manejo una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte.
- [9] Diesel net. Engine & Emission technology online.
- [10] Carcamo Cahúm .E., García Chávez .F., y Medina Martínez .J. (2014). Secuencia cinemática típica en la conducción de Motocicletas: Tesis de licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México.
- [11] Hernández Alcocer. , Sánchez cortés .E. y Sandoval Márquez .j. (2014). Actualización de los ciclos de manejo en el valle de México para vehículos ligeros: Tesis de licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México.
- [12] Clemente Eguilluz. M. y Mena borrego. M. (2015). Ciclos de manejo para autobuses en el valle de México: Tesis de licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México.
- [13] NOM-042-SEMARNAT-2003
- [14] NOM- 044- SEMARNAT- 2006
- [15] NOM- 076- SEMARNAT- 2012
- [16] <http://www.prtr-es.es/NMVOC-COVIDM-Compuestos-Organicos-Volátiles,15594,11,2007.html>
- [17] <http://www.aficionadosalamecanica.net/sonda-lambda.htm>

- [18] F. Payri, J.M. Descartes. (2011). Motores de combustión interna alternativos. Editorial Reverenté. Capítulo XV. Paginas 416-443.
- [19] Heywood, J. B. (1998). Internal combustion engine fundamentals. Unated States: McGraw-Hill. Capítulo 11. Paginas 567-599.
- [20] L.Taylor (1977). The internal combustion engine in theory and practice. The MIT press Massachusetts institute of technology Cambridge, Massachusetts. (second edition). Vol I. Capítulo II. Paginas 22-40.
- [21] L.Taylor (1977). The internal combustion engine in theory and practice. The MIT press Massachusetts institute of technology Cambridge, Massachusetts. (second edition). Vol II. Capítulo VII. Paginas 214-240.
- [22] Colin.R.Ferguson. (1976). Internal combustion Engines. Capítulo V. Paginas 191-220.
- [23] C.Foyette.Taylor. (1976). Internal combustion Engines. International textbook company. (second edition). Capítulo IX. Paginas 211-233.
- [24] D. Giacosa. (1988). Motores endotermicos. Ediciones Omega, S.A. (Decimocuarta edicion). Capítulo VI. Paginas. 100-118.
- [25] Beneficios de la Armonización de estándares para vehículos nuevos en México, Dr. Francisco Posada & Kate Blumberg

## **Ilustraciones**

- [1] <http://cambioclimaticoglobal.com/efecto-invernadero>
- [2] <http://rootsandshootsmadrid.blogspot.mx/2013/09/degradacion-de-la-cap-a-de-ozono-origen.html>
- [3] <http://www.carsmagazine.com.ar/asi-funciona-el-campo-de-pruebas-de-ford-donde-se-desarrolla-la-nueva-ecosport/>
- [4] <https://www.emaze.com/@AZFLIRIT>
- [5] [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_2008/05\\_atmosfera/cap5\\_1.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/05_atmosfera/cap5_1.html)
- [6] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/Intervalos.jpg>
- [7] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/Intervalos.jpg>
- [8] <http://www.vltest.com/ssi/cdst-05.jpg>

- [9] <http://www.telmaindia.com/>
- [10] <http://new.rostek.cl/celdas-de-carga/>
- [11] <http://shwallong.es/1b-exhaust-emission-2.html>
- [12] <http://www.accudyno.com/wp-content/uploads/2010/06/rolo-recortado-1.jpg>
- [13] <http://www.Dynamometer.fsnet.co.uk-7images/twinroller.jpg>
- [14] <http://www.vltest.com/sp/cdst-a.html>
- [15] <http://www.ehu.eus/mmtde/bancomot.htm>
- [16] <https://br.all.biz/img/br/catalog/91757.jpeg>
- [17] [http://www.telma.com/images/installation\\_focal\\_boite-po.jpg](http://www.telma.com/images/installation_focal_boite-po.jpg)
- [18] <http://www.accudyno.com/ventajas-y-desventajas-de-cada-tipo-de-dinamometro/>
- [19] <http://www.academiatesto.com.ar/cms/absorcion-infrarroja-proceso-ir>
- [20] <https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/2015/08/06/tipos-de-detectores-en-la-cromatografia-gas-liquido/>
- [21] <http://slideplayer.es/slide/5542928/>
- [22] <https://image.slidesharecdn.com/mantenimientomotordiesel-110523220244-phpapp01/95/mantenimiento-motor-diesel-30-728.jpg?cb=1306188349>
- [23] <https://es.scribd.com/doc/50984747/OPACIDAD-DE-HUMOS-DE-ESCAPE>
- [24] <http://www.horiba.com/uk/automotive-test-systems/products/emission-measurement-systems/dilution-sampling-systems/details/cvs-one-constant-volume-sampler-19609/>
- [25] <https://es.pinterest.com/globalmrv/pems-portable-emissions-measurement-system-global/>
- [26] <http://www.utacceram.com/en/testing-expertise/environment/emissions-consumption.html>
- [27] <http://www.uhv.es/sites/pecas/es/ir.htm>
- [28] <https://www.emaze.com/@ALRTTWRC/Espectroscopia-Raman>
- [29] nanoMet3\_EN\_compressed.p