

ANEXO Ñ

MEDICION DE EMISIONES DE PARTICULAS VISIBLES (HUMO) DE MOTORES DIESEL Y DE VEHICULOS EQUIPADOS CON ELLOS.

1. OBJETIVO.

El presente anexo tiene por objeto establecer un método para la evaluación e de las emisiones de partículas visibles (humos) emitidas por motores Diesel de uso vehicular con el objeto de homologar los motores nuevos y los vehículos equipados con ello, y obtener una referencia de base para evaluar los mismos cuando estén en uso.

2. ALCANCE.

Las disposiciones del presente Anexo serán aplicables a los vehículos nuevos fabricados en el país o importados, los que deberán cumplir con los límites máximos establecidos en el ensayo baja carga a velocidad estabilizada sobre curva de potencia máxima, según se establece en los párrafos siguientes.

3. INSTRUMENTAL UTILIZADO.

Opacímetro: con las características abajo mencionadas, a ser utilizado en ensayo bajo carga y en aceleración libre.

Equipo de medición por filtrado: sólo para ensayo de aceleración libre.

4. ENSAYO EN REGIMENES DE VELOCIDADES ESTABILIZADAS SOBRE LA CURVA DE PLENA CARGA.

4.1. Condiciones generales.

El presente procedimiento describe el método para determinar la emisión de contaminantes a distintos regímenes de velocidad estabilizados sobre la curva de plena carga.

El ensayo puede llevarse a cabo sobre un motor o sobre un vehículo.

4.2. Procedimiento de medición.

4.2.1. Se procede a la medición de la opacidad de los gases de escape producidos por el motor en funcionamiento a plena carga y régimen estabilizado. Se efectuarán SEIS (6) mediciones espaciadas de manera uniforme, entre el régimen correspondiente a máxima potencia del motor y el de mayor velocidad de giro entre los siguientes:

- CUARENTA Y CINCO POR CIENTO (45 %) del régimen de rotación correspondiente a la máxima potencia.
- MIL REVOLUCIONES POR MINUTO (1000 r.p.m.).
- La velocidad mínima permitida por el control de marcha lenta.

Los puntos extremos de medición deberán situarse en los extremos de los intervalos definidos arriba y uno de los puntos intermedios debe coincidir, si es posible, con el régimen de máxima potencia.

4.2.2. Para motores Diesel provistos de dispositivos de sobrealimentación de aire que pueden conectarse a voluntad y en los que la entrada en acción de éste implica automáticamente un incremento de combustible inyectado, las determinaciones se harán con y sin sobrealimentación. Para cada régimen de marcha se considerará como resultado de la medición, el mayor de los dos valores obtenidos.

4.3. Condiciones de ensayo.

4.3.1. Vehículo o motor:

4.3.1.1. El motor o el vehículo deberán encontrarse en buen estado mecánico y asentado.

El ensayo se realizará sobre el motor con el equipamiento descrito en las características técnicas declaradas por el fabricante.

4.3.1.2. La regulación y ajuste del motor serán los previstos por el fabricante. Su potencia, medida en el banco dinamométrico, no diferirá de los valores especificados por el fabricante, según se indican a continuación:

Potencia máxima MAS TRES POR CIENTO (+ 3 %) MENOS UNO POR CIENTO (- 1 %).

Potencia de los otros cinco puntos MAS SEIS POR CIENTO (+ 6 %) MENOS DOS POR CIENTO (- 2 %).

4.3.1.3. El sistema de escape no deberá incorporar ningún orificio susceptible de implicar una dilución de los gases de escape. Cuando existan varias salidas, éstas se conectarán a una sola en la cual se harán las mediciones.

4.3.1.4. El motor debe hallarse en las condiciones normales de marcha previstas por su fabricante. En particular el líquido refrigerante y el aceite deben encontrarse a su temperatura normal, según indicación del fabricante.

4.3.2. El combustible usado será de referencia según la especificación adjunta.

4.3.3. Laboratorio de ensayos.

4.3.3.1. En el local de ensayo se medirán la temperatura absoluta en grados KELVIN y la presión atmosférica H en KILOPASCALS y se calculará el factor d con la expresión:

- Para motores de aspiración natural o mecánicamente sobrealimentados:

$$ad = \frac{(99) (T)^{0,7}}{H 298}$$

- Para motores turboalimentados:

$$ad = \frac{(99) (T)^{1,5}}{H 298}$$

4.3.3.2. Para que se reconozca la validez de un ensayo debe cumplirse la expresión:

$$0,98 - < \mu d < 1,02$$

4.3.3.3. Instrumentación: El coeficiente de absorción de luz de los gases de escape se medirá con un opacímetro que cumpla con las características que se adjuntan.

4.4. Valores límites.

4.4.1. Para cada uno de los SEIS (6) regímenes de rotación obtenidos en aplicación del punto 4.2.1. en los que se efectúen mediciones del coeficiente de absorción, se calculará el caudal nominal de gases G en LITROS POR SEGUNDO (l/s) definido por las siguientes expresiones:

- Para motores de DOS (2) tiempos:

$$G = \frac{v \times n}{60}$$

- Para motores de CUATRO (4) tiempos:

$$G = \frac{v \times n}{120}$$

Donde:

v = la cilindrada del motor en DECIMETROS CUBICOS (dm³); y

n = el régimen de rotación en LITROS POR MINUTO (l/min.)

4.4.2. Para cada régimen de rotación, el coeficiente de absorción de los gases de escape debe ser igual o menor que el valor límite establecido en el párrafo 2.2.3. del Artículo 33, de esta reglamentación. Cuando el valor del caudal nominal no figure exactamente en la tabla, el valor límite correspondiente se obtendrá por interpolación entre los que figuran.

5. ENSAYO EN ACELERACION LIBRE.

Habiéndose realizado el ensayo a plena carga y estando el motor en condiciones de ser homologado, se deberá definir el nivel de partículas visibles mediante ensayo de aceleración libre y obtener una referencia de base para evaluar los mismos motores cuando estén en uso.

5.1. PROCEDIMIENTO PARA EQUIPOS DE MEDICION POR FILTRADO:

La medición se hará con el motor a temperatura normal de funcionamiento, prescrita por el fabricante. Si el ensayo debe efectuarse en un vehículo con el motor frío, previamente se efectuará un recorrido que le permita al motor alcanzar la temperatura normal de funcionamiento prevista por el fabricante, debiéndose efectuar la medición en forma inmediata;

5.1.2. La sonda del equipo de medición de humos se fijará de una manera segura en la cola del tubo de escape. Se verificará previamente mediante un disparo a; aire, que no se ennegrezca el filtro por suciedades que el equipo o la sonda pudieran contener en su interior;

5.1.3. El vehículo deberá estar detenido con el motor funcionando en marcha lenta, con el sistema de acelerador libre de toda traba que dificulte o impida su funcionamiento correcto. También se deberá asegurar que la máxima posición del pedal del acelerador corresponda con el máximo caudal de inyección;

5.1.4. Estabilizado el motor unos instantes en su condición de marcha lenta, (es suficiente medio minuto) se accionará el control de aceleración rápidamente, pero sin brusquedad, de modo de obtener la máxima entrega de la bomba de inyección. Esta posición se mantendrá hasta que se obtenga la máxima velocidad del motor y actúe el regulador. Tan pronto como se alcance dicha velocidad, se desaccionará el comando de aceleración hasta que el motor recupere su condición de marcha lenta;

5.1.5. La operación descrita en el inciso 5.1.4. anterior, deberá ser repetida CINCO (5) veces para limpiar el sistema de escape;

5.1.6. A partir de la sexta aceleración se tomarán por lo menos CUATRO (4) lecturas sucesivas. En cada caso el disparador del equipo de medición se accionará un segundo antes de accionar el pedal de acelerador.

5.1.7. Se retirará la tira de papel del instrumento y descartando la primera muestra, se comparará cada una de las siguientes con la escala de Bacharach, verificando que las mismas no difieran entre sí en más de media unidad Bacharach y no formen una secuencia decreciente, caso contrario, deberá repetirse la operación, comenzando por el punto 5.1.5. Una vez obtenidas TRES mediciones sucesivas que cumplan ambas condiciones, se tomará como resultado de la medición la media aritmética de las TRES (3) lecturas.

5.1.8. Se admitirán equipos de medición equivalentes, siempre y cuando su equiparación sea previamente probada y determinada.

5.2. PROCEDIMIENTO PARA EQUIPOS DE MEDICION POR ABSORCION DE LUZ (OPACIMETRO):

5.2.1. La medición se hará estando el motor a la temperatura normal de funcionamiento prescrita por el fabricante. Si el ensayo debe efectuarse en un vehículo con el motor frío, previamente se efectuará un recorrido que permita alcanzar al motor la temperatura normal de funcionamiento prevista por el fabricante, debiéndose efectuar la medición en forma inmediata;

5.2.2. La sonda del equipo de medición de humos se fijará de una manera segura en la cola del tubo de escape;

5.2.3. El vehículo deberá estar detenido con el motor funcionando en marcha lenta, con el sistema acelerador libre de toda traba que dificulte o impida su funcionamiento correcto. También se deberá asegurar que la máxima posición del pedal del acelerador corresponda con el máximo caudal de inyección;

5.2.4. Estabilizado el motor unos instantes en su condición de marcha lenta, (es suficiente medio minuto), se accionará el control de aceleración rápidamente, pero sin brusquedad, de modo de obtener la máxima entrega de la bomba de inyección. Esta posición se mantendrá hasta que se obtenga la máxima velocidad del motor y actúe el regulador. Tan pronto como se alcance dicha velocidad, se desaccionará el comando de aceleración hasta que el motor recupere su condición de marcha lenta;

5.2.5. La operación descrita en el inciso 5.2.4. anterior, deberá ser repetida no menos de SEIS (6) veces para limpiar el sistema de escape;

5.2.6. A partir de la sexta aceleración los valores máximos de opacidad en cada aceleración sucesiva deben ser registrados hasta que se obtengan valores estabilizados. No se tomarán en cuenta los valores entre cada aceleración mientras el motor esté en marcha lenta.

5.2.7. Los valores leídos serán registrados como estabilizados cuando CUATRO (4) de ellos en forma consecutiva, estén situados dentro de un banda de VEINTICINCO CENTESIMAS DE METRO ELEVADO A LA MENOS UNO (0,25 m⁻¹) y no formen una secuencia decreciente. Una vez obtenidas CUATRO (4) mediciones sucesivas que cumplan ambas condiciones, se tomará como resultado de la medición la media aritmética de las CUATRO (4) lecturas.

COMBUSTIBLE DE REFERENCIA PARA ENSAYO DE EMISIONES DE GAS-OIL

CARACTERISTICAS	UNIDAD	METODO	ESPECIFICACION
DENSIDAD a 15 °C	kg/l	D-1298	Mín. 0,835 Máx. 0,845
INDICE DE CETANO	-----	D-976	Mín. 51 y Máx. 57
DESTILACION	°C	D-86	245
50 % evaporado			Mín. 320 - Máx. 340
90 % evaporado			Máx. 370
punto final de destilación			
VISCOSIDAD a 40 °C	mm ² /s	D-445	Mín. 2,5 y Máx. 3,5
AZUFRE	% en masa	D-1266	Mín. 0,20
		D2622	Máx, 0,50
		D-2785	
PUNTO DE INFLAMACION	°C	D-93	Mín. 55
PUNTO DE ESCURRIMIENTO	°C	EN-116	Máx. -5
		IP-309	
CARBON CONRADSON SOBRE RESIDUO	% en masa	D-189	Máx. 0,20
CENIZAS	% en masa	D-482	Máx. 0,01
AGUA	% en masa	D-95	Máx. 0,05
		D-1744	Máx. 0,05

CORROSIVIDAD AL COBRE A 100 °C	D-130		Máx, 1,0
GRADO DE NEUTRALIZACION	mg KOH/g	D-974	Máx. 0,20

Referencia: Especificación del combustible de referencia prescrito para los ensayos de homologación y para el control de la conformidad de la producción Reglamento N° 24 de las Naciones Unidas Anexo 6.

CARACTERISTICAS DE OPACIMETROS

1. OBJETIVO

Este Anexo define las características que deben reunir los opacímetros utilizados en los ensayos para determinar la emisión de partículas visibles en gases de escape de motores Diesel.

2. ESPECIFICACIONES DE BASE

El gas a medir debe estar contenido en un recipiente cuya superficie interna sea no reflectante.

La longitud efectiva del trayecto de los rayos luminosos a través del gas a medir debe ser determinada teniendo en cuenta la influencia posible de los dispositivos de protección de la fuente de luz y la célula fotoeléctrica. Esta longitud efectiva debe estar indicada en el aparato. La indicación del opacímetro debe obtenerse en DOS (2) escalas de medida, una en unidades absolutas de coeficiente de absorción luminosa de CERO (0) a infinito en m^{-1} y la otra lineal de CERO (0) a CIEN (100). Las DOS (2) escalas entienden por CERO (0) el flujo luminoso total y por máximo, la oscuridad total.

3. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

3.1. Generalidades.

El opacímetro debe ser tal que dadas las condiciones de funcionamiento en régimen estable, la cámara de humos debe estar llena de humos de una opacidad uniforme.

3.2. Cámara de humos y cárter del opacímetro.

La luz parásita que recibe la célula fotoeléctrica debido a reflexiones internas o a efectos de difusión, deben ser reducidas al mínimo; por ejemplo, por revestimiento de las superficies internas en negro mate y una disposición general apropiada.

Las características ópticas deben ser tales que, cuando la cámara de humos esté llena con humo, tenga un coeficiente de absorción próximo a UNO CON SIETE DECIMAS DE METRO A LA MENOS UNO ($1,7 m^{-1}$), el efecto combinado de la difusión y la reflexión no exceda la unidad en la escala lineal.

3.3. Fuente luminosa.

Debe estar constituida por una lámpara incandescente cuya temperatura de color esté comprendida entre DOS MIL OCHOCIENTOS y TRES MIL DOSCIENTOS CINCUENTA GRADOS KELVIN (2800 °K y 3250 °K).

3.4. Recepción de luz.

Debe estar constituida por una célula fotoeléctrica cuya curva de respuesta espectral sea semejante a la del ojo humano (máxima respuesta dentro de la banda de QUINIENTOS CINCUENTA a QUINIENTOS SETENTA NANOMETROS (550 a 570 nm), menos de CUATRO POR CIENTO (4 %) de la respuesta máxima debajo de CUATROCIENTOS TREINTA MILIMETROS (430 nm) y encima de SEISCIENTOS OCHENTA NANOMETROS (680 nm)).

La construcción del circuito eléctrico que comprende el indicador de la medición y la corriente de salida de la célula fotoeléctrica deberá ser función lineal de la intensidad de luz recibida en la zona de temperatura de funcionamiento de la célula fotoeléctrica.

3.5. Escala de medición.

El coeficiente de absorción luminosa k debe ser calculado por la fórmula:

$$f = f_0 e^{-kL}$$

donde L es la longitud efectiva de trayecto de los rayos luminosos a través del gas a medir, f_0 el flujo incidente y f el flujo emergente. Cuando la longitud efectiva de un tipo de opacímetro no puede ser adecuado directamente de acuerdo a la geometría del equipo, debe ser determinado por:

- el método de evaluación de L que se verá más adelante,
- comparación con algún tipo de opacímetro donde, sea conocida la longitud efectiva.

La relación entre la escala lineal de CERO (0) a CIEN (100) y el coeficiente de absorción K está dado por la fórmula:

$$K = \frac{1}{L} \log_e \frac{100 - N}{100}$$

donde N representa la lectura de la escala lineal y K el valor correspondiente del coeficiente de absorción. El indicador del opacímetro debe permitir una lectura de un coeficiente de absorción de UN METRO CON SIETE DECIMAS DE METRO A LA MENOS UNO ($1,7 \text{ m}^{-1}$) con una precisión de VEINTICINCO MILESIMAS DE METRO A LA MENOS UNO ($0,025 \text{ m}^{-1}$).

3.6. Calibración y verificación del aparato de medición.

El circuito eléctrico de la célula fotoeléctrica y del indicador debe ser regulable para poder reducir la lectura a CERO (0) cuando el flujo de luz atraviese la cámara de humos lleno de aire limpio o atraviese una cámara de características idénticas.

Con la lámpara apagada y el circuito eléctrico abierto o en cortocircuito, la lectura sobre la escala de los coeficientes de absorción, debe ser infinito y debe mantenerse con el circuito reconectado.

Una verificación intermedia debe ser efectuada con la introducción, dentro de la cámara de humos, de un filtro representativo de un gas con coeficiente de absorción K conocido, comprendido entre UN METRO CON SEIS DECIMAS DE METRO A LA MENOS UNO ($1,6 \text{ m}^{-1}$) y UN METRO CON OCHO DECIMAS DE METRO A LA MENOS UNO ($1,8 \text{ m}^{-1}$). El valor de K debe ser conocido con una precisión de VEINTICINCO MILESIMAS DE METRO A LA MENOS UNO ($0,025 \text{ m}^{-1}$). La verificación consiste en controlar que este valor no difiera en más de CINCO CENTESIMAS DE METRO A LA MENOS UNO ($0,05 \text{ m}^{-1}$) de la lectura sobre el indicador de medición cuando el filtro es introducido entre la fuente luminosa y la célula fotoeléctrica.

3.7. Respuesta del opacímetro.

El tiempo de respuesta del circuito de medición eléctrica será el necesario para que la lectura alcance el NOVENTA POR CIENTO (90 %) de la escala completa cuando una pantalla oscurezca totalmente a la célula fotoeléctrica, el que deberá ser de NUEVE DECIMAS DE SEGUNDO (0,9 s) a UN SEGUNDO CON UNA DECIMA DE SEGUNDO (1,1 s).

El amortiguamiento del circuito eléctrico de medición debe ser tal que el desplazamiento inicial por encima de la lectura final estable, debido a toda variación instantánea del valor de entrada (por ejemplo el filtro de verificación), no sobrepase el CUATRO POR CIENTO (4 %) del valor estable en la unidad de la escala lineal. El tiempo de respuesta del opacímetro debido a fenómenos físicos dentro de la cámara de humos es el que transcurre entre el comienzo de la entrada de gas dentro del aparato de medición hasta la carga completa de la cámara de humo, y no podrá ser mayor a CUATRO DECIMAS DE SEGUNDO (0,4 s).

Estas disposiciones no son aplicables para los opacímetros que son utilizados para mediciones en aceleración libre.

3.8. Presión del gas a medir y presión del aire de barrido. La presión del gas de escape dentro de la cámara de humos no debe diferir en más de SETENTA Y CINCO MILIMETROS (75 mm) de columna de agua que la presión atmosférica.

Las variaciones de presión del gas a medir y del aire de barrido no deben provocar una variación en el coeficiente de absorción mayor a CINCO CENTESIMAS DE METRO A LA MENOS UNO ($0,05 \text{ m}^{-1}$) para un gas a medir correspondiente a un coeficiente de absorción de UNO CON SIETE DECIMAS DE METRO A LA MENOS UNO

($1,7 \text{ m}^{-1}$). El opacómetro debe estar provisto de dispositivos adecuados para medir la presión en la cámara de humo. Los límites de variación de la presión del gas y del aire de barrido dentro de la cámara de humos deben ser indicados por el fabricante del aparato.

3.9. Temperatura del gas a medir.

En todo punto de la cámara de humo, la temperatura del gas en el momento de la medición debe estar situada entre los SETENTA GRADOS CELSIUS ($70 \text{ }^\circ\text{C}$) y la temperatura máxima especificada por el fabricante del opacómetro, de tal manera que las lecturas dentro de esta gama de temperatura no discrepen en más de UNA DECIMA DE METRO A LA MENOS UNO ($0,1 \text{ m}^{-1}$) cuando la cámara este llena de un gas de un coeficiente de absorción de UN METRO CON SIETE DECIMAS DE METRO A LA MENOS UNO ($1,7 \text{ m}^{-1}$).

El opacómetro debe estar provisto de dispositivos adecuados para la medición de la temperatura dentro de la cámara de humos.

4. Longitud efectiva L del opacómetro.

4.1. En algunos tipos de opacómetro, el gas entre la fuente luminosa y la célula fotoeléctrica o entre las partes transparentes que protegen la fuente y la célula fotoeléctrica, no poseen opacidad constante. En tales casos la longitud efectiva L es la de una columna de gas de opacidad uniforme que conduce a la misma absorción de luz que la obtenida cuando el gas atraviesa normalmente el opacómetro.

La longitud efectiva del trayecto de los rayos es obtenida comparando la lectura N del opacómetro funcionando normalmente, con la lectura no obtenida con el opacómetro modificado de forma tal que el gas de ensayo llene una longitud bien definida L_o .

Será necesario tomar lecturas comparativas sucesivas para determinar la corrección a realizarse del desplazamiento del CERO (0).

4.2. Método de evaluación de L.

Los gases de ensayo deben ser gases de escape de opacidad constante o bien, gas absorbentes de una densidad del mismo orden que los de escape.

Se determina con precisión una columna de longitud L_o que pueda ser llenada uniformemente con el gas de ensayo y cuyas bases son sensiblemente perpendiculares a rayos luminosos. Esta longitud L_o debe ser próxima al largo efectivo supuesto del opacómetro.

Se procede a la medición de la temperatura del gas de ensayo dentro de la cámara de humos.

De ser necesario, se puede incorporar un tanque de expansión, de una capacidad suficiente para amortiguar las pulsaciones, de forma compacta dentro de la canalización de toma de muestra y lo más cerca posible de la sonda. También puede instalarse un refrigerador, adición del tanque de expansión y del refrigerador no debe alterar la composición del gas de escape.

El ensayo de determinación de la longitud efectiva consiste en hacer pasar una muestra de gas de ensayo alternativamente a través del opacómetro operando normalmente a través del mismo aparato modificado como se indica mas arriba. Las lecturas del opacómetro deben ser registradas continuamente durante el ensayo con un registrador cuyo tiempo de respuesta sea igual o menor al del opacómetro.

Con el opacómetro funcionando normalmente, la lectura en la escala lineal de opacidad es N y la temperatura media expresada en grados KELVIN es T.

Con la longitud L_o llenada con el mismo gas de ensayo, la lectura en la escala lineal de opacidad es N_o y la temperatura media expresada en grados KELVIN es T_o . La longitud efectiva será:

$$L = L_o \frac{T \log_e (1 - N/100)}{T_o \log_e (1 - N_o/100)}$$

El ensayo será repetido por lo menos con CUATRO (4) gases que den lecturas espaciadas entre VEINTE (20) y OCHENTA (80) en la escala lineal. La longitud efectiva L del opacómetro será la media aritmética de las longitudes efectivas obtenidas con la fórmula anterior para cada gas.