

**CORRECCIÓN DE ERRORES**

**Corrección de errores del Reglamento n° 49 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — Disposiciones uniformes sobre la homologación de motores de encendido por compresión y motores de gas natural (GN), así como de motores de encendido por chispa alimentados con gas licuado de petróleo (GLP) y de vehículos equipados con motores de GN y encendido por compresión y motores de encendido por chispa alimentados con GLP, por lo que respecta a las emisiones contaminantes de los motores**

*(Diario Oficial de la Unión Europea L 375 de 27 de diciembre de 2006)*

El Reglamento n° 49 queda redactado como sigue:

**Reglamento n° 49 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — Disposiciones uniformes sobre la homologación de motores de encendido por compresión y motores de gas natural (GN), así como de motores de encendido por chispa alimentados con gas licuado de petróleo (GLP) y de vehículos equipados con motores de GN y encendido por compresión y motores de encendido por chispa alimentados con GLP, por lo que respecta a las emisiones contaminantes de los motores**

*Revisión 3***Que incluye:**

- la serie 01 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 14 de mayo de 1990
- la serie 02 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 30 de diciembre de 1992
- la corrección de errores 1 de la serie 02 de modificaciones objeto de la notificación del depositario  
C.N.232.1992.TREATIES-32, con fecha de 11 de septiembre de 1992
- la corrección de errores 2 de la serie 02 de modificaciones objeto de la notificación del depositario  
C.N.353.1995.TREATIES-72, con fecha de 13 de noviembre de 1995
- la corrección de errores 1 de la revisión 2 (errata, sólo en inglés)
- el suplemento 1 de la serie 02 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 18 de mayo de 1996
- el suplemento 2 de la serie 02 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 28 de agosto de 1996
- la corrección de errores 1 del suplemento 1 de la serie 02 de modificaciones objeto de la notificación del depositario  
C.N.426.1997.TREATIES-96, con fecha de 21 de noviembre de 1997
- la corrección de errores 2 del suplemento 1 de la serie 02 de modificaciones objeto de la notificación del depositario  
C.N.272.1999.TREATIES-2, con fecha de 12 de abril de 1999
- la corrección de errores 1 del suplemento 2 de la serie 02 de modificaciones objeto de la notificación del depositario  
C.N.271.1999.TREATIES-1, con fecha de 12 de abril de 1999
- la serie 03 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 27 de diciembre de 2001
- la serie 04 de modificaciones, con fecha de entrada en vigor el 31 de enero de 2003

**1. ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El presente Reglamento se aplica a las emisiones de gases y partículas contaminantes de motores de encendido por compresión y de gas natural y de motores de encendido por chispa alimentados con GLP, utilizados para propulsar vehículos de motor diseñados para circular a una velocidad superior a 25 km/h, de las categorías <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> M<sub>1</sub> cuya masa total sea superior a 3,5 toneladas, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> y N<sub>3</sub>.

<sup>(1)</sup> De conformidad con el anexo 7 de la Resolución consolidada sobre la construcción de vehículos (R.E.3), (TRANS/WP.29/78/Rev.1/Amend.2).

<sup>(2)</sup> Los motores utilizados por vehículos eléctricos de las categorías N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> y M<sub>2</sub> no se homologan con arreglo al presente Reglamento, a condición de que estos vehículos se homologuen con arreglo al Reglamento n° 83.

## 2. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A efectos del presente Reglamento, se entenderá por:

- 2.1. «ciclo de ensayo», una secuencia de puntos de ensayo, cada uno de ellos con un régimen y un par determinados, que debe seguir el motor en condiciones estabilizadas (ensayo ESC) o de transición (ensayos ETC y ELR);
- 2.2. «homologación de un motor (familia de motores)», la homologación de un tipo de motor (familia de motores) por lo que respecta a los niveles de emisión de gases y partículas contaminantes;
- 2.3. «motor diésel», un motor que funciona según el principio de encendido por compresión;
- «motor de gas», un motor alimentado con gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP);
- 2.4. «tipo de motor», una categoría de motores que no difieran entre sí en aspectos esenciales como las características definidas en el anexo 1 del presente Reglamento;
- 2.5. «familia de motores», la agrupación por los fabricantes de motores que, por su diseño, tal como se define en el anexo 1, apéndice 2, del presente Reglamento, posean características similares en cuanto a las emisiones de escape; todos los motores de una familia deben respetar los límites de emisiones aplicables;
- 2.6. «motor de referencia», un motor seleccionado dentro de una familia de motores cuyas características en cuanto a emisiones sean representativas de esa familia de motores;
- 2.7. «contaminantes gaseosos», el monóxido de carbono, los hidrocarburos (suponiendo una relación de  $\text{CH}_{1,85}$  para el gasóleo,  $\text{CH}_{2,525}$  para el GLP y una molécula  $\text{CH}_3\text{O}_{0,5}$  para los motores diésel alimentados con etanol), los hidrocarburos no metánicos (suponiendo una relación de  $\text{CH}_{1,85}$  para el gasóleo,  $\text{CH}_{2,525}$  para el GLP y  $\text{CH}_{2,93}$  para el GN), el metano (suponiendo una relación de  $\text{CH}_4$  para el GN) y los óxidos de nitrógeno, estos últimos expresados en equivalente de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ );
- «partículas contaminantes», cualquier material recogido en un medio filtrante especificado tras diluir las emisiones de escape con aire limpio filtrado, para que la temperatura no supere 325 K (52 °C);
- 2.8. «humo», las partículas en suspensión del flujo de escape de un motor diésel que absorban, reflejen o refracten la luz;
- 2.9. «potencia neta», la potencia en kW ECE obtenida en el banco de pruebas en la extremidad del cigüeñal, o equivalente, y medida de acuerdo con el método de medición de la potencia establecido en el Reglamento n° 24.
- 2.10. «potencia máxima declarada ( $P_{\text{max}}$ )», la potencia máxima en kW ECE (potencia neta) declarada por el fabricante en su solicitud de homologación;
- 2.11. «porcentaje de carga», la proporción del par máximo disponible a un régimen del motor determinado;
- 2.12. «ensayo ESC», un ciclo de ensayo compuesto de trece fases en condiciones estabilizadas que deben aplicarse de conformidad con el punto 5.2 del presente Reglamento;
- 2.13. «ensayo ELR», un ciclo de ensayo compuesto de una secuencia de fases de carga a regímenes constantes que deben aplicarse de acuerdo con el punto 5.2 del presente Reglamento;
- 2.14. «ensayo ETC», un ciclo de ensayo compuesto de 1 800 fases de transición segundo a segundo que deben aplicarse de conformidad con el punto 5.2 del presente Reglamento;
- 2.15. «rango de regímenes operativos del motor», el rango de regímenes más frecuentes durante el uso normal del motor, comprendido entre el régimen bajo y el régimen alto, tal como se definen en el anexo 4 del presente Reglamento;

- 2.16. «régimen bajo ( $n_{lo}$ )», el régimen mínimo del motor con el que se alcanza el 50 % de la potencia máxima declarada;
- 2.17. «régimen alto ( $n_{hi}$ )», el régimen máximo del motor con el que se alcanza el 70 % de la potencia máxima declarada;
- 2.18. «régimenes A, B y C», los regímenes de ensayo, dentro del rango de regímenes operativos del motor, que deben utilizarse para los ensayos ESC y ELR, tal como se establece en el anexo 4, apéndice 1, del presente Reglamento;
- 2.19. «zona de control», zona comprendida entre los regímenes del motor A y C y entre un 25 y un 100 % de carga;
- 2.20. «régimen de referencia ( $n_{ref}$ )», el valor del régimen al 100 % que debe utilizarse para desnormalizar los regímenes relativos del ensayo ETC, tal como se establece en el anexo 4, apéndice 2, del presente Reglamento;
- 2.21. «opacímetro», un instrumento diseñado para medir la opacidad de las partículas del humo mediante el principio de extinción de la luz;
- 2.22. «grupo de GN», uno de los dos grupos de gas natural, H o L, tal como se definen en la norma europea EN 437, de noviembre de 1993;
- 2.23. «autoadaptabilidad», cualquier dispositivo del motor que permita mantener constante la relación aire/combustible;
- 2.24. «recalibración», la adaptación precisa de un motor de GN para conseguir el mismo rendimiento (potencia y consumo de combustible) con un gas natural de distinto grupo;
- 2.25. «índice de Wobbe ( $W_l$  inferior o  $W_u$  superior)», la relación del poder calorífico correspondiente de un gas por unidad de volumen y la raíz cuadrada de su densidad relativa en las mismas condiciones de referencia;

$$W = H_{gas} \times \sqrt{\rho_{air} / \rho_{gas}}$$

- 2.26. «factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ )», una expresión que describe la flexibilidad que debe tener el sistema de gestión del motor por lo que respecta a un cambio de la relación  $\lambda$  de exceso de aire si el motor es alimentado con un gas cuya composición es diferente de la del metano puro (véase en el anexo 8 cómo calcular  $S_\lambda$ ).
- 2.27. «VEM», un vehículo ecológico mejorado, esto es, un tipo de vehículo propulsado por un motor que cumple los valores límite de las emisiones que figuran en la fila C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento;
- 2.28. «dispositivo manipulador», un dispositivo que mida o detecte variables de funcionamiento o responda a ellas (por ejemplo, la velocidad del vehículo, el régimen del motor, la marcha utilizada, la temperatura, la presión de admisión o cualquier otro parámetro) con objeto de activar, modular, diferir o desactivar el funcionamiento de cualquier componente o función del sistema de control de emisiones, de manera que se reduzca la eficacia de dicho sistema en las circunstancias de uso normal del vehículo, salvo que la utilización de dicho dispositivo esté incluida básicamente en los procedimientos de ensayo aplicados para la certificación de las emisiones;
- 2.29. «dispositivo de control auxiliar», un sistema, una función o una estrategia de control que, instalado en un motor o vehículo, se utiliza para evitar que el motor o sus accesorios se sometan a condiciones de funcionamiento que puedan ocasionar daños o averías, o para facilitar el arranque del motor; un dispositivo de control auxiliar puede también consistir en una estrategia o medida acerca de la cual se haya demostrado de manera satisfactoria que no es un dispositivo manipulador;
- 2.30. «estrategia irracional de control de emisiones», cualquier estrategia o medida que, en condiciones normales de funcionamiento del vehículo, reduzca la eficacia del sistema de control de emisiones hasta un nivel inferior al esperado en los procedimientos de ensayo aplicables sobre las emisiones.

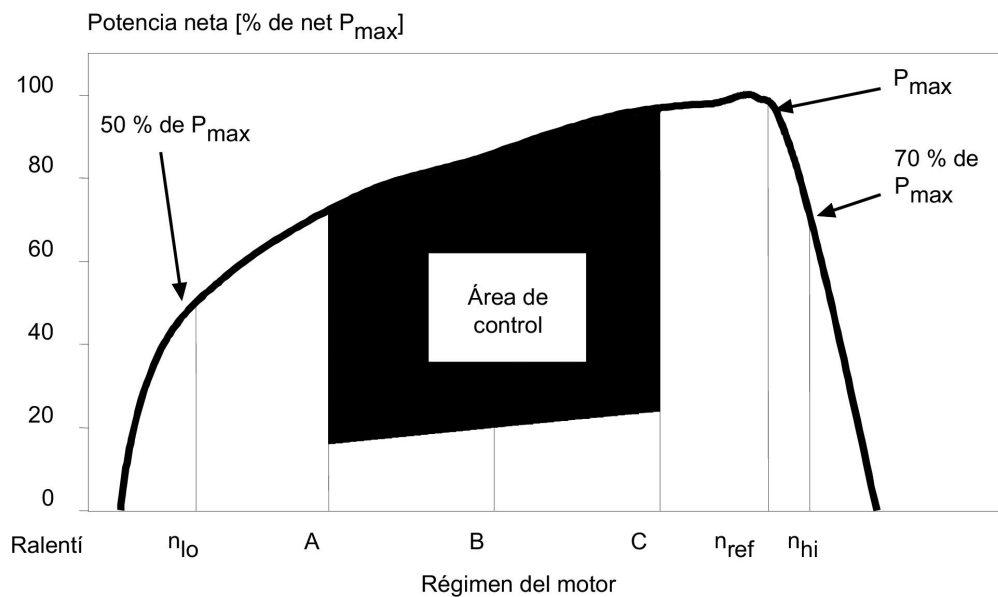


Figura 1: Definiciones específicas de los ciclos de ensayo

### 2.31. Símbolos y abreviaturas

#### 2.31.1. Símbolos de los parámetros de ensayo

Símbolo	Unidad	Significado
$A_p$	$m^2$	Superficie de la sección transversal de la sonda de muestreo isocinética
$A_T$	$m^2$	Superficie de la sección transversal del tubo de escape
$CE_E$	—	Eficacia del etano
$CE_M$	—	Eficacia del metano
C1	—	Hidrocarburo equivalente al carbono 1
conc	ppm/vol.%	Subíndice que indica la concentración
$D_0$	$m^3/s$	Intersección de una función de calibración de la bomba de desplazamiento positivo (PDP)
DF	—	Factor de dilución
D	—	Constante de la función de Bessel
E	—	Constante de la función de Bessel
$E_Z$	g/kWh	Emisión interpolada de $NO_x$ del punto de control
$f_a$	—	Factor atmosférico del laboratorio
$f_c$	$s^{-1}$	Frecuencia de corte del filtro de Bessel
$F_{FH}$	—	Factor específico del combustible para el cálculo de la concentración en base húmeda a partir de la concentración en base seca
$F_S$	—	Factor estequiométrico
$G_{AIRW}$	kg/h	Caudal másico del aire de admisión en base húmeda
$G_{AIRD}$	kg/h	Caudal másico del aire de admisión en base seca
$G_{DILW}$	kg/h	Caudal másico del aire de dilución en base húmeda
$G_{EDFW}$	kg/h	Caudal másico equivalente del gas de escape diluido en base húmeda
$G_{EXHW}$	kg/h	Caudal másico del gas de escape en base húmeda
$G_{FUEL}$	kg/h	Caudal másico del combustible

<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Significado</b>
$G_{TOTW}$	kg/h	Caudal másico del gas de escape diluido en base húmeda
H	MJ/m <sup>3</sup>	Poder calorífico
$H_{REF}$	g/kg	Valor de referencia de la humedad absoluta (10,71 g/kg)
$H_a$	g/kg	Humedad absoluta del aire de admisión
$H_d$	g/kg	Humedad absoluta del aire de dilución
HTCRA	mol/mol	Relación hidrógeno-carbono
I	—	Subíndice que indica una fase determinada
K	—	Constante de Bessel
K	m <sup>-1</sup>	Coefficiente de absorción de la luz
$K_{H,D}$	—	Factor de corrección de la humedad para NO <sub>x</sub> en motores diésel
$K_{H,G}$	—	Factor de corrección de la humedad para NO <sub>x</sub> en motores de gas
$K_V$	—	Función de calibración del venturi de caudal crítico (CFV)
$K_{W,a}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de admisión
$K_{W,d}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de dilución
$K_{W,e}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el gas de escape diluido
$K_{W,r}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el gas de escape bruto
L	%	Porcentaje de par en relación con el par máximo del motor de ensayo
$L_a$	m	Longitud efectiva del camino óptico
M	—	Pendiente de la función de calibración de la PDP
Mass	g/h o g	Subíndice que indica el caudal másico de las emisiones
$M_{DIL}$	kg	Masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de muestreo de partículas
$M_d$	mg	Masa de la muestra de partículas del aire de dilución recogida
$M_f$	mg	Masa de la muestra de partículas recogida
$M_{f,p}$	mg	Masa de la muestra de partículas recogida en el filtro primario
$M_{f,b}$	mg	Masa de la muestra de partículas recogida en el filtro secundario
$M_{SAM}$	kg	Masa de la muestra de gas de escape diluido pasada por los filtros de muestreo de partículas
$M_{SEC}$	kg	Masa del aire de dilución secundario
$M_{TOTW}$	kg	Masa total del muestreo de volumen constante (CVS) durante el ciclo en base húmeda
$M_{TOTW, i}$	kg	Masa instantánea del CVS en base húmeda
N	%	Opacidad
$N_p$	—	Total de revoluciones de la PDP durante el ciclo
$N_{p,i}$	—	Revoluciones de la PDP en un intervalo de tiempo
N	min <sup>-1</sup>	Régimen del motor
$n_p$	s <sup>-1</sup>	Régimen de la PDP
$n_{hi}$	min <sup>-1</sup>	Régimen alto del motor
$n_{lo}$	min <sup>-1</sup>	Régimen bajo del motor

<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Significado</b>
$n_{\text{ref}}$	$\text{min}^{-1}$	Régimen de referencia del motor para el ensayo ETC
$p_a$	kPa	Presión de vapor de saturación del aire de admisión del motor
$p_A$	kPa	Presión absoluta
$p_B$	kPa	Presión atmosférica total
$p_d$	kPa	Presión de vapor de saturación del aire de dilución
$p_s$	kPa	Presión atmosférica seca
$p_1$	kPa	Presión-depresión en la entrada de la bomba
$P(a)$	kW	Potencia absorbida por los accesorios que deben montarse para el ensayo
$P(b)$	kW	Potencia absorbida por los accesorios que deben retirarse para el ensayo
$P(n)$	kW	Potencia neta no corregida
$P(m)$	kW	Potencia medida en el banco de pruebas
$\Omega$	—	Constante de Bessel
$Q_s$	$\text{m}^3/\text{s}$	Caudal del muestreo de volumen constante (CVS)
$q$	—	Relación de dilución
$r$	—	Relación de las áreas de las secciones transversales de la sonda isocinética y del tubo de escape
$R_a$	%	Humedad relativa del aire de admisión
$R_d$	%	Humedad relativa del aire de dilución
$R_f$	—	Factor de respuesta del detector de ionización de llama (FID)
$\rho$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Densidad
$S$	kW	Reglaje del dinamómetro
$S_i$	$\text{m}^{-1}$	Valor del humo instantáneo
$S_\lambda$	—	Factor de desplazamiento $\lambda$
$T$	K	Temperatura absoluta
$T_a$	K	Temperatura absoluta del aire de admisión
$t$	s	Tiempo de medición
$t_e$	s	Tiempo de la respuesta eléctrica
$t_f$	s	Tiempo de respuesta del filtro para la función de Bessel
$t_p$	s	Tiempo de respuesta física
$\Delta t$	s	Intervalo de tiempo entre datos sucesivos del humo (= 1/frecuencia de muestreo)
$\Delta t_i$	s	Intervalo de tiempo para el caudal instantáneo del CFV
$\tau$	%	Transmitancia del humo
$V_0$	$\text{m}^3/\text{rev}$	Caudal volumétrico de la PDP en condiciones reales
$W$	—	Índice de Wobbe
$W_{\text{act}}$	kWh	Trabajo del ciclo efectivo del ensayo ETC
$W_{\text{ref}}$	kWh	Trabajo del ciclo de referencia del ensayo ETC
$WF$	—	Factor de ponderación
$WF_E$	—	Factor de ponderación efectivo
$X_0$	$\text{m}^3/\text{rev}$	Función de calibración del caudal volumétrico de la PDP
$Y_i$	$\text{m}^{-1}$	Valor promediado del humo de Bessel en 1 s

2.31.2. *Símbolos de los compuestos químicos*

CH <sub>4</sub>	Metano
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Etano
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	Etanol
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Propano
CO	Monóxido de carbono
DOP	Ftalato de dioctilo
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
HC	Hidrocarburos
NMHC	Hidrocarburos no metánicos
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
NO	Óxido nítrico
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrógeno
PT	Partículas

2.31.3. *Abreviaturas*

CFV	Venturi de caudal crítico
CLD	Detector quimioluminiscente
ELR	Ensayo europeo de respuesta en carga
ESC	Ciclo europeo en condiciones estabilizadas
ETC	Ciclo europeo de transición
FID	Detector de ionización de llama
GC	Cromatógrafo de gas
HCLD	Detector quimioluminiscente calentado
HFID	Detector de ionización de llama calentado
GLP	Gas licuado de petróleo
NDIR	Analizador de infrarrojo no dispersivo
GN	Gas natural
NMC	Separador de hidrocarburos no metánicos

## 3. SOLICITUD DE HOMOLOGACIÓN

3.1. **Solicitud de homologación de un motor como unidad técnica separada**

3.1.1. La solicitud de homologación de un tipo de motor por lo que respecta al nivel de emisión de gases y partículas contaminantes deberá presentarla el constructor del motor o un representante debidamente acreditado.

3.1.2. La solicitud deberá ir acompañada de los documentos necesarios, por triplicado, e incluir al menos las características esenciales del motor, tal como se especifican en el anexo 1 del presente Reglamento.

3.1.3. Deberá presentarse al servicio técnico encargado de los ensayos de homologación indicados en el apartado 5 un motor que se ajuste a las características del «tipo de motor» descritas en el anexo 1.

3.2. **Solicitud de homologación de un tipo de vehículo por lo que respecta a su motor**

3.2.1. La solicitud de homologación de un tipo de vehículo por lo que respecta a la emisión de gases y partículas contaminantes de su motor deberá presentarla el fabricante del vehículo o un representante debidamente acreditado.

- 3.2.2. La solicitud deberá ir acompañada de los documentos necesarios, por triplicado, e incluirá como mínimo:
- 3.2.2.1. las características esenciales del motor, tal como se especifican en el anexo 1;
- 3.2.2.2. una descripción de los componentes relacionados con el motor, tal como se especifican en el anexo 1;
- 3.2.2.3. una copia del impreso de comunicación de la homologación (anexo 2A) del tipo de motor instalado.

### 3.3. **Solicitud de homologación de un tipo de vehículo con un motor homologado**

- 3.3.1. La solicitud de homologación de un vehículo por lo que respecta a la emisión de gases y partículas contaminantes de su motor o familia de motores diésel homologados y por lo que respecta a los niveles de emisión de contaminantes gaseosos de su motor o familia de motores de gas homologados deberá presentarla el fabricante del vehículo o un representante debidamente acreditado.
- 3.3.2. La solicitud deberá ir acompañada de los documentos necesarios, por triplicado, y de las indicaciones siguientes:
- 3.3.2.1. una descripción del tipo de vehículo y de las partes del vehículo relacionadas con el motor que reúnan las características del anexo 1, cuando se apliquen, y una copia del impreso de comunicación de la homologación (anexo 2A) del motor o de la familia de motores, según proceda, como unidad técnica separada instalada en el tipo de vehículo.

## 4. HOMOLOGACIÓN

### 4.1. **Homologación para combustible universal**

Se concede una homologación para combustible universal si se cumplen las condiciones siguientes:

- 4.1.1. En el caso del gasóleo, si de conformidad con los puntos 3.1, 3.2 o 3.3 del presente Reglamento, el motor o el vehículo cumplen los requisitos de los apartados 5, 6 y 7 sobre el combustible de referencia especificado en el anexo 5 del presente Reglamento, debe concederse la homologación de ese tipo de motor o de vehículo.
- 4.1.2. En el caso del gas natural, el motor de referencia debe demostrar su capacidad de adaptación a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado. Existen básicamente dos tipos de gas natural, el de alto poder calorífico (gas del grupo H) y el de bajo poder calorífico (gas del grupo L), aunque con diferencias significativas en ambos grupos, por ejemplo en cuanto a su contenido energético expresado mediante el índice de Wobbe y a su factor de desplazamiento ( $S_\lambda$ ). Las fórmulas para el cálculo del índice de Wobbe y del  $S_\lambda$  figuran en los puntos 2.25 y 2.26. El gas natural con un factor de desplazamiento  $\lambda$  comprendido entre 0,89 y 1,08 ( $0,89 \leq S_\lambda \leq 1,08$ ) se considera del grupo H, y aquel cuyo factor de desplazamiento  $\lambda$  está comprendido entre 1,08 y 1,19 ( $1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$ ) se considera del grupo L. La composición de los combustibles de referencia refleja las variaciones extremas del  $S_\lambda$ .

El motor de referencia deberá cumplir los requisitos sobre los combustibles de referencia GR (combustible 1) y G25 (combustible 2) del presente Reglamento, tal como se especifican en el anexo 6, sin ajustes en la alimentación de combustible entre los dos ensayos. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará según el procedimiento descrito en el anexo 4, apéndice 2, apartado 3.

- 4.1.2.1. A petición del fabricante, el motor podrá probarse con un tercer combustible (combustible 3) si el factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $S_{\lambda}$ ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el rango inferior del GR) y 1,19 (es decir, el rango superior del G25), por ejemplo, cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.
- 4.1.3. En el caso de motores de gas natural que se autoadaptan, por un lado, al grupo de gases H y, por otro, al grupo de gases L, y que puedan cambiarse del grupo H al grupo L mediante un conmutador, el ensayo del motor de referencia deberá hacerse con el combustible de referencia correspondiente a cada posición del conmutador, tal como se especifica en el anexo 6. Los combustibles son el GR (combustible 1) y el G23 (combustible 3) para el grupo de gases H, y el G25 (combustible 2) y el G23 (combustible 3) para el grupo de gases L. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos del presente Reglamento en ambas posiciones del conmutador, sin reajustar la alimentación entre ambos ensayos en las posiciones respectivas del conmutador. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará según el procedimiento descrito en el anexo 4, apéndice 2, apartado 3.
- 4.1.3.1. A petición del fabricante, el motor podrá someterse a ensayo con un tercer combustible en lugar del G23 (combustible 3) si el factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $S_{\lambda}$ ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el rango inferior del GR) y 1,19 (es decir, el rango superior del G25), por ejemplo, cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.
- 4.1.4. En el caso de los motores de gas natural, la relación «r» de los resultados de las emisiones para cada contaminante se determinará del modo siguiente:

$$r = \frac{\text{resultado de las emisiones con el combustible de referencia 2}}{\text{resultado de las emisiones con el combustible de referencia 1}}$$

o bien

$$r_a = \frac{\text{resultado de las emisiones con el combustible de referencia 2}}{\text{resultado de las emisiones con el combustible de referencia 3}}$$

y

$$r_b = \frac{\text{resultado de las emisiones con el combustible de referencia 1}}{\text{resultado de las emisiones con el combustible de referencia 3}}$$

- 4.1.5. En el caso del GLP, el motor de referencia debe demostrar su capacidad de adaptación a cualquier composición de combustible que pueda existir en el mercado. Existen variaciones en la composición  $C_3/C_4$  del GLP. Estas variaciones se reflejan en los combustibles de referencia. El motor de referencia debe cumplir los requisitos sobre emisiones con los combustibles de referencia A y B, tal como se especifican en el anexo 7, sin ningún ajuste en la alimentación entre ambos ensayos. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará según el procedimiento descrito en el anexo 4, apéndice 2, apartado 3.
- 4.1.5.1. La relación «r» de los resultados de las emisiones para cada contaminante se determinará del modo siguiente:

$$r = \frac{\text{resultado de las emisiones con el combustible de referencia B}}{\text{resultado de las emisiones con el combustible de referencia A}}$$

#### 4.2. **Concesión de una homologación restringida para un grupo de combustibles**

La homologación restringida para un grupo de combustibles se concede si se cumplen las condiciones siguientes:

##### 4.2.1. Homologación de las emisiones de escape de un motor de gas natural diseñado para funcionar con gases del grupo H o con gases del grupo L

El motor de referencia se someterá a ensayo con el combustible de referencia, tal como se especifica en el anexo 6, del grupo en cuestión. Los combustibles son el GR (combustible 1) y el G23 (combustible 3) para el grupo de gases H, y el G25 (combustible 2) y el G23 (combustible 3) para el grupo de gases L. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos del presente Reglamento sin efectuar ningún ajuste de la alimentación entre ambos ensayos. No obstante, se permitirá una fase de adaptación durante un ciclo ETC sin medición después del cambio de combustible. Antes del ensayo, el motor de referencia se rodará según el procedimiento descrito en el anexo 4, apéndice 2, apartado 3.

##### 4.2.1.1. A petición del fabricante, el motor podrá probarse con un tercer combustible en lugar del G23 (combustible 3) si el factor de desplazamiento $\lambda$ ( $S_\lambda$ ) se encuentra entre 0,89 (es decir, el rango inferior del GR) y 1,19 (es decir, el rango superior del G25), por ejemplo, cuando el combustible 3 sea un combustible comercial. Los resultados de este ensayo podrán servir de base para la evaluación de la conformidad de la producción.

##### 4.2.1.2. La relación «r» de los resultados de las emisiones para cada contaminante se determinará del modo siguiente:

$$r = \frac{\text{resultado de la emisión con el combustible de referencia 2}}{\text{resultado de la emisión con el combustible de referencia 1}}$$

o bien

$$r_a = \frac{\text{resultado de la emisión con el combustible de referencia 2}}{\text{resultado de la emisión con el combustible de referencia 3}}$$

y

$$r_b = \frac{\text{resultado de la emisión con el combustible de referencia 1}}{\text{resultado de la emisión con el combustible de referencia 3}}$$

##### 4.2.1.3. Cuando se entregue al cliente, el motor deberá llevar una etiqueta (véase el punto 4.11) que indique para qué grupo de gases está homologado.

##### 4.2.2. Homologación de las emisiones de escape de un motor de gas natural o GLP diseñado para funcionar con una composición de combustible específica.

##### 4.2.2.1. El motor de referencia deberá cumplir los requisitos sobre emisiones con los combustibles de referencia GR y G25 en el caso del gas natural, o los combustibles de referencia A y B en el caso del GLP, tal como se especifican en el anexo 7. Entre los ensayos se autoriza un reglaje del sistema de combustible.

Este reglaje consistirá en una recalibración de la base de datos de la alimentación de combustible, sin alterar la estrategia básica de control ni la estructura fundamental de la base de datos. Si es necesario, se autoriza el cambio de piezas directamente relacionadas con el caudal de combustible (como las boquillas de los inyectores).

##### 4.2.2.2. A petición del fabricante, el motor podrá ensayarse con los combustibles de referencia GR y G23, o bien G25 y G23, en cuyo caso la homologación será válida únicamente para los gases del grupo H o para los gases del grupo L, respectivamente.

##### 4.2.2.3. Cuando se entregue al cliente, el motor deberá llevar una etiqueta (véase el punto 4.11) que indique para qué composición de combustible ha sido calibrado.

HOMOLOGACIÓN DE MOTORES ALIMENTADOS CON GN

	Punto 4.1 Concesión de una homologación para combustible universal	Número de periodos de ensayo	Cálculo de «r»	Punto 4.2 Concesión de una homologación para combustible restringida	Número de periodos de ensayo	Cálculo de «r»
Véase el punto 4.1.2 Motor de GN adaptable a cualquier composición de combustible	GR (1) y G25 (2) a petición del fabricante el motor puede ensayarse con un combustible comercial adicional (3), si $S_{\lambda} = 0,89 - 1,19$	2  (máx. 3)	$r = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 1 (GR)}}$ y, si se ensaya con un <u>combustible adicional</u> $r_a = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 3 (comb. comerc.)}}$ y $r_b = \frac{\text{comb. 1 (GR)}}{\text{comb. 3 (G23 o comb. comerc.)}}$			
Véase el punto 4.1.3 Motor de GN autoadaptable mediante un conmutador	GR (1) y G23 (3) para el grupo H y G25 (2) y G23 (3) para el grupo L a petición del fabricante el motor puede ensayarse con un combustible comercial (3) en lugar del G23, si $S_{\lambda} = 0,89 - 1,19$	2 para el grupo H y 2 para el grupo L en las posiciones respectivas del conmutador  4	$r_b = \frac{\text{comb. 1 (GR)}}{\text{comb. 3 (G23 o comb. comerc.)}}$ y $r_a = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 3 (G23 o comb. comerc.)}}$			
Véase el punto 4.2.1 Motor de GN diseñado para funcionar con gas del grupo H o gas del grupo L				GR (1) y G23 (3) para el grupo H o G25 (2) y G23 (3) para el grupo L a petición del fabricante el motor puede ensayarse con un combustible comercial (3) en lugar del G23, si $S_{\lambda} = 0,89 - 1,19$	2 para el grupo H o 2 para el grupo L  2	$r_b = \frac{\text{comb. 1 (GR)}}{\text{comb. 3 (G23 o comb. comerc.)}}$ para el grupo H o $r_a = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 3 (G23 o comb. comerc.)}}$ para el grupo L

	Punto 4.1 Concesión de una homologación para combustible universal	Número de periodos de ensayo	Cálculo de «r»	Punto 4.2 Concesión de una homologación para combustible restringida	Número de periodos de ensayo	Cálculo de «r»
Véase el punto 4.2.2 Motor de GN diseñado para funcionar con una composición de combustible específica				GR (1) y G25 (2), reglaje permitido entre los ensayos a petición del fabricante el motor podrá ensayarse con GR (1) y G23 (3) para el grupo H o G25 (2) y G23 (3) para el grupo L	2 o 2 para el grupo H o 2 para el grupo L  2	

## HOMOLOGACIÓN DE MOTORES ALIMENTADOS CON GLP

	Punto 4.1 Concesión de una homologación para combustible universal	Número de periodos de ensayo	Cálculo de «r»	Punto 4.2 Concesión de una homologación para combustible restringida	Número de periodos de ensayo	Cálculo de «r»
Véase el punto 4.1.5 Motor de GLP adaptable a cualquier composición de combustible	combustible A y combustible B	2	$r = \frac{\text{comb. B}}{\text{comb. A}}$			
Véase el punto 4.2.2 Motor de GLP diseñado para funcionar con una composición de combustible específica				combustible A y combustible B, reglaje permitido entre los ensayos	2	

### 4.3. Homologación de las emisiones de escape de un motor miembro de una familia

4.3.1. A excepción del caso mencionado en el punto 4.3.2, la homologación de un motor de referencia se hará extensiva a todos los miembros de su familia, sin más ensayos, para cualquier composición de combustible del grupo con el que se haya homologado el citado motor de referencia (en el caso de los motores descritos en el punto 4.2.2) o el mismo grupo de combustibles (en el caso de los motores descritos en los puntos 4.1 o 4.2) con el que se haya homologado el motor de referencia.

#### 4.3.2. Motor de ensayo secundario

En caso de solicitud de homologación de un motor, o de un vehículo en relación con su motor, que pertenezca a una familia de motores, si la autoridad de homologación determina que la solicitud presentada en relación con el motor de referencia no representa plenamente a la familia de motores definida en el presente Reglamento, apéndice 1, ésta podrá seleccionar y someter a ensayo un motor de referencia alternativo o, en su caso, adicional.

4.4. Se asignará un número de homologación a cada tipo homologado, cuyas dos primeras cifras (actualmente 04, correspondientes a la serie 04 de modificaciones) indicarán la serie de modificaciones que incluyen las últimas modificaciones técnicas importantes del Reglamento en el momento de la concesión de la homologación. La misma Parte Contratante no podrá asignar el mismo número a otro tipo de motor o vehículo.

4.5. La homologación, su extensión o denegación, así como el cese definitivo de la producción de un tipo de motor o de vehículo, de acuerdo con el presente Reglamento se comunicará a las Partes Contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento mediante el impreso de comunicación cuyo modelo figura en los anexos 2A o 2B de este último, según proceda. Se comunicarán también los valores medidos durante el ensayo del tipo de motor o de vehículo.

4.6. En cada motor conforme al tipo de motor homologado con arreglo al presente Reglamento se colocará una marca de homologación internacional, de manera visible y en un lugar fácilmente accesible, que consistirá en:

4.6.1. un círculo con la letra «E» en su interior, seguido del número que identifica al país que ha concedido la homologación 3 <sup>(1)</sup>;

4.6.2. el número del presente Reglamento, seguido de la letra «R», un guión y el número de homologación a la derecha del círculo establecido en el punto 4.4.1.

<sup>(1)</sup> 1 para Alemania, 2 para Francia, 3 para Italia, 4 para los Países Bajos, 5 para Suecia, 6 para Bélgica, 7 para Hungría, 8 para Chequia, 9 para España, 10 para Serbia y Montenegro, 11 para el Reino Unido, 12 para Austria, 13 para Luxemburgo, 14 para Suiza, 15 (vacante), 16 para Noruega, 17 para Finlandia, 18 para Dinamarca, 19 para Rumanía, 20 para Polonia, 21 para Portugal, 22 para Rusia, 23 para Grecia, 24 para Irlanda, 25 para Croacia, 26 para Eslovenia, 27 para Eslovaquia, 28 para Belarús, 29 para Estonia, 30 (vacante), 31 para Bosnia y Herzegovina, 32 para Letonia, 33 (vacante), 34 para Bulgaria, 35 (vacante), 36 para Lituania, 37 para Turquía, 38 (vacante), 39 para Azerbaiyán, 40 para la Antigua República Yugoslava de Macedonia, 41 (vacante), 42 para la Comunidad Europea (las homologaciones son concedidas por sus Estados miembros utilizando su símbolo ECE respectivo), 43 para Japón, 44 (vacante), 45 para Australia, 46 para Ucrania, 47 para Sudáfrica, 48 para Nueva Zelanda, 49 para Chipre, 50 para Malta y 51 para la República de Corea. Se asignarán números sucesivos a otros países según el orden cronológico en el que ratifiquen o se adhieran al Acuerdo sobre la adopción de prescripciones técnicas uniformes aplicables a los vehículos de ruedas y los equipos y piezas que puedan montarse o utilizarse en éstos, y sobre las condiciones de reconocimiento recíproco de las homologaciones concedidas conforme a dichas prescripciones. La Secretaría General de las Naciones Unidas comunicará los números asignados a las Partes Contratantes firmantes del Acuerdo.

- 4.6.3. No obstante, la marca de homologación deberá incluir un carácter adicional después de la letra «R» que indique para qué límites de emisión se ha concedido la homologación. En las homologaciones que indican el cumplimiento de los límites de la fila A del (de los) cuadro(s) correspondiente(s) del punto 5.2.1., la letra «R» irá seguida del número romano «I». En las homologaciones que indican el cumplimiento de los límites de la fila B1 del (de los) cuadro(s) correspondiente(s) del punto 5.2.1., la letra «R» irá seguida del número romano «II». En las homologaciones que indican el cumplimiento de los límites de la fila B2 del (de los) cuadro(s) correspondiente(s) del punto 5.2.1., la letra «R» irá seguida del número romano «III». En las homologaciones que indican el cumplimiento de los límites de la fila C del (de los) cuadro(s) correspondiente(s) del punto 5.2.1., la letra «R» irá seguida del número romano «IV».
- 4.6.3.1. Para los motores alimentados con GN, la marca de homologación deberá incluir un sufijo después del símbolo nacional que especifique para qué grupo de gases se ha concedido la homologación. Dicha marca consistirá en lo siguiente:
- 4.6.3.1.1. H en el caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases del grupo H;
- 4.6.3.1.2. L en el caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases del grupo L;
- 4.6.3.1.3. HL en el caso de que el motor se homologue y se calibre para los gases del grupo H y del grupo L;
- 4.6.3.1.4. Ht en el caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica del grupo H y pueda adaptarse a otro gas específico del grupo H mediante un reglaje de la alimentación del motor;
- 4.6.3.1.5. Lt en el caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica del grupo L y pueda adaptarse a otro gas específico del grupo L mediante un reglaje de la alimentación del motor;
- 4.6.3.1.6. HLt en el caso de que el motor se homologue y se calibre para un gas de composición específica del grupo H o del grupo L y pueda adaptarse a otro gas específico del grupo H o del grupo L mediante un reglaje de la alimentación del motor.
- 4.7. Si el vehículo o el motor son conformes a un tipo homologado de acuerdo con uno o varios Reglamentos anexos al Acuerdo en el país que haya concedido la homologación con arreglo al presente Reglamento, no será necesario repetir el símbolo que se establece en el punto 4.6.1. En ese caso, el Reglamento, los números de homologación y los símbolos adicionales de todos los Reglamentos con arreglo a los cuales se ha concedido la homologación de conformidad con el presente Reglamento se indicarán en columnas verticales a la derecha del símbolo indicado en el punto 4.6.1.
- 4.8. La marca de homologación deberá figurar en la placa de datos del vehículo colocada por el fabricante, o cerca de ella.
- 4.9. El anexo 3 del presente Reglamento ofrece ejemplos de disposición de las marcas de homologación.
- 4.10. Además de la marca de homologación, el motor homologado como unidad técnica deberá llevar:
- 4.10.1. la marca registrada o el nombre comercial del fabricante del motor;
- 4.10.2. la descripción comercial del fabricante.

#### 4.11. **Etiquetas**

Los motores alimentados con GN y GLP que hayan sido homologados para un grupo restringido de combustibles deberán llevar las etiquetas siguientes:

##### 4.11.1. *Contenido*

Deberá facilitarse la información siguiente:

En el caso descrito en el punto 4.2.1.3, la etiqueta indicará «PARA USO EXCLUSIVO CON GAS NATURAL DEL GRUPO H». Cuando proceda, «H» se sustituirá por «L».

En el caso descrito en el punto 4.2.2.3, la etiqueta indicará «PARA USO EXCLUSIVO CON LA ESPECIFICACIÓN DE GAS NATURAL...» o «PARA USO EXCLUSIVO CON LA ESPECIFICACIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO...», según proceda. Se indicará toda la información contenida en el (los) cuadro(s) correspondiente(s) de los anexos 6 o 7 junto con los componentes individuales y los límites especificados por el fabricante del motor.

Las letras y las cifras deberán tener una altura mínima de 4 mm.

*Nota:* Si la falta de espacio impide un etiquetado de estas características, podrá utilizarse un código simplificado. En ese caso, cualquier persona que llene el depósito de combustible, o realice tareas de mantenimiento o de reparación del motor y sus accesorios, así como las autoridades competentes deberán poder acceder con facilidad a las notas explicativas que contengan esa información. La localización y el contenido de dichas notas explicativas se determinarán mediante acuerdo entre el fabricante y la autoridad de homologación.

##### 4.11.2. *Propiedades*

Las etiquetas deberán durar toda la vida útil del motor y sus letras y cifras deberán ser claramente legibles e indelebles. Asimismo, deberán fijarse de manera que su modo de fijación dure toda la vida útil del motor, y no se podrán quitar sin que se destruya o se deteriore su superficie.

##### 4.11.3. *Colocación*

Las etiquetas deberán fijarse a una pieza del motor que sea necesaria para su funcionamiento normal y que no deba ser sustituida durante la vida del motor. Estas etiquetas deberán colocarse de tal manera que sean fácilmente visibles para una persona normal una vez que el motor esté completo, con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento.

4.12. En el caso de una solicitud de homologación de un tipo de vehículo en relación con su motor, las indicaciones especificadas en el punto 4.11 deberán colocarse también cerca de la entrada del depósito de combustible.

4.13. En el caso de una solicitud de homologación de un tipo de vehículo con un motor homologado, las marcas especificadas en el punto 4.11 deberán colocarse también cerca de la entrada del depósito de combustible.

## 5. ESPECIFICACIONES Y ENSAYOS

### 5.1. **Generalidades**

#### 5.1.1. *Equipo de control de emisiones*

5.1.1.1. Los componentes que pueden afectar a la emisión de gases y partículas contaminantes de motores diésel y a la emisión de contaminantes gaseosos de motores de gas deberán diseñarse, fabricarse, ensamblarse e instalarse de tal manera que el motor, en condiciones normales de uso, cumpla lo dispuesto en el presente Reglamento.

- 5.1.2. *Funciones del equipo de control de emisiones*
- 5.1.2.1. Se prohíbe el uso de dispositivos manipuladores o de estrategias irracionales de control de emisiones.
- 5.1.2.2. Se podrá instalar un dispositivo de control auxiliar en un motor, o en un vehículo, siempre que dicho dispositivo:
- 5.1.2.2.1. funcione sólo en condiciones distintas de las especificadas en el punto 5.1.2.4, o
- 5.1.2.2.2. sólo se active temporalmente en las condiciones especificadas en el punto 5.1.2.4 con fines tales como la protección del motor o del dispositivo de tratamiento de aire contra posibles daños, la gestión del humo, el arranque en frío o el calentamiento del motor, o
- 5.1.2.2.3. sólo se active mediante señales a bordo con fines tales como la seguridad de funcionamiento o estrategias de funcionamiento en modo degradado.
- 5.1.2.3. Se permitirá un dispositivo, función, sistema o medida de control del motor que funcione en las condiciones especificadas en el punto 5.1.2.4 y que resulte en la utilización de una estrategia de control del motor diferente o modificada respecto a la que se emplea normalmente durante los ciclos de ensayo sobre emisiones aplicables si se demuestra plenamente, de conformidad con los requisitos de los puntos 5.1.3 o 5.1.4, que la medida no reduce la eficacia del sistema de control de emisiones. En todos los demás casos, el dispositivo se considerará un dispositivo manipulador.
- 5.1.2.4. A efectos del punto 5.1.2.2, las condiciones de uso en estado continuo y las condiciones transitorias definidas serán las siguientes:
- i) una altitud no superior a 1 000 metros (o una presión atmosférica equivalente de 90 kPa),
- ii) una temperatura ambiente comprendida entre 283 y 303 K (10-30 °C),
- iii) una temperatura del líquido de refrigeración del motor comprendida entre 343 y 368 K (70-95 °C).
- 5.1.3. *Requisitos especiales para los sistemas electrónicos de control de emisiones*
- 5.1.3.1. *Documentación exigida*

El fabricante deberá presentar documentación sobre el diseño básico del sistema y los medios por los que controla sus variables de salida, independientemente de que ese control sea directo o indirecto.

La mencionada documentación se pondrá a disposición en dos partes:

- a) La documentación oficial, que se enviará al servicio técnico en el momento de la solicitud de homologación, incluirá una descripción completa del sistema. Dicha documentación podrá ser breve, siempre que demuestre que se han identificado todos los resultados permitidos por una matriz obtenida a partir del margen de control de los datos de entrada de cada unidad. Esta información deberá adjuntarse a la documentación exigida en el apartado 3 del presente Reglamento.
- b) Documentación adicional que indique los parámetros que modifica cualquier dispositivo de control auxiliar y las condiciones límite en que funciona el dispositivo. El material suplementario incluirá una descripción de la lógica de control del sistema de combustible, estrategias de temporización y puntos de conmutación durante todas las fases de funcionamiento.

La documentación adicional incluirá también una justificación del uso de cualquier dispositivo de control auxiliar así como material y datos de ensayo que demuestren el efecto sobre las emisiones de escape de cualquier dispositivo de control auxiliar instalado en el motor o en el vehículo.

Dicha documentación adicional será estrictamente confidencial y permanecerá en poder del fabricante, pero podrá ser objeto de inspección en el momento de la homologación o en cualquier otro momento de vigencia de la homologación.

- 5.1.4. Para comprobar si una estrategia o medida debe considerarse un dispositivo manipulador o una estrategia irracional de control de emisiones con arreglo a las definiciones de los puntos 2.28 y 2.30, la autoridad de homologación o el servicio técnico podrán pedir también un ensayo de control de  $\text{NO}_x$  mediante un ensayo ETC que podrá realizarse en combinación con el ensayo de homologación o los procedimientos de control de la conformidad de la producción.
- 5.1.4.1. Como alternativa a los requisitos del apéndice 4 del anexo 4 del presente Reglamento, la muestra de emisiones de  $\text{NO}_x$  durante el ensayo de control ETC podrá obtenerse a partir del gas de escape bruto, y se aplicarán las prescripciones técnicas de la norma ISO FDIS 16 183, de 15 de septiembre de 2001.
- 5.1.4.2. Al verificar si una estrategia o medida debe considerarse un dispositivo manipulador o una estrategia irracional de control de emisiones de acuerdo con las definiciones de los puntos 2.28 y 2.30, se aceptará un margen adicional del 10 %, respecto al valor límite de  $\text{NO}_x$  adecuado.
- 5.2. Para la homologación respecto a los límites de la fila A de los cuadros del punto 5.2.1, las emisiones deberán determinarse en ensayos ESC y ELR en el caso de motores diésel convencionales, con inclusión de aquellos que dispongan de equipos electrónicos de inyección de combustible, de recirculación de los gases de escape (EGR) o de catalizadores de oxidación. Los motores diésel que dispongan de sistemas avanzados de postratamiento del gas de escape, incluidos los catalizadores de eliminación de  $\text{NO}_x$  y los filtros de partículas, deberán someterse además al ensayo ETC.

Para los ensayos de homologación respecto a los límites de las filas B1 o B2 o de la fila C de los cuadros del punto 5.2.1, las emisiones deberán determinarse mediante ensayos ESC, ELR y ETC.

En el caso de motores de gas, las emisiones gaseosas se determinarán mediante el ensayo ETC.

Los procedimientos de ensayo ESC y ELR se describen en el anexo 4, apéndice 1, y el procedimiento de ensayo ETC, en el anexo 4, apéndices 2 y 3.

Las emisiones de gases y partículas contaminantes del motor sometido a ensayo deben medirse, si procede, mediante el método descrito en el anexo 4. En el apéndice 4 de dicho anexo se describen los sistemas analíticos recomendados para los gases y las partículas contaminantes, así como los sistemas de muestreo de partículas recomendados. El servicio técnico podrá aceptar otros sistemas o analizadores si se constata que ofrecen resultados equivalentes. Para un solo laboratorio, se considera que hay equivalencia cuando los resultados de un ensayo no difieren en  $\pm 5\%$  de los resultados de ensayo de uno de los sistemas de referencia descritos en el presente Reglamento. Para las emisiones de partículas, el único sistema de referencia reconocido es el sistema de dilución de flujo total. Para introducir un nuevo sistema en el Reglamento, la determinación de la equivalencia deberá basarse en el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad mediante un ensayo interlaboratorios, tal como se describe en la norma ISO 5725.

#### 5.2.1. *Valores límite*

Las masas específicas del monóxido de carbono, de los hidrocarburos totales, de los óxidos de nitrógeno y de las partículas, determinadas en el ensayo ESC, y la opacidad del humo, determinada en el ensayo ELR, no podrán superar los valores indicados en el cuadro 1.

Para los motores diésel sometidos además al ensayo ETC y, de manera particular, para los motores de gas, las masas específicas del monóxido de carbono, de los hidrocarburos no metánicos, del metano (si procede), de los óxidos de nitrógeno y de las partículas (si procede) no podrán superar los valores que figuran en el cuadro 2.

Cuadro 1

## Valores límite en los ensayos ESC y ELR

Fila	Masa del monóxido de carbono (CO) g/kWh	Masa de los hidrocarburos (HC) g/kWh	Masa de los óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) g/kWh	Masa de las partículas (PT) g/kWh	Humo m <sup>-1</sup>
A (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10 0,13 <sup>(a)</sup>	0,8
B1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
B2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
C (VEM)	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

<sup>(a)</sup> Para los motores con un volumen de desplazamiento inferior a 0,75 dm<sup>3</sup> por cilindro y un régimen de potencia nominal superior a 3 000 min<sup>-1</sup>.

Cuadro 2

Valores límite en los ensayos ETC <sup>(b)</sup>

Fila	Masa del monóxido de carbono (CO) g/kWh	Masa de los hidrocarburos no metánicos (NMHC) g/kWh	Masa del metano (CH <sub>4</sub> ) <sup>(c)</sup> g/kWh	Masa de los óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) g/kWh	Masa de las partículas (PT) <sup>(d)</sup> g/kWh
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16 0,21 <sup>(a)</sup>
B1 (2005)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
B2 (2008)	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
C (VEM)	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02

<sup>(a)</sup> Para los motores con un volumen de desplazamiento inferior a 0,75 dm<sup>3</sup> por cilindro y un régimen de potencia nominal superior a 3 000 min<sup>-1</sup>.

<sup>(b)</sup> Las condiciones para verificar la aceptabilidad de los ensayos ETC (véase el anexo 4, apéndice 2, punto 3.9) al medir las emisiones de los motores alimentados con gas frente a los valores límite aplicables en la fila A deberán reexaminarse y, cuando sea necesario, modificarse de acuerdo con el procedimiento establecido en la Resolución consolidada R.E.3.

<sup>(c)</sup> Para los motores de GN exclusivamente.

<sup>(d)</sup> No es aplicable a los motores alimentados con gas en la fase A ni en las fases B1 y B2.

## 5.2.2. Medición de los hidrocarburos para los motores diésel y de gas

5.2.2.1. El fabricante podrá optar por medir la masa de los hidrocarburos totales (THC) en el ensayo ETC en lugar de medir la masa de los hidrocarburos no metánicos. En ese caso, el límite de la masa de los hidrocarburos totales será el de la masa de los hidrocarburos no metánicos que figura en el cuadro 2.

## 5.2.3. Requisitos específicos para los motores diésel

5.2.3.1. La masa específica de los óxidos de nitrógeno medida en los puntos de control aleatorio dentro de la zona de control del ensayo ESC no deberá superar en más de un 10 % los valores interpolados a partir de las fases de ensayo adyacentes (véase el anexo 4, apéndice 1, puntos 4.6.2 y 4.6.3).

5.2.3.2. El valor del humo medido a un régimen aleatorio en el ensayo ELR no deberá superar en más de un 20 % el valor máximo del humo de los dos regímenes adyacentes, o en más de un 5 % el valor límite, si éste es superior.

6. INSTALACIÓN EN EL VEHÍCULO
  - 6.1. La instalación del motor en el vehículo deberá reunir las características siguientes por lo que respecta a la homologación del tipo de motor:
    - 6.1.1. la depresión de admisión no deberá sobrepasar la especificada en el anexo 2A para el tipo de motor homologado;
    - 6.1.2. la contrapresión del escape no deberá sobrepasar la especificada en el anexo 2A para el tipo de motor homologado;
    - 6.1.3. la potencia absorbida por los accesorios necesarios para el funcionamiento del motor no deberá sobrepasar la especificada en el anexo 2A para el tipo de motor homologado.

## 7. FAMILIA DE MOTORES

### 7.1. **Parámetros que definen una familia de motores**

La familia de motores, determinada por el fabricante del motor, puede definirse mediante las características básicas que deben tener en común los motores de dicha familia. En algunos casos puede producirse una interacción de parámetros. Estos efectos también deben tenerse en cuenta para garantizar que en una familia sólo se incluyan motores con características similares en cuanto a emisiones de escape.

Para que dos motores puedan considerarse de la misma familia, deben tener en común los parámetros básicos siguientes:

- 7.1.1. Ciclo de combustión:
  - ciclo de dos tiempos
  - ciclo de cuatro tiempos
- 7.1.2. Medio de refrigeración:
  - aire
  - agua
  - aceite
- 7.1.3. Para los motores de gas y los motores con postratamiento:
  - número de cilindros

(podrán considerarse de la misma familia otros motores diésel con menos cilindros que el motor de referencia a condición de que el sistema de alimentación de combustible mida el combustible para cada cilindro).
- 7.1.4. Desplazamiento de cada cilindro:
  - los motores deben encontrarse dentro de un margen del 15 %.
- 7.1.5. Método de aspiración del aire:
  - atmosférica
  - sobrealimentación
  - sobrealimentación con sistema de refrigeración del aire de admisión

- 7.1.6. Tipo/diseño de la cámara de combustión:
  - precámara
  - cámara de turbulencia
  - cámara abierta
- 7.1.7. Válvulas y orificios - configuración, tamaño y número:
  - cabeza del cilindro
  - pared del cilindro
  - cárter
- 7.1.8. Sistema de inyección del combustible (motores diésel):
  - bomba-conducto-inyector
  - bomba en línea
  - bomba de distribución
  - elemento único
  - inyector unitario
- 7.1.9. Sistema de alimentación de combustible (motores de gas):
  - mezclador
  - inducción/inyección de gas (monopunto, multipunto)
  - inyección de líquido (monopunto, multipunto)
- 7.1.10. Sistema de encendido (motores de gas):
- 7.1.11. Características diversas:
  - recirculación del gas de escape
  - inyección/emulsión de agua
  - inyección de aire secundaria
  - sistema de refrigeración del aire de admisión
- 7.1.12. Postratamiento de las emisiones de escape:
  - catalizador de tres vías
  - catalizador de oxidación
  - catalizador de reducción
  - reactor térmico
  - filtro de partículas.

## 7.2. Elección del motor de referencia

### 7.2.1. Motores diésel

El principal criterio de selección del motor de referencia de la familia será tener el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen de par máximo declarado. En caso de que dos o más motores cumplan ese criterio principal, se seleccionará como motor de referencia aquel que cumpla el criterio secundario, a saber, tener el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen nominal. En determinadas circunstancias, la autoridad de homologación podrá determinar que la mejor manera de caracterizar el caso más desfavorable de la familia en cuanto a emisiones es someter a ensayo un segundo motor. En consecuencia, la autoridad de homologación podrá seleccionar otro motor para someterlo a ensayo, en función de características que indiquen que puede tener el nivel de emisiones más elevado de los motores de esa familia.

Si otros motores de la familia poseen otras características variables que pudieran afectar a las emisiones de escape, dichas características también deberán determinarse y tomarse en consideración para la selección del motor de referencia.

### 7.2.2. Motores de gas

El principal criterio de selección del motor de referencia de la familia será tener el mayor desplazamiento. En el caso de que dos o más motores cumplan este criterio principal, el motor de referencia se seleccionará en función de los criterios secundarios, según el orden siguiente:

- el mayor suministro de combustible por carrera del pistón al régimen de la potencia nominal declarada;
- el reglaje de chispa más avanzado;
- el caudal de recirculación del gas de escape más bajo;
- la ausencia de bomba de aire o la presencia de la bomba con el caudal de aire efectivo más bajo.

En determinadas circunstancias, la autoridad de homologación podrá considerar que la mejor manera de caracterizar el caso más desfavorable de la familia en cuanto a emisiones es someter a ensayo un segundo motor. En consecuencia, la autoridad de homologación podrá seleccionar otro motor para someterlo a ensayo, en función de características que indiquen que puede tener el nivel de emisiones más elevado de los motores de esa familia.

## 8. CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Los procedimientos de conformidad de la producción se ajustarán a los establecidos en el Acuerdo, apéndice 2 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2), en las condiciones siguientes:

- 8.1. Todo motor o vehículo que lleve una marca de homologación tal como establece el presente Reglamento se fabricará de manera que sea conforme al tipo homologado por lo que respecta a la descripción que figura en el formulario de homologación y sus anexos.
- 8.2. Por norma general, la conformidad de la producción respecto a la limitación de las emisiones se controlará en función de la descripción que figura en el impreso de comunicación y sus anexos.
- 8.3. Si es preciso medir las emisiones de contaminantes y se ha extendido una o varias veces la homologación de un motor, los ensayos se efectuarán en el motor o los motores descritos en el expediente informativo correspondiente a la extensión en cuestión.
  - 8.3.1. Conformidad del motor sujeta a un ensayo de contaminación:

Después de la presentación del motor a las autoridades, el fabricante no deberá efectuar ningún ajuste en los motores seleccionados.

8.3.1.1. Se eligen al azar tres motores de la serie. Los motores sujetos únicamente a los ensayos ESC y ELR o únicamente al ensayo ETC para la homologación en función de la fila A de los cuadros que figuran en el punto 5.2.1 estarán sujetos a los ensayos aplicables para el control de la conformidad de la producción. Con el acuerdo de las autoridades, todos los demás motores homologados en función de las filas A, B1, B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 estarán sujetos a los ensayos ESC y ELR, o ETC para controlar la conformidad de la producción. Los valores límite figuran en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

8.3.1.2. Los ensayos se efectuarán de conformidad con el apéndice 1 del presente Reglamento, si la autoridad competente está satisfecha con la desviación típica de la producción que da el fabricante.

Los ensayos se realizarán de conformidad con el apéndice 2 del presente Reglamento, si la autoridad competente no está satisfecha con la desviación típica de la producción que da el fabricante.

A petición del fabricante, los ensayos podrán efectuarse con arreglo a lo dispuesto en el apéndice 3 del presente Reglamento.

8.3.1.3. Tras someter el motor a un ensayo por muestreo, la producción de una serie se considera conforme si se adopta una decisión de aprobado para todos los contaminantes y no conforme si se adopta una decisión de suspenso para un contaminante, de acuerdo con los criterios de ensayo previstos en el apéndice correspondiente.

Si se ha adoptado una decisión de aprobado para un contaminante, dicha decisión no podrá modificarse a raíz de un ensayo adicional destinado a adoptar una decisión respecto a otros contaminantes.

Si no se adopta una decisión de aprobado para todos los contaminantes y no se adopta una decisión de suspenso para ningún contaminante, se efectuará un ensayo con otro motor (véase la figura 2).

Si no se adopta ninguna decisión, el fabricante puede decidir la interrupción de los ensayos en cualquier momento. En ese caso, se registrará una decisión de suspenso.

8.3.2. Los ensayos se efectuarán con motores recién fabricados. Los motores alimentados con gas se rodarán mediante el procedimiento definido en el anexo 4, apéndice 2, apartado 3.

8.3.2.1. No obstante, a petición del fabricante, los ensayos podrán efectuarse con motores diésel o de gas que se hayan rodado durante un periodo superior al indicado en el punto 8.4.2.2, hasta un máximo de cien horas. En este caso, será el fabricante quien se encargue del rodaje, comprometiéndose a no efectuar ningún ajuste en dichos motores.

8.3.2.2. Si el fabricante solicita un procedimiento de rodaje de acuerdo con el punto 8.4.2.2.1, podrá aplicarse:

— a todos los motores que se sometan a ensayo,

o bien

— al primer motor sometido a ensayo, determinando un coeficiente de evolución de la manera siguiente:

— las emisiones contaminantes se medirán a cero horas y a «x» horas en el primer motor sometido a ensayo,

- se calculará, para cada contaminante, el coeficiente de evolución de las emisiones entre cero y «x» horas:

$$\frac{\text{emisiones a x horas}}{\text{emisiones a cero horas}}$$

El resultado podrá ser inferior a uno.

Los motores sucesivos que se sometan a ensayo no estarán sujetos al procedimiento de rodaje, pero sus emisiones a cero horas se modificarán en función del coeficiente de evolución.

En este caso, se adoptarán los valores siguientes:

- para el primer motor, los valores a «x» horas,
- para los demás motores, los valores a cero horas, multiplicados por el coeficiente de evolución.

8.3.2.3 Para los motores de gasóleo y los motores alimentados con GLP, todos los ensayos podrán realizarse con combustible comercial. No obstante, a petición del fabricante, podrán utilizarse los combustibles de referencia descritos en el anexo 5 o el anexo 7. Ello implica que se realicen los ensayos descritos en el apartado 4 del presente Reglamento con al menos dos de los combustibles de referencia para cada motor de gas.

8.3.2.4 En el caso de los motores alimentados con GN, todos estos ensayos podrán efectuarse con combustible comercial del modo siguiente:

- i) para los motores que lleven la marca H, con un combustible comercial perteneciente al grupo H ( $0,89 \leq S_{\lambda} \leq 1,00$ ),
- ii) para los motores que lleven la marca L, con un combustible comercial perteneciente al grupo L ( $1,00 \leq S_{\lambda} \leq 1,19$ ),
- iii) para los motores que lleven la marca HL, con un combustible comercial perteneciente al rango extremo del factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $0,89 \leq S_{\lambda} \leq 1,19$ ).

No obstante, a petición del fabricante, podrán utilizarse los combustibles de referencia descritos en el anexo 6. Ello implica la realización de ensayos, tal como se describe en el apartado 4 del presente Reglamento.

8.3.2.5 En caso de desacuerdo a causa de la no conformidad de motores alimentados con gas al utilizar un combustible comercial, los ensayos se efectuarán con un combustible de referencia utilizado en el ensayo del motor de referencia, o con el combustible adicional 3 contemplado en los puntos 4.1.3.1 y 4.2.1.1, que ha podido utilizarse en el ensayo del motor de referencia. A continuación, el resultado deberá convertirse mediante un cálculo con el (los) factor(es) adecuado(s) «r», «ra» o «rb», tal como se describen en los puntos 4.1.3.2, 4.1.5.1 y 4.2.1.2. Si r, ra o rb son inferiores a 1, no deberá hacerse ninguna corrección. Los resultados medidos y los resultados calculados deberán demostrar que el motor cumple los valores límite con todos los combustibles adecuados (combustibles 1, 2 y, si se aplica, 3 en el caso de los motores de gas natural, y combustibles A y B en el caso de los motores de GLP).

8.3.2.6 Los ensayos de conformidad de la producción de un motor alimentado con gas preparado para funcionar con una composición de combustible específica se efectuarán con el combustible para el que se haya calibrado el motor.

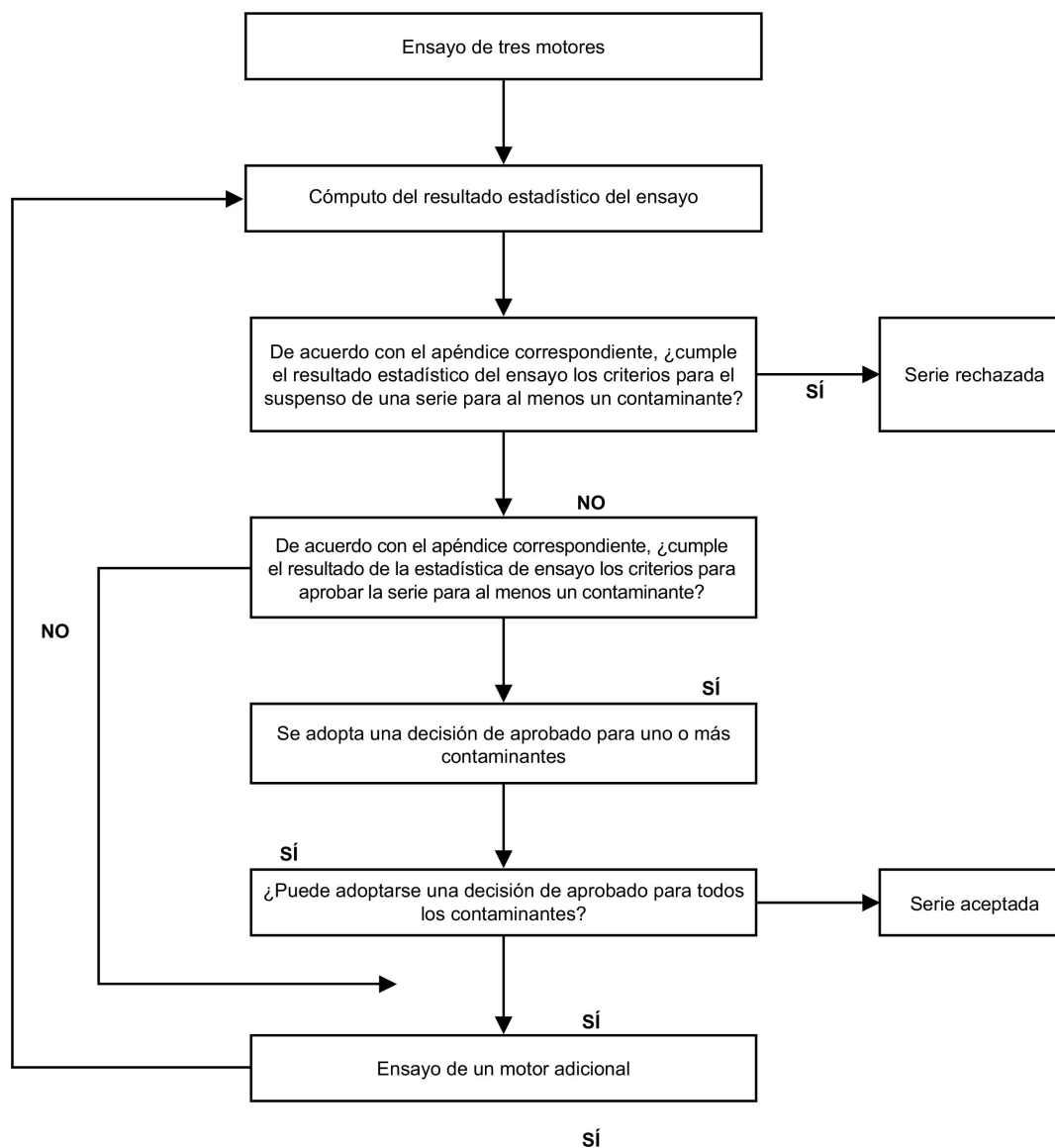


Figura 2: Esquema del ensayo de la conformidad de la producción

## 9. SANCIONES POR NO CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

- 9.1. La homologación concedida a un tipo de motor o de vehículo con arreglo al presente Reglamento podrá retirarse si no se cumplen los requisitos establecidos en el punto 8.1 o si los motores o vehículos elegidos no superan los ensayos que se establecen en el punto 8.3.
- 9.2. Si una Parte Contratante del Acuerdo de 1958 que aplique el presente Reglamento retira una homologación que había concedido previamente, informará de ello inmediatamente a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento mediante un impreso de comunicación conforme al modelo que figura en el anexo 2A o 2B del presente Reglamento.

10. MODIFICACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN DEL TIPO HOMOLOGADO
  - 10.1. Toda modificación del tipo homologado deberá notificarse al servicio administrativo que lo homologó. Dicho servicio podrá entonces optar por:
    - 10.1.1. considerar que no es probable que las modificaciones realizadas tengan efectos adversos apreciables y que, en cualquier caso, el tipo modificado sigue cumpliendo los requisitos; o bien
    - 10.1.2. solicitar un nuevo informe de ensayo al servicio técnico responsable de la realización de los ensayos.
  - 10.2. La confirmación o denegación de la homologación se comunicará a las Partes Contratantes del Acuerdo que apliquen el presente Reglamento, especificando las modificaciones, mediante el procedimiento indicado en el punto 4.5.
  - 10.3. La autoridad competente que expida la extensión de la homologación asignará un número de serie a dicha extensión e informará de ello a las demás Partes Contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento, por medio de un impreso de comunicación conforme al modelo del anexo 2A o 2B del presente Reglamento.

## 11. CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

Cuando el titular de una homologación cese completamente de fabricar un tipo homologado con arreglo al presente Reglamento, informará de ello a la autoridad que haya concedido la homologación. Una vez recibida la comunicación pertinente, dicha autoridad informará al respecto a las demás Partes Contratantes del Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento mediante un impreso de comunicación conforme al modelo del anexo 2A o 2B del presente Reglamento.

## 12. DISPOSICIONES TRANSITORIAS

### 12.1. Generalidades

- 12.1.1. A partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 04 de modificaciones, ninguna Parte Contratante que aplique el presente Reglamento denegará la concesión de homologaciones CEPE con arreglo al presente Reglamento modificado por la serie 04 de modificaciones.
- 12.1.2. A partir de la fecha de entrada en vigor de la serie 04 de modificaciones, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento deberán conceder homologaciones CEPE únicamente si el motor cumple los requisitos del presente Reglamento modificado por la serie 04 de modificaciones.

El motor deberá someterse a los ensayos aplicables que se establecen en el punto 5.2 del presente Reglamento y, de conformidad con los puntos 12.2.1, 12.2.2 y 12.2.3 siguientes, deberá satisfacer los límites de emisiones aplicables que se detallan en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

### 12.2. Nuevas homologaciones

- 12.2.1. De acuerdo con las disposiciones del punto 12.4.1, a partir de la fecha de entrada en vigor de la serie 04 de modificaciones del presente Reglamento, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento sólo deberán conceder homologaciones CEPE a los motores que satisfagan los límites de emisiones aplicables de las filas A, B1, B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.
- 12.2.2. De acuerdo con las disposiciones del punto 12.4.1, a partir del 1 de octubre de 2005, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento sólo deben conceder homologaciones CEPE a los motores que satisfagan los límites de emisiones aplicables de las filas B1, B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.

- 12.2.3. De acuerdo con las disposiciones del punto 12.4.1, a partir del 1 de octubre de 2008, las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento sólo deben conceder homologaciones CEPE a los motores que satisfagan los límites de emisiones aplicables de las filas B2 o C de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.

### 12.3. Límite de validez de las antiguas homologaciones

- 12.3.1. Con excepción de las disposiciones de los puntos 12.3.2 y 12.3.3, a partir de la fecha oficial de entrada en vigor de la serie 04 de modificaciones, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 03 de modificaciones, salvo si la Parte Contratante que concedió la homologación notifica a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento que el tipo de motor homologado cumple los requisitos del presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, de conformidad con el punto 12.2.1 anterior.

#### 12.3.2. Extensión de homologación

- 12.3.2.1. Los puntos 12.3.2.2 y 12.3.2.3 siguientes sólo se aplicarán a los nuevos motores de encendido por compresión y los nuevos vehículos propulsados por motores de encendido por compresión homologados de acuerdo con los requisitos de la fila A de los cuadros del punto 5.2.1 del presente Reglamento.

- 12.3.2.2. Como alternativa a los puntos 5.1.3 y 5.1.4, el fabricante podrá presentar al servicio técnico los resultados de un ensayo de control de NO<sub>x</sub> mediante ETC con un motor conforme a las características del motor de referencia descrito en el anexo 1 y teniendo en cuenta lo dispuesto en los puntos 5.1.4.1 y 5.1.4.2. El fabricante facilitará asimismo una declaración escrita de que el motor no consta de ningún dispositivo manipulador ni estrategia irracional de control de emisiones, tal como se definen en el apartado 2 del presente Reglamento.

- 12.3.2.3. El fabricante deberá presentar asimismo una declaración escrita de que los resultados del ensayo de control de NO<sub>x</sub> y la declaración sobre el motor de referencia, tal como se contempla en el punto 5.1.4, son también aplicables a todos los tipos de motor de la familia de motores descrita en el anexo 1.

#### 12.3.3. Motores de gas

A partir del 1 de octubre de 2003, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas a motores de gas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 03 de modificaciones, salvo que la Parte Contratante que concedió la homologación notifique a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento que el tipo de motor homologado cumple los requisitos del presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, de conformidad con el punto 12.2.1 anterior.

- 12.3.4. A partir del 1 de octubre de 2006, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, salvo que la Parte Contratante que concedió la homologación notifique a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento que el tipo de motor homologado cumple los requisitos del presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, de conformidad con el punto 12.2.2 anterior.

- 12.3.5. A partir del 1 de octubre de 2009, dejarán de ser válidas las homologaciones concedidas con arreglo al presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, salvo que la Parte Contratante que concedió la homologación notifique a las demás Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento que el tipo de motor homologado cumple los requisitos del presente Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, de conformidad con el punto 12.2.3 anterior.

### 12.4. Piezas de recambio para vehículos en circulación

- 12.4.1. Las Partes Contratantes que apliquen el presente Reglamento pueden seguir homologando los motores que cumplan los requisitos de dicho Reglamento, modificado por anteriores series de modificaciones, o cualquier nivel del Reglamento, modificado por la serie 04 de modificaciones, a condición de que se trate de un motor de recambio para un vehículo en circulación al que se aplicaba esa normativa anterior en el momento de su puesta en circulación.

13. NOMBRES Y DIRECCIONES DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS RESPONSABLES DE LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

Las Partes en el Acuerdo de 1958 que apliquen el presente Reglamento comunicarán a la Secretaría General de las Naciones Unidas los nombres y las direcciones de los servicios técnicos responsables de la realización de los ensayos de homologación y de los servicios administrativos que conceden la homologación y a los cuales deben remitirse los formularios de certificación de la concesión, extensión, retirada o denegación de la homologación expedidos en otros países.

---

## Apéndice 1

## PROCEDIMIENTO PARA VERIFICAR LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN CUANDO LA DESVIACIÓN TÍPICA ES SATISFACTORIA

1. El presente apéndice describe el procedimiento que debe utilizarse para verificar la conformidad de la producción por lo que respecta a las emisiones de contaminantes cuando la desviación típica de la producción del fabricante es satisfactoria.
2. Con una muestra mínima de tres motores, el procedimiento de muestreo se configura para que la probabilidad de que un lote supere el ensayo con un 40 % de motores defectuosos sea de 0,95 (riesgo del fabricante = 5 %), mientras que la probabilidad de que se acepte un lote con un 65 % de motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).
3. Se utilizará el procedimiento siguiente para cada uno de los contaminantes mencionados en el punto 5.2.1 del Reglamento (véase la figura 2):

Se considerará que:

- L = el logaritmo natural del valor límite del contaminante;
- $x_i$  = el logaritmo natural del valor medido del motor  $i$  de la muestra;
- $s$  = una estimación de la desviación típica de la producción (después de restar el logaritmo natural de las mediciones);
- $n$  = el número de la muestra utilizada.

4. Para cada muestra, se calculará la suma de las desviaciones típicas respecto al límite mediante la fórmula siguiente:

$$\frac{1}{s} \sum_{i=1}^n (L - x_i)$$

5. Entonces:

- si el resultado estadístico del ensayo es superior al número correspondiente a la decisión de aprobado que figura en el cuadro 3 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adoptará una decisión de aprobado para ese contaminante;
- si el resultado estadístico del ensayo es inferior al número correspondiente a la decisión de suspenso que figura en el cuadro 3 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adoptará una decisión de suspenso para ese contaminante;
- en los demás casos, se someterá a ensayo un motor adicional de acuerdo con el punto 8.3.1 del presente Reglamento y se aplicará el procedimiento de cálculo a la muestra aumentada en una unidad.

## Cuadro 3

Números correspondientes a las decisiones de aprobado y de suspenso del plan de muestreo del apéndice 1

Tamaño mínimo de la muestra: 3

Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra)	Número correspondiente a la decisión de aprobado $A_n$	Número correspondiente a la decisión de suspenso $B_n$
3	3,327	- 4,724
4	3,261	- 4,790
5	3,195	- 4,856
6	3,129	- 4,922
7	3,063	- 4,988
8	2,997	- 5,054
9	2,931	- 5,120
10	2,865	- 5,185

Número acumulado de motores sometidos a ensayo(tamaño de la muestra)	Número correspondiente a la decisión de aprobado $A_n$	Número correspondiente a la decisión de suspenso $B_n$
11	2,799	- 5,251
12	2,733	- 5,317
13	2,667	- 5,383
14	2,601	- 5,449
15	2,535	- 5,515
16	2,469	- 5,581
17	2,403	- 5,647
18	2,337	- 5,713
19	2,271	- 5,779
20	2,205	- 5,845
21	2,139	- 5,911
22	2,073	- 5,977
23	2,007	- 6,043
24	1,941	- 6,109
25	1,875	- 6,175
26	1,809	- 6,241
27	1,743	- 6,307
28	1,677	- 6,373
29	1,611	- 6,439
30	1,545	- 6,505
31	1,479	- 6,571
32	- 2,112	- 2,112

## Apéndice 2

## PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN CUANDO LA DESVIACIÓN TÍPICA NO ES SATISFACTORIA O NO ESTÁ DISPONIBLE

1. El presente apéndice describe el procedimiento que debe utilizarse para verificar la conformidad de la producción por lo que respecta a las emisiones de contaminantes cuando la desviación típica de la producción del fabricante no es satisfactoria o no está disponible.
2. Con una muestra mínima de tres motores, el procedimiento de muestreo se configura para que la probabilidad de que un lote supere el ensayo con un 40 % de motores defectuosos sea de 0,95 (riesgo del fabricante = 5 %), mientras que la probabilidad de que se acepte un lote con un 65 % de motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).
3. Se considera que los valores de los contaminantes indicados en el punto 5.2.1 del Reglamento tienen una distribución logarítmica normal y deben transformarse restando sus logaritmos naturales.

Se considerará que  $m_0$  y  $m$  representan el tamaño de muestra mínimo y máximo, respectivamente ( $m_0 = 3$  y  $m = 32$ ), y que  $n$  representa el número de la muestra que se está utilizando.

4. Si  $x_1, x_2, \dots, x_i$  son los logaritmos naturales de los valores medidos en la serie y  $L$  es el logaritmo natural del valor límite del contaminante, podemos determinar

$$y \quad d_i = x_i - L$$

$$\bar{d}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

$$V_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d}_n)^2$$

5. En el cuadro 4 figuran los valores de aprobado ( $A_n$ ) y de suspenso ( $B_n$ ) respecto al tamaño de la muestra utilizada. El resultado estadístico del ensayo es la relación  $\bar{d}_n/V_n$ , y deberá utilizarse para determinar si se aprueba o se rechaza la serie de la manera siguiente:

Para  $m_0 \leq n \leq m$ :

— se aprueba la serie si  $\bar{d}_n/V_n \leq A_n$

— se rechaza la serie si  $\bar{d}_n/V_n \geq B_n$

— se hace otra medición si  $A_n \leq \bar{d}_n/V_n \leq B_n$

6. Observaciones:

Las siguientes fórmulas recursivas son útiles para el cálculo de los valores sucesivos de la estadística de ensayo:

$$\bar{d}_n = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \bar{d}_{n-1} + \frac{1}{n} d_n$$

$$V_n^2 = \left(1 - \frac{1}{n}\right) V_{n-1}^2 + \frac{(\bar{d}_n - d_n)^2}{n-1}$$

$$(n = 2, 3, \dots; \bar{d}_1 = d_1; V_1 = 0)$$

Cuadro 4:

Números correspondientes a las decisiones de aprobado y de suspenso del plan de muestreo del apéndice 2

Tamaño mínimo de la muestra: 3

Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra)	Número correspondiente a la decisión de aprobado $A_n$	Número correspondiente a la decisión de suspenso $B_n$
3	- 0,80381	16,64743
4	- 0,76339	7,68627
5	- 0,72982	4,67136
6	- 0,69962	3,25573
7	- 0,67129	2,45431
8	- 0,64406	1,94369
9	- 0,61750	1,59105
10	- 0,59135	1,33295
11	- 0,56542	1,13566
12	- 0,53960	0,97970
13	- 0,51379	0,85307
14	- 0,48791	0,74801
15	- 0,46191	0,65928
16	- 0,43573	0,58321
17	- 0,40933	0,51718
18	- 0,38266	0,45922
19	- 0,35570	0,40788
20	- 0,32840	0,36203
21	- 0,30072	0,32078
22	- 0,27263	0,28343
23	- 0,24410	0,24943
24	- 0,21509	0,21831
25	- 0,18557	0,18970
26	- 0,15550	0,16328
27	- 0,12483	0,13880
28	- 0,09354	0,11603
29	- 0,06159	0,09480
30	- 0,02892	0,07493
31	- 0,00449	0,05629
32	0,03876	0,03876

## Apéndice 3

## PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN A PETICIÓN DEL FABRICANTE

1. El presente apéndice describe el procedimiento que debe utilizarse para verificar, a petición del fabricante, la conformidad de la producción por lo que respecta a las emisiones de contaminantes.
2. Con una muestra mínima de tres motores, el procedimiento de muestreo se configura para que la probabilidad de que un lote supere el ensayo con un 30 % de motores defectuosos sea de 0,90 (riesgo del fabricante = 10 %), mientras que la probabilidad de que se acepte un lote con un 65 % de motores defectuosos sea de 0,10 (riesgo del consumidor = 10 %).
3. Se utilizará el procedimiento siguiente para cada uno de los contaminantes mencionados en el punto 5.2.1 del Reglamento (véase la figura 2):

Se considerará que:

L = el valor límite del contaminante,

$x_i$  = el valor medido del motor  $i$  de la muestra,

$n$  = el número de la muestra que se está utilizando.

4. Se calcula para la muestra la estadística de ensayo que cuantifica el número de motores no conformes, a saber,  $x_i \geq L$ :
5. Entonces:
  - si el resultado estadístico del ensayo es inferior o igual al número correspondiente a la decisión de aprobado que figura en el cuadro 5 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adopta una decisión de aprobado para ese contaminante;
  - si el resultado estadístico del ensayo es superior o igual al número correspondiente a la decisión de suspenso que figura en el cuadro 5 para el tamaño de la muestra en cuestión, se adopta una decisión de suspenso para ese contaminante;
  - en los demás casos, se someterá a ensayo un motor adicional de acuerdo con el punto 8.3.1 del presente Reglamento y se aplicará el procedimiento de cálculo a la muestra aumentada en una unidad.

En el cuadro 5 los números correspondientes a las decisiones de aprobado y de suspenso se calculan con arreglo a la norma internacional ISO 8422:1991.

## Cuadro 5:

Números correspondientes a las decisiones de aprobado y de suspenso del plan de muestreo del apéndice 3

Tamaño mínimo de la muestra: 3

Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra)	Número correspondiente a la decisión de aprobado	Número correspondiente a la decisión de suspenso
3	—	3
4	0	4
5	0	4
6	1	5
7	1	5
8	2	6
9	2	6
10	3	7
11	3	7
12	4	8
13	4	8

Número acumulado de motores sometidos a ensayo (tamaño de la muestra)	Número correspondiente a la decisión de aprobado	Número correspondiente a la decisión de suspenso
14	5	9
15	5	9
16	6	10
17	6	10
18	7	11
19	8	9

## ANEXO 1

**CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DEL MOTOR (DE REFERENCIA) E INFORMACIÓN RELATIVA  
A LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS <sup>(1)</sup>**

1. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR
  - 1.1. Fabricante: .....
  - 1.2. Código del motor asignado por el fabricante: .....
  - 1.3. Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos <sup>(2)</sup>
  - 1.4. Número y disposición de los cilindros: .....
    - 1.4.1. Diámetro: ..... mm
    - 1.4.2. Carrera del pistón: ..... mm
    - 1.4.3. Orden de encendido: .....
  - 1.5. Cilindrada del motor: ..... cm<sup>3</sup>
  - 1.6. Relación de compresión volumétrica <sup>(3)</sup>: .....
  - 1.7. Dibujo(s) de la cámara de combustión y de la corona del pistón: .....
  - 1.8. Sección transversal mínima de los orificios de entrada y salida: ..... cm<sup>2</sup>
  - 1.9. Régimen de ralentí: ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.10. Potencia máxima neta: ..... kW a ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.11. Régimen máximo permitido del motor: ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.12. Par máximo neto: ..... Nm a ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.13. Sistema de combustión: encendido por compresión/por chispa <sup>(2)</sup>
  - 1.14. Combustible: Diésel/GLP/GN-H/GN-L/GN-HL/etanol <sup>(1)</sup>
  - 1.15. Sistema de refrigeración
    - 1.15.1. Líquido:
      - 1.15.1.1. Naturaleza del líquido: .....
      - 1.15.1.2. Bomba(s) de circulación: sí/no <sup>(2)</sup>
      - 1.15.1.3. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....
      - 1.15.1.4. Relación o relaciones motrices (si procede): .....
    - 1.15.2. Aire
      - 1.15.2.1. Soplante: sí/no <sup>(2)</sup>
      - 1.15.2.2. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....
      - 1.15.2.3. Relación o relaciones motrices (si procede): .....
  - 1.16. Temperatura permitida por el fabricante
    - 1.16.1. Refrigeración por líquido: temperatura máxima en la salida: ..... K
    - 1.16.2. Refrigeración por aire: ..... Punto de referencia: .....
      - Temperatura máxima en el punto de referencia: ..... K
    - 1.16.3. Temperatura máxima del aire en la salida del *intercooler* de admisión (si procede): ..... K
    - 1.16.4. Temperatura máxima en el punto del (de los) tubo(s) de escape adyacente(s) a la(s) brida(s) externa(s) del (de los) colector(es) de escape
      - o turbocompresor(es): ..... K

- 1.16.5. Temperatura del combustible: mín. .... K, máx. .... K  
para motores diésel, en la entrada de la bomba de inyección, y para motores alimentados con gas, en la fase final del regulador de presión.
- 1.16.6. Presión del combustible: mín. .... kPa, máx. .... kPa  
en la fase final del regulador de presión, exclusivamente para motores de gas alimentados con GN.
- 1.16.7. Temperatura del lubricante: mín. .... K, máx. .... K
- 1.17 Sobrealimentador: sí/no <sup>(2)</sup>
- 1.17.1. Marca: .....
- 1.17.2. Tipo: .....
- 1.17.3. Descripción del sistema  
(p. ej., presión máxima de sobrealimentación, válvula de descarga, si procede): .....
- 1.17.4. Intercooler: sí/no <sup>(2)</sup>
- 1.18. Sistema de admisión  
Depresión máxima permitida de la admisión a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento  
del Reglamento n° 24: ..... kPa
- 1.19. Sistema de escape  
Contrapresión máxima permitida del escape a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento  
del Reglamento n° 24: ..... kPa  
Volumen del sistema de escape: ..... dm<sup>3</sup>
2. MEDIDAS ADOPTADAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA
- 2.1. Dispositivo para reciclar los gases del cárter (descripción y dibujos): .....
- 2.2. Dispositivos adicionales contra la contaminación (si están previstos y si no están recogidos en otro punto)
- 2.2.1. Convertidor catalítico: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.1.1. Marca(s): .....
- 2.2.1.2. Tipo(s): .....
- 2.2.1.3. Número de convertidores y elementos catalíticos: .....
- 2.2.1.4. Dimensiones, forma y volumen del (de los) convertidor(es) catalítico(s): .....
- 2.2.1.5. Tipo de acción catalítica: .....
- 2.2.1.6. Carga total de metales preciosos: .....
- 2.2.1.7. Concentración relativa: .....
- 2.2.1.8. Substrato (estructura y material): .....
- 2.2.1.9. Densidad celular: .....
- 2.2.1.10. Tipo de recubrimiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s): .....
- 2.2.1.11. Emplazamiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s) (lugar y distancia de referencia en la línea de escape): .....

- 2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.2.1. Marca(s): .....
- 2.2.2.2. Tipo: .....
- 2.2.2.3. Localización: .....
- 2.2.3. Inyección de aire: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.3.1. Tipo (aire impulsado, bomba de aire, etc.): .....
- 2.2.4. Recirculación del gas de escape: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.4.1. Características (caudal, etc.): .....
- 2.2.5. Filtro de partículas: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.5.1. Dimensiones, forma y capacidad del filtro de partículas: .....
- 2.2.5.2. Tipo y diseño del filtro de partículas: .....
- 2.2.5.3. Localización (distancia de referencia en la línea de escape): .....
- 2.2.5.4. Método o sistema de regeneración, descripción y/o dibujo: .....
- 2.2.6. Otros sistemas: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.6.1. Descripción y funcionamiento: .....
3. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE
- 3.1. Motores diésel
- 3.1.1. Bomba de alimentación
- Presión <sup>(3)</sup>: ..... kPa o diagrama característico <sup>(2)</sup>: .....
- 3.1.2. Sistema de inyección
- 3.1.2.1. Bomba
- 3.1.2.1.1. Marca(s): .....
- 3.1.2.1.2. Tipo(s): .....
- 3.1.2.1.3. Suministro: ..... mm<sup>3</sup> <sup>(3)</sup> por carrera del pistón a un régimen del motor de ..... min<sup>-1</sup> a plena inyección, o diagrama característico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- .....
- Menciónese el método empleado: en el motor/en el banco de bombeo <sup>(2)</sup>
- Si se dispone de un control de sobrealimentación, indíquese la alimentación de combustible y la presión de sobrealimentación características en función del régimen del motor.
- 3.1.2.1.4. Avance de la inyección
- 3.1.2.1.4.1. Curva del avance de la inyección <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.1.4.2. Reglaje de la inyección estática <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.2. Tubería de inyección
- 3.1.2.2.1. Longitud: ..... mm
- 3.1.2.2.2. Diámetro interno: ..... mm
- 3.1.2.3. Inyector(es)
- 3.1.2.3.1. Marca(s): .....
- 3.1.2.3.2. Tipo(s): .....

- 3.1.2.3.3. «Presión de apertura»: ..... kPa <sup>(3)</sup>  
o diagrama característico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.4. Regulador
- 3.1.2.4.1. Marca(s): .....
- 3.1.2.4.2. Tipo(s): .....
- 3.1.2.4.3. Régimen de corte a plena carga: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.1.2.4.4. Régimen máximo sin carga: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.1.2.4.5. Régimen de ralentí: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.1.3. Sistema de arranque en frío
- 3.1.3.1. Marca(s): .....
- 3.1.3.2. Tipo(s): .....
- 3.1.3.3. Descripción: .....
- 3.1.3.4. Dispositivo auxiliar de arranque: .....
- 3.1.3.4.1. Marca: .....
- 3.1.3.4.2. Tipo: .....
- 3.2. Motores alimentados con gas <sup>(4)</sup>
- 3.2.1. Combustible: Gas natural/GLP <sup>(2)</sup>
- 3.2.2. Regulador(es) de presión o vaporizador <sup>(3)</sup>
- 3.2.2.1. Marca(s): .....
- 3.2.2.2. Tipo(s): .....
- 3.2.2.3. Número de fases de reducción de presión: .....
- 3.2.2.4. Presión en la fase final: mín ..... kPa, máx. .... kPa
- 3.2.2.5. Número de puntos de reglaje del surtidor principal: .....
- 3.2.2.6. Número de puntos de reglaje del surtidor de ralentí: .....
- 3.2.2.7. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n° .....
- 3.2.3. Sistema de alimentación de combustible: mezclador/inyección de gas/inyección de líquido/inyección directa <sup>(2)</sup>
- 3.2.3.1. Regulación de la riqueza de la mezcla: .....
- 3.2.3.2. Descripción del sistema y/o diagrama y dibujos: .....
- 3.2.3.3. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n° .....
- 3.2.4. Mezclador
- 3.2.4.1. Cantidad: .....
- 3.2.4.2. Marca(s): .....
- 3.2.4.3. Tipo(s): .....
- 3.2.4.4. Localización: .....
- 3.2.4.5. Posibilidades de ajuste: .....
- 3.2.4.6. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n° .....
- 3.2.5. Inyección del colector de admisión
- 3.2.5.1. Inyección: monopunto/multipunto <sup>(2)</sup>
- 3.2.5.2. Inyección: continua/simultánea/secuencial <sup>(2)</sup>

- 3.2.5.3. Equipo de inyección
- 3.2.5.3.1. Marca(s): .....
- 3.2.5.3.2. Tipo(s): .....
- 3.2.5.3.3. Posibilidades de ajuste: .....
- 3.2.5.3.4. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n° .....
- 3.2.5.4. Bomba de alimentación (si procede): .....
- 3.2.5.4.1. Marca(s): .....
- 3.2.5.4.2. Tipo(s): .....
- 3.2.5.4.3. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n° .....
- 3.2.5.5. Inyector(es): .....
- 3.2.5.5.1. Marca(s): .....
- 3.2.5.5.2. Tipo(s): .....
- 3.2.5.5.3. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n° .....
- 3.2.6. Inyección directa
- 3.2.6.1. Bomba de inyección/regulador de presión <sup>(2)</sup>
- 3.2.6.1.1. Marca(s): .....
- 3.2.6.1.2. Tipo(s): .....
- 3.2.6.1.3. Reglaje de la inyección: .....
- 3.2.6.1.4. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n° .....
- 3.2.6.2. Inyector(es)
- 3.2.6.2.1. Marca(s): .....
- 3.2.6.2.2. Tipo(s): .....
- 3.2.6.2.3. Presión de apertura o diagrama característico <sup>(3)</sup>: .....
- 3.2.6.2.4. Número de homologación de acuerdo con el Reglamento n° .....
- 3.2.7. Unidad electrónica de control (UEC)
- 3.2.7.1. Marca(s): .....
- 3.2.7.2. Tipo(s): .....
- 3.2.7.3. Posibilidades de ajuste: .....
- 3.2.8. Equipo específico para GN
- 3.2.8.1. Variante 1 (únicamente en el caso de homologaciones de motores para varias composiciones específicas de combustible)
- 3.2.8.1.1. Composición del combustible:
- |   |             |       |           |       |           |       |
|---|-------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| metano (CH <sub>4</sub> ):                | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ):   | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ): | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ): | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| C5/C5+:                                   | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| oxígeno (O <sub>2</sub> ):                | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| gases inertes (N <sub>2</sub> , He etc.): | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |

- 3.2.8.1.2. Inyector(es)
- 3.2.8.1.2.1. Marca(s):
- 3.2.8.1.2.2. Tipo(s):
- 3.2.8.1.3. Otros (si procede)
- 3.2.8.2. Variante 2 (únicamente en el caso de homologaciones para varias composiciones específicas de combustible)
4. REGLAJE DE LAS VÁLVULAS
- 4.1. Elevación máxima de las válvulas y ángulos de apertura y cierre con respecto a puntos muertos o datos equivalentes: .....
- 4.2. Referencia y/o márgenes de reglaje <sup>(2)</sup>: .....
5. SISTEMA DE ENCENDIDO (SÓLO MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA)
- 5.1. Tipo de sistema de encendido:  
bobina y bujías comunes/bobina y bujías individuales/bobina en bujía/otro (especifíquese) <sup>(2)</sup>
- 5.2. Unidad de control del encendido
- 5.2.1. Marca(s): .....
- 5.2.2. Tipo(s): .....
- 5.3. Curva/cartografía de avance del encendido <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- 5.4. Reglaje del encendido <sup>(3)</sup>: ..... grados antes del punto muerto superior a un régimen de ..... min<sup>-1</sup> y a una presión del colector de admisión de ..... kPa
- 5.5. Bujías de encendido
- 5.5.1. Marca(s): .....
- 5.5.2. Tipo(s): .....
- 5.5.3. Distancia entre los electrodos: ..... mm
- 5.6. Bobina(s) de encendido
- 5.6.1. Marca(s): .....
- 5.6.2. Tipo(s): .....
6. EQUIPO ACCIONADO POR EL MOTOR
- El motor debe someterse a ensayo con los accesorios necesarios para funcionar (el ventilador, la bomba de agua, etc.), tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento n° 24.
- 6.1. Accesorios que deben instalarse para el ensayo
- Si resulta imposible o inapropiado instalar los accesorios en el banco de pruebas, se determinará la potencia que éstos absorben y se restará de la potencia del motor medida en toda la franja de funcionamiento del (de los) ciclo(s) de ensayo.
- 6.2. Accesorios que deben retirarse para el ensayo
- Los accesorios que sean necesarios únicamente para el funcionamiento del vehículo (por ejemplo, el compresor de aire, el sistema de climatización, etc.) deberán retirarse para el ensayo. Cuando esos accesorios no puedan retirarse, podrá determinarse la potencia que absorben y sumarse a la potencia del motor medida en toda la franja de funcionamiento del (de los) ciclo(s) de ensayo.

7. INFORMACIÓN ADICIONAL SOBRE LAS CONDICIONES DE ENSAYO

7.1. Lubricante utilizado

7.1.1. Marca: .....

7.1.2. Tipo: .....

(si se mezclan lubricante y combustible, indíquese el porcentaje de aceite en la mezcla): .....

7.2. Equipo accionado por el motor (si procede)

Sólo será preciso determinar la potencia absorbida por los accesorios,

— si no están instalados en el motor accesorios necesarios para su funcionamiento,

o

— si están instalados en el motor accesorios no necesarios para su funcionamiento.

7.2.1. Enumeración y elementos de identificación: .....

7.2.2. Potencia absorbida a los diferentes regímenes del motor indicados:

Equipo	Potencia absorbida (kW) a diferentes regímenes del motor						
	Ralentí	Régimen bajo	Régimen alto	Régimen A <sup>(5)</sup>	Régimen B <sup>(5)</sup>	Régimen C <sup>(5)</sup>	Régimen de referencia <sup>(6)</sup>
P(a) Accesorios necesarios para el funcionamiento del motor (debe restarse de la potencia medida del motor) véase el punto 6.1.							
P(b) Accesorios no necesarios para el funcionamiento del motor (debe añadirse a la potencia medida del motor) véase el punto 6.2.							

8. RENDIMIENTO DEL MOTOR

8.1. Regímenes del motor <sup>(7)</sup>

Régimen bajo ( $n_{lo}$ ): .....  $\text{min}^{-1}$

Régimen alto ( $n_{hi}$ ): .....  $\text{min}^{-1}$

para los ciclos ESC y ELR

Ralentí: .....  $\text{min}^{-1}$

Régimen A: .....  $\text{min}^{-1}$

Régimen B: .....  $\text{min}^{-1}$

Régimen C: .....  $\text{min}^{-1}$

para el ciclo ETC

Régimen de referencia: .....  $\text{min}^{-1}$

## 8.2. Potencia del motor (medida de conformidad con las disposiciones del Reglamento n° 24) en kW

	Régimen del motor				
	Ralentí	Régimen A <sup>(5)</sup>	Régimen B <sup>(5)</sup>	Régimen C <sup>(5)</sup>	Régimen de referencia <sup>(6)</sup>
P(m) Potencia medida en el banco de pruebas					
P(a) Potencia absorbida por los accesorios que deben montarse para el ensayo (punto 6.1);					
— si están instalados					
— si no están instalados	0	0	0	0	0
P(b) Potencia absorbida por los accesorios que deben retirarse para el ensayo (punto 6.2)					
— si están instalados					
— si no están instalados	0	0	0	0	0
P(n) Potencia neta del motor = P(m) – P(a) + P(b)					

## 8.3. Reglajes del dinamómetro (kW)

Los reglajes del dinamómetro para los ciclos ESC y ELR y para el ciclo de referencia del ensayo ETC deben basarse en la potencia neta del motor P(n) indicada en el punto 8.2. Se recomienda instalar el motor en el banco de pruebas en condiciones netas. En ese caso, P(m) y P(n) son idénticas. Si resulta imposible o inadecuado hacer funcionar el motor en condiciones netas, los reglajes del dinamómetro deberán adaptarse a las condiciones netas mediante la fórmula anterior.

## 8.3.1. Ensayos ESC y ELR

Los reglajes del dinamómetro deben calcularse mediante la fórmula que figura en el anexo 4, apéndice 1, punto 1.2.

Porcentaje de carga	Régimen del motor			
	Ralentí	Régimen A	Régimen B	Régimen C
10	—			
25	—			
50	—			
75	—			
100				

## 8.3.2. Ensayo ETC

Si el motor no se somete a ensayo en condiciones netas, la fórmula para convertir la potencia medida o el trabajo del ciclo medido, determinados de conformidad con lo dispuesto en el anexo 4, apéndice 2, apartado 2, en potencia neta o trabajo del ciclo neto será facilitada por el fabricante para toda la zona de funcionamiento del ciclo y aprobada por el servicio técnico.

- 
- (1) En el caso de motores y sistemas no convencionales, el fabricante deberá facilitar datos equivalentes a éstos.
  - (2) Táchese lo que no proceda.
  - (3) Especifíquese la tolerancia.
  - (4) En el caso de sistemas con diseños diferentes, facilítese información equivalente (para el punto 3.2).
  - (5) Ensayo ESC
  - (6) Sólo el ensayo ETC.
  - (7) Especifíquese la tolerancia, que debe situarse dentro de un margen de  $\pm 3\%$  de los valores declarados por el fabricante.
-

## ANEXO 1

## Apéndice 1

## CARACTERÍSTICAS DE LAS PIEZAS DEL VEHÍCULO RELACIONADAS CON EL MOTOR

1. Depresión del sistema de admisión a régimen nominal y  
a plena carga: ..... kPa
2. Contrapresión del sistema de escape a régimen nominal y  
a plena carga: ..... kPa
3. Volumen del sistema de escape: ..... cm<sup>3</sup>
4. Potencia absorbida por los accesorios necesarios para el funcionamiento del motor, tal como se especifican en las condiciones de funcionamiento del Reglamento n° 24

Equipo	Potencia absorbida (kW) a diferentes regímenes del motor						
	Ralentí	Régi- menbajo	Régime- nalto	Régimen A (1)	Régimen B (1)	Régimen C (1)	Régimen de referencia (2)
P(a)  Accesorios neces- arios para el funcio- namiento del motor (debe restarse de la potencia medida del motor) véase el anexo 1, punto 6.1							

(1) Ensayo ESC

(2) Sólo para el ensayo ETC.

## ANEXO 1

## Apéndice 2

## CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LA FAMILIA DE MOTORES

1. PARÁMETROS COMUNES
  - 1.1. Ciclo de combustión: .....
  - 1.2. Medio refrigerante: .....
  - 1.3. Número de cilindros <sup>(1)</sup>: .....
  - 1.4. Desplazamiento de cada cilindro: .....
  - 1.5. Método de aspiración del aire: .....
  - 1.6. Tipo/diseño de la cámara de combustión: .....
  - 1.7. Válvulas y orificios – configuración, tamaño y número: .....  
.....
  - 1.8. Sistema de alimentación de combustible: .....
  - 1.9. Sistema de encendido (motores de gas): .....
  - 1.10. Características diversas:
    - sistema de refrigeración del aire de admisión <sup>(1)</sup>: .....
    - recirculación del gas de escape <sup>(1)</sup>: .....
    - inyección/emulsión de agua <sup>(1)</sup>: .....
    - inyección de aire <sup>(1)</sup>: .....
  - 1.11. Postratamiento del gas de escape <sup>(1)</sup>: .....

Prueba de relación idéntica (o menor para el motor de referencia):

capacidad del sistema/suministro de combustible por carrera del pistón, de acuerdo con el (los) número(s) del diagrama: .....

## 2. LISTADO DE LA FAMILIA DE MOTORES

- 2.1. Nombre de la familia de motores diésel: .....
- 2.1.1. Especificación de los motores dentro de esta familia:

					Motor de referencia
Tipo de motor					
Nº de cilindros					
Régimen nominal (min <sup>-1</sup> )					
Suministro de combustible por carrera del pistón (mm <sup>3</sup> )					
Potencia neta nominal (kW)					
Régimen al par máximo (min <sup>-1</sup> )					
Suministro de combustible por carrera del pistón (mm <sup>3</sup> )					
Par máximo (Nm)					
Régimen de ralentí (min <sup>-1</sup> )					
Desplazamiento del cilindro (en % del motor de referencia)					100

2.2. Nombre de la familia de motores de gas: .....

2.2.1 Especificación de los motores dentro de esta familia:

					Motor de referencia
Tipo de motor					
Nº de cilindros					
Régimen nominal ( $\text{min}^{-1}$ )					
Suministro de combustible por carrera del pistón ( $\text{mm}^3$ )					
Potencia neta nominal (kW)					
Régimen al par máximo ( $\text{min}^{-1}$ )					
Suministro de combustible por carrera del pistón ( $\text{mm}^3$ )					
Par máximo (Nm)					
Régimen de ralentí ( $\text{min}^{-1}$ )					
Desplazamiento del cilindro (en % del motor de referencia)					100
Reglaje de la chispa					
Caudal de la EGR					
Bomba de aire sí/no					
Caudal efectivo de la bomba de aire					

(<sup>1</sup>) Si no es aplicable, escríbase «N/A».

## ANEXO 1

## Apéndice 3

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DEL TIPO DE MOTOR DENTRO DE LA FAMILIA <sup>(1)</sup>

1. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR
  - 1.1. Fabricante: .....
  - 1.2. Código del motor asignado por el fabricante: .....
  - 1.3. Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos <sup>(2)</sup>
  - 1.4. Número y disposición de los cilindros: .....
    - 1.4.1. Diámetro: ..... mm
    - 1.4.2. Carrera del pistón: ..... mm
    - 1.4.3. Orden de encendido: .....
  - 1.5. Cilindrada del motor: ..... cm<sup>3</sup>
  - 1.6. Relación de compresión volumétrica <sup>(3)</sup>: .....
  - 1.7. Dibujo(s) de la cámara de combustión y de la corona del pistón: .....  
.....
  - 1.8. Sección transversal mínima de los orificios de entrada y salida: ..... cm<sup>2</sup>
  - 1.9. Régimen de ralentí: ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.10. Potencia máxima neta: ..... kW a ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.11. Régimen máximo permitido del motor: ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.12. Par máximo neto: ..... Nm a ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.13. Sistema de combustión: encendido por compresión/por chispa <sup>(2)</sup>
  - 1.14. Combustible: diésel/GLP/GN-H/GN-L/GN-HL/etanol <sup>(1)</sup>
  - 1.15. Sistema de refrigeración
    - 1.15.1. Líquido
      - 1.15.1.1. Naturaleza del líquido: .....
      - 1.15.1.2. Bomba(s) de circulación: sí/no <sup>(2)</sup>
      - 1.15.1.3. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....  
.....
      - 1.15.1.4. Relación o relaciones motrices (si procede): .....
    - 1.15.2. Aire
      - 1.15.2.1. Sopla: sí/no <sup>(2)</sup>
      - 1.15.2.2. Características o marca(s) y tipo(s) (si procede): .....  
.....
      - 1.15.2.3. Relación o relaciones motrices (si procede): .....
  - 1.16. Temperatura permitida por el fabricante
    - 1.16.1. Refrigeración por líquido: Temperatura máxima en la salida: ..... K

- 1.16.2. Refrigeración por aire: Punto de referencia: .....  
 Temperatura máxima en el punto de referencia: ..... K
- 1.16.3. Temperatura máxima del aire en la salida del *intercooler* de admisión (si procede): ..... K
- 1.16.4. Temperatura máxima en el punto del (de los) tubo(s) de escape adyacente a la(s) brida(s) externa(s) del (de los) colector(es) de escape o turbocompresor(es): ..... K
- 1.16.5. Temperatura del combustible: mín. .... K, máx. .... K  
 para motores diésel, en la entrada de la bomba de inyección, y para motores alimentados con gas, en la fase final del regulador de presión.
- 1.16.6. Presión del combustible: mín. .... kPa, máx. .... kPa  
 en la fase final del regulador de presión, exclusivamente para motores de gas alimentados con gas natural
- 1.16.7. Temperatura del lubricante: mín. .... K, máx. .... K
- 1.17. Sobrealimentador: sí/no (²)
- 1.17.1. Marca: .....
- 1.17.2. Tipo: .....
- 1.17.3. Descripción del sistema (por ejemplo, presión máxima de sobrealimentación, válvula de descarga, si procede): .....
- 1.17.4. *Intercooler*: sí/no (²)
- 1.18. Sistema de admisión  
 Depresión máxima permitida de la admisión a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento n° 24: ..... kPa
- 1.19. Sistema de escape  
 Contrapresión máxima permitida del escape a régimen nominal y a plena carga, tal como se especifica en las condiciones de funcionamiento del Reglamento n° 24: ..... kPa  
 Volumen del sistema de escape: ..... cm<sup>3</sup>
2. MEDIDAS ADOPTADAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA
- 2.1. Dispositivo para reciclar los gases del cárter (descripción y dibujos): .....
- 2.2. Dispositivos adicionales anticontaminantes (si están previstos y si no están recogidos en otro punto)
- 2.2.1. Convertidor catalítico: sí/no (²)
- 2.2.1.1. Número de convertidores y elementos catalíticos: .....
- 2.2.1.2. Dimensiones, forma y volumen del (de los) convertidor(es) catalítico(s): .....
- 2.2.1.3. Tipo de acción catalítica: .....
- 2.2.1.4. Carga total de metales preciosos: .....
- 2.2.1.5. Concentración relativa: .....
- 2.2.1.6. Substrato (estructura y material): .....
- 2.2.1.7. Densidad celular: .....
- 2.2.1.8. Tipo de recubrimiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s): .....
- 2.2.1.9. Emplazamiento del (de los) convertidor(es) catalítico(s) (lugar y distancia de referencia en la línea de escape): .....
- 2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no (²)
- 2.2.2.1. Tipo: .....

- 2.2.3. Inyección de aire: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.3.1. Tipo (aire impulsado, bomba de aire, etc.): .....
- 2.2.4. EGR: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.4.1. Características (caudal, etc.): .....
- 2.2.5. Filtro de partículas: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.5.1. Dimensiones, forma y capacidad del filtro de partículas: .....
- .....
- 2.2.5.2. Tipo y diseño del filtro de partículas: .....
- 2.2.5.3. Localización (distancia de referencia en la línea de escape): .....
- 2.2.5.4. Método o sistema de regeneración, descripción y/o dibujo: .....
- .....
- 2.2.6. Otros sistemas: sí/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.6.1. Descripción y funcionamiento: .....
3. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE
- 3.1. Motores diésel
- 3.1.1. Bomba de alimentación
- Presión <sup>(3)</sup>: ..... kPa o diagrama característico <sup>(2)</sup>: .....
- .....
- 3.1.2. Sistema de inyección
- 3.1.2.1. Bomba
- 3.1.2.1.1. Marca(s): .....
- 3.1.2.1.2. Tipo(s): .....
- 3.1.2.1.3. Suministro: ..... mm<sup>3</sup> <sup>(3)</sup> por carrera del pistón a un régimen del motor de ..... min<sup>-1</sup> a plena inyección, o diagrama característico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- .....
- Menciónese el método empleado: en el motor/en el banco de bombeo <sup>(2)</sup>
- Si se dispone de un control de sobrealimentación, indíquese la alimentación de combustible y la presión de sobrealimentación características en función del régimen del motor.
- 3.1.2.1.4. Avance de la inyección
- 3.1.2.1.4.1. Curva de avance de la inyección <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.1.4.2. Reglaje de la inyección estática <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.2. Tubería de inyección
- 3.1.2.2.1. Longitud: ..... mm
- 3.1.2.2.2. Diámetro interno: ..... mm
- 3.1.2.3. Inyector(es)
- 3.1.2.3.1. Marca(s): .....
- 3.1.2.3.2. Tipo(s): .....
- 3.1.2.3.3. «Presión de apertura»: ..... kPa <sup>(3)</sup>
- o diagrama característico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....

- 3.1.2.4. Regulador
  - 3.1.2.4.1. Marca(s): .....
  - 3.1.2.4.2. Tipo(s): .....
  - 3.1.2.4.3. Régimen de corte a plena carga: ..... min<sup>-1</sup>
  - 3.1.2.4.4. Régimen máximo sin carga: ..... min<sup>-1</sup>
  - 3.1.2.4.5. Régimen de ralentí: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.1.3. Sistema de arranque en frío
  - 3.1.3.1. Marca(s): .....
  - 3.1.3.2. Tipo(s): .....
  - 3.1.3.3. Descripción: .....
  - 3.1.3.4. Dispositivo auxiliar de arranque: .....
  - 3.1.3.4.1. Marca: .....
  - 3.1.3.4.2. Tipo: .....
- 3.2. Motores alimentados con gas
  - 3.2.1. Combustible: Gas natural/GLP <sup>(2)</sup>
  - 3.2.2. Regulador(es) de presión o vaporizador <sup>(2)</sup>
    - 3.2.2.1. Marca(s): .....
    - 3.2.2.2. Tipo(s): .....
    - 3.2.2.3. Número de fases de reducción de presión: .....
    - 3.2.2.4. Presión en la fase final: mín. .... kPa, máx. .... kPa
    - 3.2.2.5. Número de puntos de reglaje del surtidor principal: .....
    - 3.2.2.6. Número de puntos de reglaje del surtidor de ralentí: .....
    - 3.2.2.7. Número de homologación: .....
  - 3.2.3. Sistema de alimentación de combustible: mezclador/inyección de gas/inyección de líquido/inyección directa <sup>(2)</sup>
    - 3.2.3.1. Regulación de la riqueza de la mezcla: .....
    - 3.2.3.2. Descripción del sistema y/o diagrama y dibujos: .....  
.....
    - 3.2.3.3. Número de homologación: .....
  - 3.2.4. Mezclador
    - 3.2.4.1. Cantidad: .....
    - 3.2.4.2. Marca(s): .....
    - 3.2.4.3. Tipo(s): .....
    - 3.2.4.4. Localización: .....
    - 3.2.4.5. Posibilidades de ajuste: .....
    - 3.2.4.6. Número de homologación: .....
  - 3.2.5. Inyección del colector de admisión
    - 3.2.5.1. Inyección: monopunto/multipunto <sup>(2)</sup>
    - 3.2.5.2. Inyección: continua/simultánea/secuencial <sup>(2)</sup>

- 3.2.5.3. Equipo de inyección
- 3.2.5.3.1. Marca(s): .....
- 3.2.5.3.2. Tipo(s): .....
- 3.2.5.3.3. Posibilidades de ajuste: .....
- 3.2.5.3.4. Número de homologación: .....
- 3.2.5.4. Bomba de alimentación (si procede): .....
- 3.2.5.4.1. Marca(s): .....
- 3.2.5.4.2. Tipo(s): .....
- 3.2.5.4.3. Número de homologación: .....
- 3.2.5.5. Inyector(es): .....
- 3.2.5.5.1. Marca(s): .....
- 3.2.5.5.2. Tipo(s): .....
- 3.2.5.5.3. Número de homologación: .....
- 3.2.6. Inyección directa
- 3.2.6.1. Bomba de inyección/regulador de presión <sup>(2)</sup>
- 3.2.6.1.1. Marca(s): .....
- 3.2.6.1.2. Tipo(s): .....
- 3.2.6.1.3. Reglaje de la inyección: .....
- 3.2.6.1.4. Número de homologación: .....
- 3.2.6.2. Inyector(es)
- 3.2.6.2.1. Marca(s): .....
- 3.2.6.2.2. Tipo(s): .....
- 3.2.6.2.3. Presión de apertura o diagrama característico <sup>(3)</sup>: .....
- 3.2.6.2.4. Número de homologación: .....
- 3.2.7. Unidad electrónica de control (ECU)
- 3.2.7.1. Marca(s): .....
- 3.2.7.2. Tipo(s): .....
- 3.2.7.3. Posibilidades de ajuste: .....
- 3.2.8. Equipo específico para GN
- 3.2.8.1. Variante 1 (únicamente en el caso de homologaciones de motores para varias composiciones específicas de combustible)
- 3.2.8.1.1. Composición del combustible:
- |   |             |       |           |       |           |       |
|---|-------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| metano (CH <sub>4</sub> ):                | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ):   | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ): | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ): | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| C5/C5+:                                   | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| oxígeno (O <sub>2</sub> ):                | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |
| gases inertes (N <sub>2</sub> , He etc.): | base: ..... | % mol | mín ..... | % mol | máx ..... | % mol |

- 3.2.8.1.2. Inyector(es)
- 3.2.8.1.2.1. Marca(s): .....
- 3.2.8.1.2.2. Tipo(s): .....
- 3.2.8.1.3. Otros (si procede)
- 3.2.8.2. Variante 2 (únicamente en el caso de homologaciones para varias composiciones específicas de combustible)
4. REGLAJE DE LAS VÁLVULAS
- 4.1. Elevación máxima de las válvulas y ángulos de apertura y cierre con respecto a los puntos muertos o datos equivalentes: .....
- .....
- 4.2. Referencia y/o márgenes de reglaje <sup>(2)</sup>: .....
- .....
5. SISTEMA DE ENCENDIDO (SÓLO MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA)
- 5.1. Tipo de sistema de encendido: bobina y bujías comunes/bobina y bujías individuales/bobina en bujía/otro (especifíquese) <sup>(2)</sup>
- 5.2. Unidad de control del encendido
- 5.2.1. Marca(s): .....
- 5.2.2. Tipo(s): .....
- 5.3. Curva/cartografía de avance del encendido <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- .....
- 5.4. Reglaje del encendido <sup>(3)</sup>: ..... grados antes del punto muerto superior a un régimen de ..... min<sup>-1</sup> y a una presión del colector de admisión de ..... kPa
- 5.5. Bujías de encendido
- 5.5.1. Marca(s): .....
- 5.5.2. Tipo(s): .....
- 5.5.3. Distancia entre los electrodos: ..... mm
- 5.6. Bobina(s) de encendido
- 5.6.1. Marca(s): .....
- 5.6.2. Tipo(s): .....

(<sup>1</sup>) Deberá presentarse para cada motor de la familia.

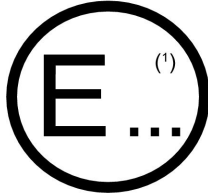
(<sup>2</sup>) Táchese lo que no proceda.

(<sup>3</sup>) Especifíquese la tolerancia.

ANEXO 2A

COMUNICACIÓN

(formato máximo: A4 (210 × 297 mm))



emitida por: Nombre de la administración:
.....
.....
.....

objeto (2): CONCESIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN
EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN
DENEGACIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN
RETIRADA DE LA HOMOLOGACIÓN
CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

de un tipo de motor de encendido por compresión, de un tipo de motor de gas natural (GN) o de un tipo de motor de encendido por chispa alimentado con GLP (2), como unidad técnica separada por lo que respecta a las emisiones de contaminantes de acuerdo con el Reglamento nº 49.

Nº de homologación: ..... Nº de extensión: .....

- 1. Denominación comercial o marca del motor: .....
2. Tipo de motor: .....
3. Tipo de combustión: encendido por compresión/encendido por chispa (2)
3.1. Tipo de combustible: .....
4. Nombre y dirección del fabricante: .....
5. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante:
.....
6. Depresión máxima permisible de la admisión: ..... kPa
7. Contrapresión máxima permisible: ..... kPa
8. Potencia máxima permisible que puede absorber el equipo accionado por el motor:
Intermedia: ..... kW; Nominal: ..... kW
9. Restricciones de empleo (en su caso): .....
10. Niveles de emisión del motor/motor de referencia:
10.1. Ensayo ESC (si procede):
CO: ..... g/kWh
THC: ..... g/kWh
NOx: ..... g/kWh
PT: ..... g/kWh

- 10.2. Ensayo ELR (si procede):
- Valor del humo: ..... m<sup>-1</sup>
- 10.3. Ensayo ETC (si procede):
- CO: ..... g/kWh
- THC: ..... g/kWh
- NMHC: ..... g/kWh
- CH<sub>4</sub>: ..... g/kWh
- NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh
- PT: ..... g/kWh
11. Motor sometido a ensayo el: .....
12. Servicio técnico responsable de la realización de los ensayos de homologación: .....
- .....
13. Fecha del informe de ensayo emitido por dicho servicio: .....
14. Número del informe de ensayo emitido por dicho servicio: .....
15. Emplazamiento de la marca de homologación en el motor: .....
16. Lugar: .....
17. Fecha: .....
18. Firma: .....
19. Se adjuntan a esta comunicación los siguientes documentos, que llevan el número de homologación indicado anteriormente:
- una copia del anexo 1 del presente Reglamento, cumplimentado y acompañado de los dibujos y los diagramas señalados.

---

(<sup>1</sup>) Número de identificación del país que ha concedido/extendido/denegado/retirado la homologación (véanse las disposiciones sobre homologación que figuran en el Reglamento).

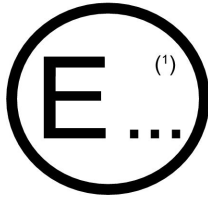
(<sup>2</sup>) Táchese lo que no proceda.

---

ANEXO 2B

COMUNICACIÓN

(formato máximo: A4 (210 × 297 mm))



emitida por:

Nombre de la administración:

.....  
.....  
.....

objeto (2):           CONCESIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN  
                          EXTENSIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN  
                          DENEGACIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN  
                          RETIRADA DE LA HOMOLOGACIÓN  
                          CESE DEFINITIVO DE LA PRODUCCIÓN

de un tipo de vehículo por lo que respecta a las emisiones de contaminantes de su motor, de acuerdo con el Reglamento nº 49

Nº de homologación: .....

Nº de extensión: .....

1. Denominación comercial o marca del motor: .....
2. Tipo de vehículo: .....
3. Nombre y dirección del fabricante: .....
4. En su caso, nombre y dirección del representante del fabricante: .....  
.....
5. Depresión máxima permisible de la admisión: ..... kPa
6. Contrapresión máxima permisible: ..... kPa
7. Potencia máxima permisible que puede absorber el equipo accionado por el motor:  
Intermedia: ..... kW; Nominal: ..... kW
8. Marca y tipo del motor: .....
9. Niveles de emisión del motor/motor de referencia:
  - 9.1. Ensayo ESC (si procede):
    - CO: ..... g/kWh
    - THC: ..... g/kWh
    - NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh
    - PT: ..... g/kWh
  - 9.2. Ensayo ELR (si procede):
    - Valor del humo: ..... m<sup>-1</sup>

- 9.3. Ensayo ETC (si procede):
- CO: ..... g/kWh
- THC: ..... g/kWh
- NMHC: ..... g/kWh
- CH<sub>4</sub>: ..... g/kWh
- NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh
- PT: ..... g/kWh
10. Motor sometido a ensayo el: .....
11. Servicio técnico responsable de la realización de los ensayos de homologación: .....
- .....
12. Fecha del informe de ensayo emitido por dicho servicio: .....
13. Número del informe de ensayo emitido por dicho servicio: .....
14. Emplazamiento de la marca de homologación en el vehículo/motor <sup>(2)</sup>: .....
15. Lugar: .....
16. Fecha: .....
17. Firma: .....
18. Se adjuntan a esta comunicación los siguientes documentos, que llevan el número de homologación indicado anteriormente:
- una copia del anexo 1 del presente Reglamento, cumplimentado y acompañado de los dibujos y los diagramas señalados.

---

(<sup>1</sup>) Número de identificación del país que ha concedido/extendido/denegado/retirado la homologación (véanse las disposiciones sobre homologación que figuran en el Reglamento).

(<sup>2</sup>) Táchese lo que no proceda.

---

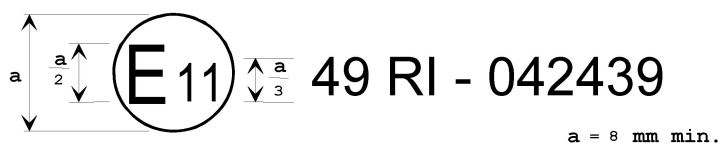
## ANEXO 3

**DISPOSICIONES DE LAS MARCAS DE HOMOLOGACIÓN**  
(véase el punto 4.6 del presente Reglamento)

- I. HOMOLOGACIÓN «I» (fila A)  
(véase el punto 4.6.3 del presente Reglamento)

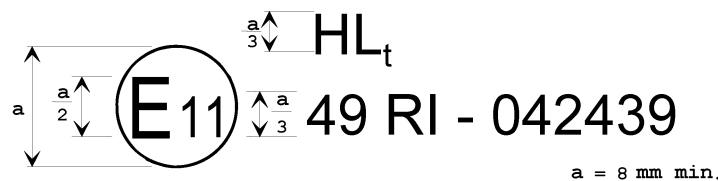
*Modelo A*

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila A que funcionen con diésel o gas licuado de petróleo (GLP).



*Modelo B*

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila A que funcionen con gas natural (GN). El sufijo que figura después del símbolo nacional indica la calificación del combustible determinada de conformidad con el punto 4.6.3.1 del presente Reglamento.



La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 042439. Estas marcas indican que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, modificado por la serie 04 de modificaciones, y que se cumplen los límites aplicables indicados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

- II. HOMOLOGACIÓN «II» (fila B1)  
(véase el punto 4.6.3 del presente Reglamento)

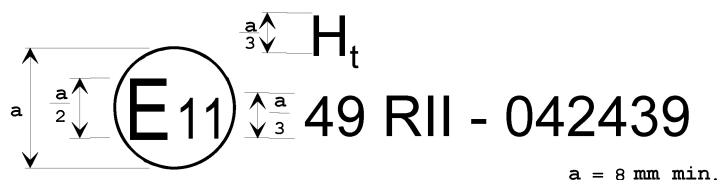
*Modelo C*

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila B1 que funcionen con diésel o gas licuado de petróleo (GLP).



*Modelo D*

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila B1 que funcionen con gas natural (GN). El sufijo que figura después del símbolo nacional indica la calificación del combustible determinada de conformidad con el punto 4.6.3.1 del presente Reglamento.



La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 042 439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, modificado por la serie 04 de modificaciones, y que se cumplen los límites aplicables indicados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

### III. HOMOLOGACIÓN «II» (fila B2)

(véase el punto 4.6.3 del presente Reglamento)

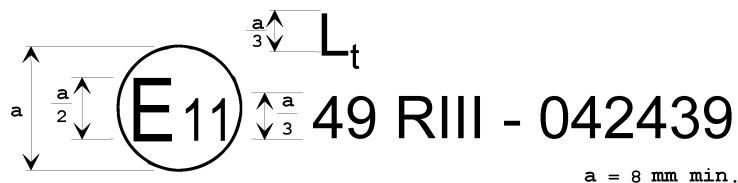
#### Modelo E

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila B2 que funcionen con diésel o gas licuado de petróleo (GLP).



#### Modelo F

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila B2 que funcionen con gas natural (GN). El sufijo que figura después del símbolo nacional indica la calificación del combustible determinada de conformidad con el punto 4.6.3.1 del presente Reglamento.



La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 042 439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, modificado por la serie 04 de modificaciones, y que se cumplen los límites aplicables indicados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

### IV. HOMOLOGACIÓN «IV» (fila C)

(véase el punto 4.6.3 del presente Reglamento)

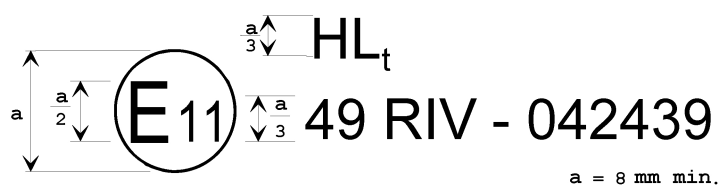
#### Modelo G

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila C que funcionen con diésel o gas licuado de petróleo (GLP).



#### Modelo H

Motores homologados para los límites de emisiones de la fila C que funcionen con gas natural (GN). El sufijo que figura después del símbolo nacional indica la calificación del combustible determinada de conformidad con el punto 4.6.3.1 del presente Reglamento.



La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 con el número de homologación 042 439. Esta marca indica que la homologación se concedió de conformidad con los requisitos del Reglamento n° 49, modificado por la serie 04 de modificaciones, y que se cumplen los límites aplicables indicados en el punto 5.2.1 del presente Reglamento.

V. MOTOR/VEHÍCULO HOMOLOGADO CON ARREGLO A UNO O VARIOS REGLAMENTOS  
(véase el punto 4.7 del presente Reglamento)

Modelo I



La presencia de la marca de homologación anterior en un motor/vehículo indica que el tipo de motor/vehículo en cuestión ha sido homologado en el Reino Unido (E11) de conformidad con el Reglamento n° 49 (nivel de emisiones IV) y el Reglamento n° 24 <sup>(1)</sup>. Las dos primeras cifras de los números de homologación indican que, en las fechas de concesión de las homologaciones respectivas, el Reglamento n° 49 incluía la serie 04 de modificaciones y el Reglamento n° 24 incluía la serie 03 de modificaciones.

<sup>(1)</sup> El segundo número de Reglamento se ofrece únicamente a modo de ejemplo.

## ANEXO 4

## PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

## 1. INTRODUCCIÓN

1.1. El presente anexo describe los métodos para determinar las emisiones de componentes gaseosos, de partículas y de humo de los motores sometidos a ensayo. Se describen tres ciclos de ensayo que deberán aplicarse de conformidad con lo dispuesto en el punto 5.2 del Reglamento:

1.1.1. el ciclo ESC, consistente en un ciclo de trece fases en estado continuo,

1.1.2. el ciclo ELR, consistente en etapas de carga transitorias a diferentes regímenes, que forman parte integrante de un mismo procedimiento de ensayo y son concurrentes;

1.1.3. el ciclo ETC, consistente en una secuencia segundo a segundo de fases transitorias.

1.2. El ensayo se efectuará con el motor instalado en un banco de pruebas y conectado a un dinamómetro.

## 1.3. Principio de medición

Las emisiones que deben medirse en el escape de un motor incluyen los componentes gaseosos (monóxido de carbono e hidrocarburos totales en el caso de los motores diésel, sólo en el ensayo ESC; hidrocarburos no metánicos en el caso de los motores diésel y de gas, sólo en el ensayo ETC; metano en el caso de los motores de gas, sólo en el ensayo ETC; y óxidos de nitrógeno), las partículas (motores diésel y motores de gas, sólo en la fase C) y el humo (motores diésel, sólo en el ensayo ELR). Además, a menudo se utiliza el dióxido de carbono como gas trazador para determinar la relación de dilución de sistemas de dilución de flujo parcial y de flujo total. Desde un punto de vista técnico, se considera que la medición general del dióxido de carbono constituye una excelente forma de detectar problemas de medición durante la realización del ensayo.

## 1.3.1. Ensayo ESC

Durante una secuencia prescrita de funcionamiento del motor caliente, los citados valores de las emisiones de escape deben examinarse de manera continua tomando una muestra del gas de escape bruto. El ciclo de ensayo consistirá en un número determinado de fases de régimen y de potencia que abarquen la gama típica de funcionamiento de los motores diésel. En cada fase, se determinarán la concentración de cada contaminante gaseoso, el caudal de escape y la potencia desarrollada, y se ponderarán los valores medidos. La muestra de partículas deberá diluirse con aire ambiente acondicionado. Se tomará una muestra a lo largo de todo el procedimiento de ensayo, mediante los filtros adecuados. Se calcularán los gramos por kilovatio hora (kWh) de cada contaminante emitido mediante el método descrito en el apéndice 1 del presente anexo. Asimismo, los NO<sub>x</sub> deberán medirse en tres puntos de ensayo de la zona de control seleccionada por el servicio técnico <sup>(1)</sup>, y los valores determinados se compararán con los valores calculados a partir de esas fases del ciclo de ensayo que rodeen los puntos de ensayo seleccionados. El control de los NO<sub>x</sub> garantiza la eficacia del control de emisiones del motor dentro de su gama de funcionamiento típica.

## 1.3.2. Ensayo ELR

Durante un ensayo de respuesta en carga prescrito, deberá determinarse el humo emitido por un motor caliente mediante un opacímetro. El ensayo consistirá en cargar el motor a régimen constante del 10 % al 100 %, a tres regímenes distintos. El ensayo continuará con una cuarta fase de carga seleccionada por el Servicio técnico y el valor obtenido se comparará con los valores de las anteriores fases de carga. El pico del humo deberá determinarse por medio de un algoritmo promediador, como se describe en el apéndice 1 del presente anexo.

(<sup>1</sup>) Los puntos de ensayo deberán seleccionarse utilizando métodos estadísticos de aleatorización aprobados.

1.3.3. *Ensayo ETC*

Durante un ciclo de transición prescrito en condiciones de funcionamiento del motor caliente, basado estrechamente en las circunstancias específicas de conducción en carretera de motores de gran potencia instalados en camiones y autobuses, se examinarán los contaminantes citados tras diluir el gas de escape total con aire ambiente acondicionado. Utilizando las señales de retorno del par y del régimen del dinamómetro del motor, se integrará la potencia respecto a la duración del ciclo y se obtendrá el trabajo producido por el motor durante el ciclo. Se determinará la concentración de NO<sub>x</sub> y de HC durante el ciclo integrando la señal del analizador. Las concentraciones de CO, CO<sub>2</sub> y NMHC podrán determinarse mediante integración de la señal del analizador o mediante muestreo con bolsas. Para las partículas, se recogerá una muestra proporcional con filtros adecuados. Se determinará el caudal de gas de escape diluido durante el ciclo para calcular los valores de emisión máscica de los contaminantes. Los valores de emisión máscica deberán ponerse en relación con el trabajo del motor para obtener la emisión de cada contaminante en gramos por kilovatio hora (kWh) según se describe en el apéndice 2 del presente anexo.

## 2. CONDICIONES DE ENSAYO

2.1. **Condiciones de ensayo del motor**

2.1.1. Se medirá la temperatura absoluta (T<sub>a</sub>) del aire del motor en su punto de entrada, expresada en grados Kelvin, y la presión atmosférica seca (p<sub>s</sub>), expresada en kPa, y se determinará el parámetro F de acuerdo con las disposiciones siguientes:

a) para los motores diésel:

Motores atmosféricos y motores sobrealimentados mecánicamente:

$$F = \left( \frac{99}{P_s} \right) \times \left( \frac{T_a}{298} \right)^{0,7}$$

Motores con turbocompresor con o sin refrigeración del aire de admisión:

$$F = \left( \frac{99}{P_s} \right)^{0,7} \times \left( \frac{T_a}{298} \right)^{1,5}$$

b) para los motores de gas:

$$F = \left( \frac{99}{P_s} \right)^{1,2} \times \left( \frac{T_a}{298} \right)^{0,6}$$

2.1.2. *Validez del ensayo*

Para que un ensayo se considere válido, el parámetro F deberá cumplir la condición siguiente:

$$0,96 \leq F \leq 1,06$$

2.2. **Motores con refrigeración del aire de sobrealimentación**

Se registrará la temperatura del aire de sobrealimentación, que deberá encontrarse, al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga, dentro de un margen de ± 5 K de la temperatura máxima del aire de sobrealimentación especificada en el anexo 1, apéndice 1, punto 1.16.3. La temperatura mínima del agente refrigerante será de 293 K (20 °C).

Si se utiliza un banco de pruebas o un soplante externo, la temperatura del aire de sobrealimentación deberá encontrarse dentro de un margen de ± 5 K de la temperatura máxima del aire de admisión especificada en el anexo 1, punto 1.16.3, al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga. La configuración del refrigerador del aire de sobrealimentación necesaria para cumplir estas condiciones se utilizará durante todo el ciclo de ensayo.

2.3. **Sistema de admisión de aire del motor**

Se utilizará un sistema de admisión de aire del motor cuya restricción de la admisión del aire se encuentre dentro de un margen de ± 100 Pa respecto al límite superior del motor funcionando al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga.

#### 2.4. Sistema de escape del motor

Se utilizará un sistema de escape con una contrapresión de escape situada dentro de un margen de  $\pm 1\ 000$  Pa respecto al límite superior del motor funcionando al régimen de la potencia máxima declarada y a plena carga, y con un volumen situado dentro de un margen de  $\pm 40\ %$  del especificado por el fabricante. Podrá utilizarse un sistema de banco de pruebas, siempre que represente las condiciones reales de funcionamiento del motor. El sistema de escape será conforme a los requisitos de muestreo del gas de escape establecidos en el anexo 4, apéndice 4, punto 3.4, y en el anexo 4, apéndice 6, punto 2.2.1, EP, y punto 2.3.1, EP.

Si el motor incluye un dispositivo de postratamiento del gas de escape, el tubo de escape deberá tener el mismo diámetro que en un punto situado a una distancia equivalente a un mínimo de cuatro veces el diámetro del tubo antes del comienzo de la sección de expansión que contiene el dispositivo de postratamiento del gas de escape. La distancia entre la brida del colector de escape o la salida del turbocompresor y el dispositivo de postratamiento del gas de escape será la de la configuración del vehículo o será conforme a la distancia especificada por el fabricante. La contrapresión o restricción del gas de escape deberá cumplir los mismos criterios y podrá regularse con una válvula. El contenedor de postratamiento podrá retirarse durante los ensayos simulados y la cartografía del motor y sustituirse por un contenedor equivalente que incluya un soporte de catalizador inactivo.

#### 2.5. Sistema de refrigeración

Deberá utilizarse un sistema de refrigeración con suficiente capacidad para mantener el motor a las temperaturas normales de funcionamiento prescritas por el fabricante.

#### 2.6. Aceite lubricante

Las especificaciones del aceite lubricante utilizado para el ensayo se registrarán y se presentarán junto con los resultados del ensayo, tal como se especifica en el anexo 1, punto 7.1.

#### 2.7. Combustible

Deberá utilizarse el combustible de referencia especificado en los anexos 5, 6 o 7.

El fabricante especificará la temperatura y el punto de medición del combustible dentro de los límites indicados en el anexo 1, punto 1.16.5. La temperatura del combustible no deberá ser inferior a 306 K (33 °C). Si no se especifica, dicha temperatura será de 311 K  $\pm$  5 K (38 °C  $\pm$  5 °C) en la entrada de la alimentación de combustible.

Para los motores alimentados con GN y GLP, si no se trata de un motor de referencia, la temperatura del combustible y el punto de medición se situarán dentro de los límites indicados en el anexo 1, punto 1.16.5, o en el anexo 1, apéndice 3, punto 1.16.5.

#### 2.8. Ensayo de los sistemas de postratamiento del gas de escape

Si el motor incluye un sistema de postratamiento del gas de escape, las emisiones medidas en el ciclo o los ciclos de ensayo deberán ser representativas de las emisiones en condiciones de uso reales. Si ello no puede conseguirse con un solo ciclo de ensayo (por ejemplo, para filtros de partículas con regeneración periódica), deberán realizarse varios ciclos de ensayo y promediar o ponderar los resultados obtenidos. El fabricante del motor y el servicio técnico acordarán el procedimiento exacto basándose en criterios técnicos adecuados.

## ANEXO 4

## Apéndice 1

## CICLOS DE ENSAYO ESC Y ELR

## 1. CONFIGURACIONES DEL MOTOR Y DEL DINAMÓMETRO

## 1.1. Determinación de los regímenes del motor A, B y C

El fabricante declarará los regímenes del motor A, B y C de conformidad con las disposiciones siguientes:

El régimen alto  $n_{hi}$  se determinará calculando el 70 % de la potencia neta máxima declarada  $P(n)$ , tal como se especifica en el anexo 1, apéndice 1, punto 8.2. El régimen más alto del motor con el que se obtiene ese valor 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  $P(n)$ , tal como se especifica en el anexo 1, apéndice 1, punto 8.2. El régimen más bajo del motor con el que se obtiene ese valor en la curva de potencia se define como  $n_{lo}$ .

Los regímenes del motor A, B y C se calcularán de la manera siguiente:

$$\text{Régimen A} = n_{lo} + 25 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

$$\text{Régimen B} = n_{lo} + 50 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

$$\text{Régimen C} = n_{lo} + 75 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

Los regímenes del motor A, B y C pueden verificarse mediante uno de los métodos siguientes:

- Se miden puntos de ensayo adicionales durante la homologación de la potencia del motor, de conformidad con el Reglamento n° 24, para determinar con precisión el  $n_{hi}$  y el  $n_{lo}$ . La potencia máxima,  $n_{hi}$  y  $n_{lo}$  se determinan a partir de la curva de potencia, y los regímenes del motor A, B y C se calculan de acuerdo con las disposiciones anteriores.
- Se cartografía el motor a lo largo de toda la curva de carga, desde el régimen máximo sin carga hasta el régimen de ralentí, utilizando al menos cinco puntos de medición con intervalos de  $1\ 000\ \text{min}^{-1}$  y puntos de medición dentro de un margen de  $\pm 50\ \text{min}^{-1}$  del régimen a la potencia máxima declarada. La potencia máxima,  $n_{hi}$  y  $n_{lo}$  se determinan a partir de esta curva gráfica, y los regímenes del motor A, B y C se calculan de acuerdo con las disposiciones anteriores.

Si los regímenes del motor medidos A, B y C se encuentran dentro de un margen no superior a  $\pm 3\ %$  de los regímenes del motor declarados por el fabricante, deberán utilizarse estos últimos en el ensayo sobre emisiones. Si se rebasa el margen de tolerancia de cualquiera de los regímenes del motor, se utilizarán los regímenes medidos en el citado ensayo sobre emisiones.

## 1.2. Determinación de los reglajes del dinamómetro

La curva del par a plena carga se determinará mediante experimentación, para calcular los valores del par en las fases de ensayo especificadas en condiciones netas, tal como se indica en el anexo 1, apéndice 1, punto 8.2. Se tendrá en cuenta la potencia que absorba el equipo accionado por el motor, si procede. El reglaje del dinamómetro para cada fase de ensayo, salvo el ralentí, se calculará mediante las fórmulas siguientes:

$$S = P(n) \times \frac{L}{100}$$

si el ensayo se efectúa en condiciones netas

$$S = P(n) \times \frac{L}{100} + (P(a) - P(b))$$

si el ensayo no se efectúa en condiciones netas

donde:

- s = reglaje del dinamómetro, en kW
- P(n) = potencia neta del motor, indicada en el anexo 1, apéndice 1, punto 8.2, en kW
- L = porcentaje de carga, tal como se indica en el punto 2.7.1
- P(a) = potencia absorbida por los accesorios que deben instalarse, tal como se indica en el anexo 1, apéndice 1, punto 6.1
- P(b) = potencia absorbida por los accesorios que deben retirarse, tal como se indica en el anexo 1, apéndice 1, punto 6.2

## 2. PERIODO DE ENSAYO ESC

A petición del fabricante, podrá efectuarse un periodo de ensayo simulado para acondicionar el motor y el sistema de escape antes del ciclo de medición.

### 2.1. Preparación de los filtros de muestreo

Al menos una hora antes del ensayo, cada filtro (o par de filtros) deberá introducirse en una caja de petri cerrada pero sin sellar y colocarse en una cámara de pesaje para su estabilización. Una vez concluido el periodo de estabilización, se pesará cada uno de los filtros (o par de filtros) y se registrará la tara. A continuación se guardará el filtro (o par de filtros) en una caja de petri cerrada o en un portafiltros sellado hasta que se necesite para el ensayo. Si el filtro (o par de filtros) no se utiliza en el plazo de ocho horas después de haberlo sacado de la cámara de pesaje, deberá volver a acondicionarse y pesarse antes de su utilización.

### 2.2. Instalación del equipo de medición

Los instrumentos y las sondas de muestreo se instalarán según las prescripciones. Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total para la dilución del gas de escape, el tubo de escape se conectará al sistema.

### 2.3. Puesta en marcha del sistema de dilución y del motor

El sistema de dilución y el motor se pondrán en marcha y se calentarán hasta que todas las temperaturas y presiones se hayan estabilizado a la potencia máxima, de conformidad con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas.

### 2.4. Puesta en marcha del sistema de muestreo de partículas

El sistema de muestreo de partículas se pondrá en marcha y se hará funcionar en derivación. El nivel de fondo de partículas del aire de dilución podrá determinarse haciendo pasar el aire de dilución por los filtros de partículas. Si se utiliza aire de dilución filtrado, podrá efectuarse una medición antes o después del ensayo. Si no se filtra el aire de dilución, se podrán efectuar mediciones al principio y al final del ciclo y calcular el promedio de los valores obtenidos.

### 2.5. Ajuste de la relación de dilución

El aire de dilución se regulará de manera que la temperatura del gas de escape diluido, medida justo antes del filtro primario, no rebase 325 K (52 °C) en ninguna fase. La relación de dilución (q) no deberá ser inferior a 4.

Para los sistemas que utilicen la medición de la concentración de CO<sub>2</sub> o de NO<sub>x</sub> para controlar la relación de dilución, es preciso medir el contenido de CO<sub>2</sub> o de NO<sub>x</sub> en el aire de dilución al principio y al final de cada ensayo. Las mediciones de la concentración de fondo de CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> en el aire de dilución efectuadas antes y después del ensayo deberán encontrarse dentro de un margen de 100 ppm o 5 ppm, respectivamente.

### 2.6. Comprobación de los analizadores

Los analizadores se pondrán a cero y se calibrarán con gas patrón.

## 2.7. Ciclo de ensayo

2.7.1. Deberá seguirse el siguiente ciclo de trece fases de funcionamiento del dinamómetro con el motor de ensayo:

Número de fase	Régimen del motor	Porcentaje de carga	Factor de ponderación	Duración de la fase
1	ralentí	—	0,15	4 minutos
2	A	100	0,08	2 minutos
3	B	50	0,10	2 minutos
4	B	75	0,10	2 minutos
5	A	50	0,05	2 minutos
6	A	75	0,05	2 minutos
7	A	25	0,05	2 minutos
8	B	100	0,09	2 minutos
9	B	25	0,10	2 minutos
10	C	100	0,08	2 minutos
11	C	25	0,05	2 minutos
12	C	75	0,05	2 minutos
13	C	50	0,05	2 minutos

### 2.7.2. Secuencia de ensayo

Se inicia la secuencia de ensayo. El ensayo deberá efectuarse siguiendo el orden de los números de las fases establecido en el punto 2.7.1.

El motor deberá funcionar durante el tiempo prescrito para cada fase, y los cambios de régimen y de carga del motor deberán completarse en los primeros veinte segundos. El régimen especificado deberá mantenerse dentro de un margen de  $\pm 50 \text{ min}^{-1}$  y el par especificado se mantendrá dentro de un margen de  $\pm 2 \%$  del par máximo al régimen de ensayo.

A petición del fabricante, la secuencia de ensayo podrá repetirse un número de veces suficiente para recoger más masa de partículas en el filtro. El fabricante facilitará una descripción detallada de los procedimientos de cálculo y evaluación de los datos. Las emisiones gaseosas sólo deberán determinarse en el primer ciclo.

### 2.7.3. Respuesta de los analizadores

El resultado de los analizadores deberá registrarse en un registrador de banda o medirse con un sistema equivalente de recogida de datos mientras el gas de escape circula a través de los analizadores durante el ciclo de ensayo.

### 2.7.4. Muestreo de partículas

Se utilizará un par de filtros (filtros primario y secundario; véase el apéndice 4 del anexo 4) durante todo el procedimiento de ensayo. Se tendrán en cuenta los factores de ponderación de las fases especificados en el procedimiento del ciclo de ensayo, tomando una muestra proporcional al flujo másico de escape durante cada fase individual del ciclo. Para ello es preciso ajustar el caudal, el tiempo de muestreo o la relación de dilución, de modo que se cumpla el criterio sobre los factores de ponderación efectivos que se menciona en el punto 5.6.

El tiempo de muestreo para cada fase será de al menos cuatro segundos por factor de ponderación de 0,01. El muestreo deberá efectuarse lo más tarde posible en cada fase. El muestreo de partículas concluirá como máximo cinco segundos antes del final de cada fase.

### 2.7.5. Condiciones del motor

El régimen y la carga del motor, la temperatura y la depresión del aire de admisión, la temperatura y la contrapresión del gas de escape, los caudales del combustible y del aire o el gas de escape, la temperatura del aire de sobrealimentación y la temperatura y la humedad del combustible deberán registrarse en cada fase. Los requisitos de régimen y de carga (véase el punto 2.7.2) se cumplirán durante el muestreo de partículas y, en todo caso, durante el último minuto de cada fase.

Se registrará cualquier dato adicional que se precise para el cálculo (véanse los apartados 4 y 5).

#### 2.7.6. *Medición de los NO<sub>x</sub> en la zona de control*

La medición de los NO<sub>x</sub> en la zona de control se efectuará nada más finalizar la fase 13. El motor se acondicionará en la fase 13 durante tres minutos antes de iniciar las mediciones. Se realizarán tres mediciones en diferentes lugares de la zona de control seleccionados por el Servicio técnico <sup>(1)</sup>. Cada medición tendrá una duración de dos minutos.

El procedimiento de medición es idéntico al de medición de los NO<sub>x</sub> en el ciclo de 13 fases y deberá efectuarse de conformidad con los puntos 2.7.3, 2.7.5 y 4.1 del presente apéndice, y con el anexo 4, apéndice 4, apartado 3.

Los cálculos deberán efectuarse de acuerdo con lo indicado en el apartado 4.

#### 2.7.7. *Nueva verificación de los analizadores*

Una vez finalizado el ensayo sobre las emisiones, se utilizará un gas cero y el mismo gas patrón para efectuar una nueva verificación. El ensayo se considerará aceptable si la diferencia entre los resultados previos y posteriores al ensayo es inferior a un 2 % del valor del gas patrón.

### 3. PERIODO DE ENSAYO ELR

#### 3.1. **Instalación del equipo de medición**

El opacímetro y las sondas de muestreo, si procede, se instalarán después del silenciador o de cualquier dispositivo de postratamiento del gas de escape, en caso de que haya alguno instalado, de conformidad con los procedimientos generales de instalación especificados por el fabricante del instrumento. Asimismo, se cumplirán, en su caso, los requisitos del apartado 10 de la norma ISO 11 614.

Antes de proceder a la comprobación del cero y del fondo de escala, el opacímetro deberá calentarse y estabilizarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento. Si el opacímetro está equipado con un sistema de purga de aire para evitar que se ensucie su óptica, deberá activarse y ajustarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

#### 3.2. **Verificación del opacímetro**

Las comprobaciones del cero y del fondo de escala se efectuarán en la función de lectura de la opacidad, dado que la escala de opacidad ofrece dos puntos de calibración realmente definibles, que son el 0 % de opacidad y el 100 % de opacidad. A continuación se calculará correctamente el coeficiente de absorción de luz sobre la base de la opacidad medida y de la L<sub>A</sub>, facilitada por el fabricante del opacímetro, cuando el instrumento se ponga de nuevo en la función de lectura k para realizar el ensayo.

Cuando no se bloquee el haz luminoso del opacímetro, el valor leído se ajustará a 0,0 % ± 1,0 % de opacidad. Si la luz no llega al receptor, el valor leído se ajustará al 100,0 % ± 1,0 % de opacidad.

#### 3.3. **Ciclo de ensayo**

##### 3.3.1. *Acondicionamiento del motor*

El motor y el sistema se calentarán a la máxima potencia a fin de estabilizar los parámetros del motor siguiendo las recomendaciones del fabricante. Con esta fase de acondicionamiento previo se pretende también evitar que depósitos que se hayan acumulado en el sistema de escape en un ensayo anterior influyan en la medición real.

Una vez estabilizado el motor, deberá iniciarse el ciclo en el plazo de 20 ± 2 s siguientes a la fase de acondicionamiento previo. A petición del fabricante, podrá efectuarse un ensayo simulado a modo de acondicionamiento adicional antes del ciclo de medición.

(1) Los puntos de ensayo deben seleccionarse utilizando métodos estadísticos de aleatorización aprobados.

## 3.3.2. Secuencia de ensayo

El ensayo consistirá en una secuencia de tres fases de carga en cada uno de los regímenes del motor A (ciclo 1), B (ciclo 2) y C (ciclo 3), determinados de acuerdo con el anexo 4, punto 1.1, seguidas del ciclo 4 a un régimen situado en la zona de control y una carga del 10 al 100 %, seleccionada por el Servicio técnico <sup>(1)</sup>. Se seguirá la siguiente secuencia de funcionamiento del dinamómetro con el motor de ensayo, según se muestra en la figura 3.

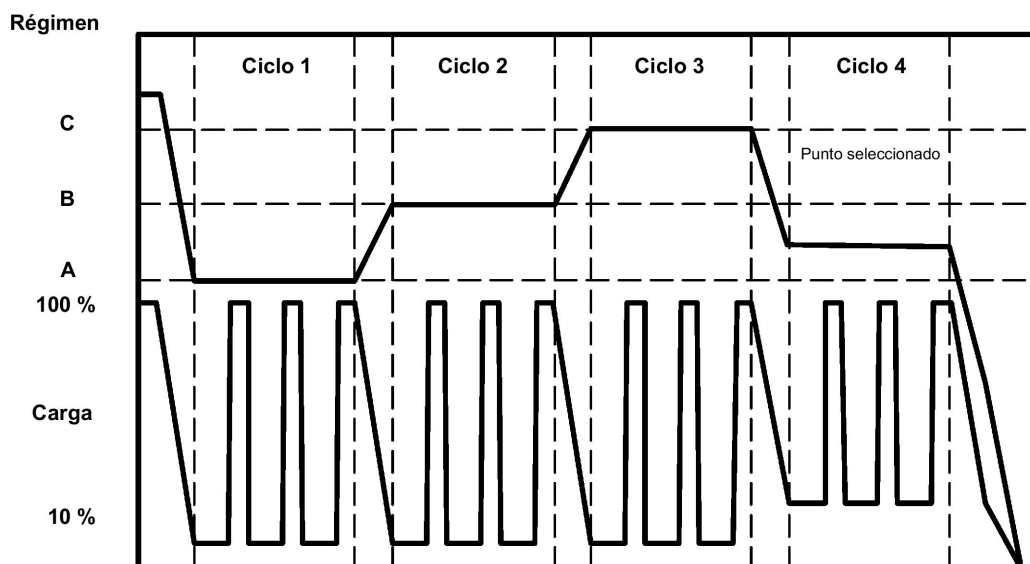


Figura 3: Secuencia del ensayo ELR

- a) El motor se hará funcionar al régimen A con una carga del 10 % durante  $20 \pm 2$  s. El régimen especificado deberá mantenerse dentro de un margen de  $\pm 20 \text{ min}^{-1}$  y el par especificado se mantendrá dentro de un margen  $\pm 2$  % del par máximo al régimen de ensayo.
- b) Al final del segmento anterior, el mando de control del régimen se llevará rápidamente a la posición de apertura máxima y se mantendrá así durante  $10 \pm 1$  s. Se aplicará la carga del dinamómetro necesaria para mantener el régimen del motor dentro de un margen de  $\pm 150 \text{ min}^{-1}$  durante los primeros 3 s, y dentro de un margen de  $\pm 20 \text{ min}^{-1}$  durante el resto del segmento.
- c) La secuencia descrita en las letras a) y b) se repetirá dos veces.
- d) Al finalizar la tercera fase de carga, el motor se ajustará al régimen B y a una carga del 10 % en el plazo de  $20 \pm 2$  s.
- e) Se seguirá la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor al régimen B.
- f) Al finalizar la tercera fase de carga, el motor se ajustará al régimen C y a una carga del 10 % en el plazo de  $20 \pm 2$  s.
- g) Se seguirá la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor al régimen C.
- h) Al finalizar la tercera fase de carga, el motor se ajustará al régimen seleccionado y a cualquier carga superior al 10 % en el plazo de  $20 \pm 2$  s.
- i) Se seguirá la secuencia descrita en las letras a) a c) con el motor al régimen seleccionado.

<sup>(1)</sup> Los puntos de ensayo deben seleccionarse utilizando métodos estadísticos de aleatorización aprobados.

### 3.4. Validación del ciclo

Las desviaciones estándar de los valores medios del humo en cada régimen de ensayo ( $SV_A$ ,  $SV_B$  y  $SV_C$ , calculadas de acuerdo con el punto 6.3.3 del presente apéndice a partir de las tres fases de carga sucesivas a cada régimen de ensayo) deben ser inferiores al 15 % del valor medio o al 10 % del valor límite indicado en el cuadro 1 del Reglamento, si es superior. Si la diferencia es mayor, se repetirá la secuencia hasta que tres fases de carga sucesivas cumplan los criterios de validación.

### 3.5. Nueva verificación del opacímetro

El valor de desviación del cero del opacímetro después del ensayo no deberá rebasar  $\pm 5,0$  % del valor límite indicado en el cuadro 1 del Reglamento.

## 4. CÁLCULO DE LAS EMISIONES GASEOSAS

### 4.1. Evaluación de los datos

Para la evaluación de las emisiones gaseosas, se promediarán los valores que indique el registrador gráfico en los treinta últimos segundos de cada fase, y las concentraciones (conc) medias de HC, CO y  $NO_x$  durante cada fase se determinarán a partir del promedio de los valores del registrador gráfico y los datos de calibración correspondientes. Podrá utilizarse un tipo de registro distinto si garantiza una recogida de datos equivalente.

Para la medición de los  $NO_x$  en la zona de control, los requisitos anteriores se aplican únicamente a los  $NO_x$ .

El caudal de gas de escape GEXHW, o el caudal de gas de escape diluido GTOTW, si se utiliza como alternativa, se determinará de conformidad con lo dispuesto en el anexo 4, apéndice 4, punto 2.3.

### 4.2. Corrección base seca/base húmeda

Si la concentración no se ha medido en base húmeda, se calculará en base húmeda mediante las fórmulas siguientes:

$$\text{conc}(\text{base húmeda}) = K_{W} \times \text{conc}(\text{base seca})$$

Para el gas de escape bruto:

$$K_{W,r} = \left( 1 - F_{FH} \times \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} \right) - K_{W2}$$

y

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left( 1 + \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}} \right)}$$

Para el gas de escape diluido:

$$K_{W,e,1} = \left( 1 - \frac{HTCRAT \times CO_2\% \text{ (wet)}}{200} \right) - K_{W1}$$

o bien

$$K_{W,e,2} = \left( \frac{(1 - K_{W1})}{1 + \frac{HTCRAT \times CO_2\% \text{ (dry)}}{200}} \right)$$

Para el aire de dilución:

$$K_{W,d} = 1 - K_{W1}$$

Para el aire de admisión:  
(si es diferente del aire de dilución)

$$K_{W,a} = 1 - K_{W2}$$

$$K_{w1} = \frac{1,608 \times H_d}{1\,000 + (1,608 \times H_d)}$$

$$H_d = \frac{6,220 \times R_d \times p_d}{p_B - p_d \times R_d \times 10^{-2}}$$

$$K_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

donde:

$H_a, H_d$  = g de agua por kg de aire seco

$R_d, R_a$  = humedad relativa del aire de dilución/admisión, en %

$p_d, p_a$  = presión de vapor de saturación del aire de dilución/admisión, en kPa

$p_B$  = presión barométrica total, en kPa

#### 4.3. Corrección de los $NO_x$ en función de la humedad y la temperatura

Como la emisión de  $NO_x$  depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de  $NO_x$  deberá corregirse en función de la humedad y la temperatura del aire ambiente mediante los factores de las fórmulas siguientes.

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A \times (H_a - 10,71) + B \times (T_a - 298)}$$

donde:

$A$  =  $0,309 \times G_{FUEL}/G_{AIRD} - 0,0266$

$B$  =  $-0,209 \times G_{FUEL}/G_{AIRD} + 0,00954$

$T_a$  = temperatura del aire, en K

$H_a$  = humedad del aire de admisión, en g de agua por kg de aire seco:

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

$R_a$  = humedad relativa del aire de admisión, en %

$p_a$  = presión de vapor de saturación del aire de admisión, en kPa

$p_B$  = presión barométrica total, en kPa

#### 4.4. Cálculo de los caudales máxicos de las emisiones

Los caudales máxicos de las emisiones (g/h) de cada fase se calcularán de la manera siguiente, suponiendo que el gas de escape tiene una densidad de  $1,293 \text{ kg/m}^3$  a  $273 \text{ K}$  ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y  $101,3 \text{ kPa}$ :

$$1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \times \text{NO}_{x \text{ conc}} \times K_{H,D} \times G_{EXHW}$$

$$2) \text{ CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \times \text{CO}_{\text{conc}} \times G_{EXHW}$$

$$3) \text{ HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \times \text{HC}_{\text{conc}} \times G_{EXHW}$$

donde  $\text{NO}_{x \text{ conc}}$ ,  $\text{CO}_{\text{conc}}$ ,  $\text{HC}_{\text{conc}}$  <sup>(1)</sup> son las concentraciones medias (ppm) en el gas de escape bruto, como se indica en el punto 4.1.

En caso de que se haya optado por la alternativa de determinar las emisiones gaseosas con un sistema de dilución de flujo total, se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \times \text{NO}_{x \text{ conc}} \times K_{H,D} \times G_{TOTW}$$

$$2) \text{ CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \times \text{CO}_{\text{conc}} \times G_{TOTW}$$

$$3) \text{ HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \times \text{HC}_{\text{conc}} \times G_{TOTW}$$

donde  $\text{NO}_{x \text{ conc}}$ ,  $\text{CO}_{\text{conc}}$ ,  $\text{HC}_{\text{conc}}$  <sup>(1)</sup> son las concentraciones medias con corrección de fondo (ppm) de cada fase en el gas de escape diluido, tal como se indica en el anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1.1.

<sup>(1)</sup> Basadas en equivalente de C1.

#### 4.5. Cálculo de las emisiones específicas

Deberán calcularse las emisiones (g/kWh) de todos los componentes individuales de la manera siguiente:

$$\overline{\text{NO}}_x = \frac{\sum \text{NO}_{x,\text{mass}} \times \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i \times \text{WF}_i}$$

$$\overline{\text{CO}} = \frac{\sum \text{CO}_{\text{mass}} \times \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i \times \text{WF}_i}$$

$$\overline{\text{HC}} = \frac{\sum \text{HC}_{\text{mass}} \times \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i \times \text{WF}_i}$$

Los factores de ponderación (WF) utilizados en las anteriores fórmulas de cálculo son conformes a lo dispuesto en el punto 2.7.1.

#### 4.6. Cálculo de los valores de control de la zona

Para los tres puntos de control seleccionados según lo dispuesto en el punto 2.7.6, la emisión de  $\text{NO}_x$  se medirá y calculará de conformidad con el punto 4.6.1, y se determinará también mediante interpolación a partir de las fases del ciclo de ensayo más cercanas al punto de control respectivo, de conformidad con el punto 4.6.2. A continuación, los valores medidos se compararán con los valores interpolados, de conformidad con el punto 4.6.3.

##### 4.6.1. Cálculo de las emisiones específicas

La emisión de  $\text{NO}_x$  en cada uno de los puntos de control (Z) se calculará de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \text{NO}_{x,\text{mass},Z} &= 0,001587 \times \text{NO}_{x,\text{conc},Z} \times K_{\text{H,D}} \times G_{\text{EXHW}} \\ \text{NO}_{x,Z} &= \text{NO}_{x,\text{mass},Z} / \text{P}(n)_Z \end{aligned}$$

##### 4.6.2. Determinación del valor de emisión a partir del ciclo de ensayo

La emisión de  $\text{NO}_x$  para cada uno de los puntos de control se interpolará a partir de las cuatro fases más cercanas del ciclo de ensayo que rodean el punto de control seleccionado Z, tal como se muestra en la figura 4. Para estas fases (R, S, T, U), se aplican las definiciones siguientes:

$$\text{Régimen (R)} = \text{Régimen (T)} = n_{\text{RT}}$$

$$\text{Régimen (S)} = \text{Régimen (U)} = n_{\text{SU}}$$

$$\text{Porcentaje de carga (R)} = \text{Porcentaje de carga (S)}$$

$$\text{Porcentaje de carga (T)} = \text{Porcentaje de carga (U)}.$$

La emisión de  $\text{NO}_x$  del punto de control seleccionado Z se calculará de la manera siguiente:

$$E_Z = E_{\text{RS}} + (E_{\text{TU}} - E_{\text{RS}}) \cdot (M_Z - M_{\text{RS}}) / (M_{\text{TU}} - M_{\text{RS}})$$

y

$$E_{\text{TU}} = E_T + (E_U - E_T) \cdot (n_Z - n_{\text{RT}}) / (n_{\text{SU}} - n_{\text{RT}})$$

$$E_{\text{RS}} = E_R + (E_S - E_R) \cdot (n_Z - n_{\text{RT}}) / (n_{\text{SU}} - n_{\text{RT}})$$

$$M_{\text{TU}} = M_T + (M_U - M_T) \cdot (n_Z - n_{\text{RT}}) / (n_{\text{SU}} - n_{\text{RT}})$$

$$M_{\text{RS}} = M_R + (M_S - M_R) \cdot (n_Z - n_{\text{RT}}) / (n_{\text{SU}} - n_{\text{RT}})$$

donde:

$E_R, E_S, E_T, E_U$  = emisión específica de  $\text{NO}_x$  de las fases que rodean el punto Z seleccionado, calculada según lo dispuesto en el punto 4.6.1.

$M_R, M_S, M_T, M_U$  = par motor de las fases que rodean el punto de control Z

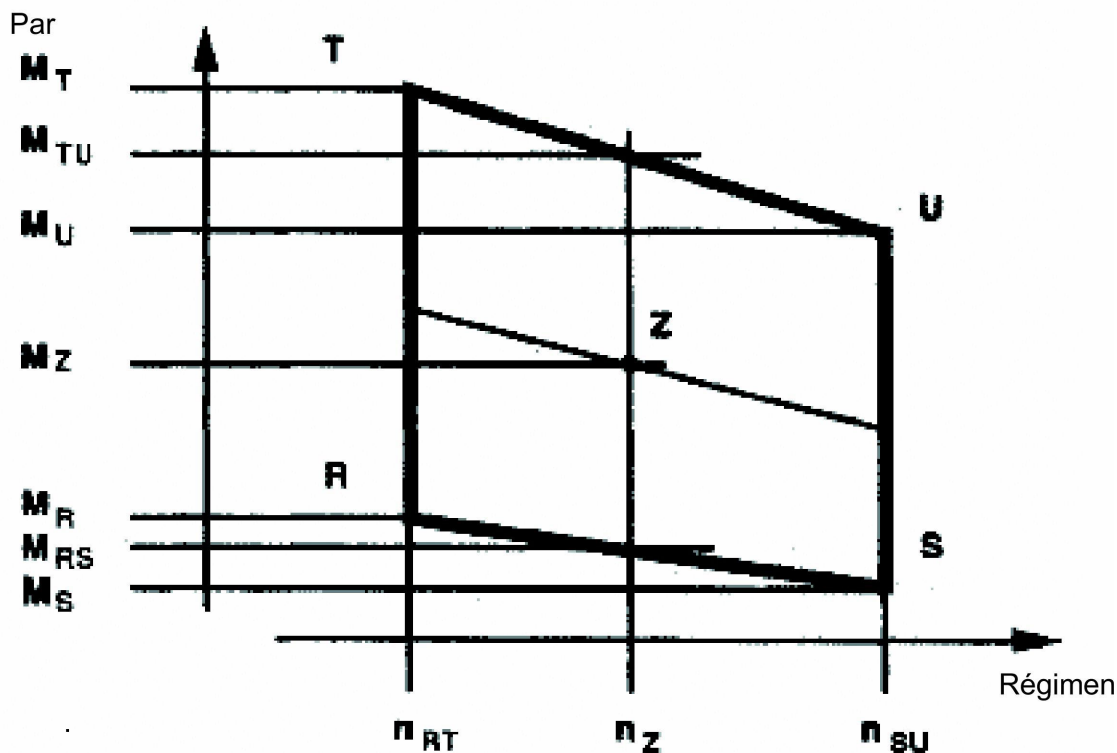


Figura 4: Interpolación del punto de control de los  $\text{NO}_x$

#### 4.6.3. Comparación de los valores de emisión de $\text{NO}_x$

La emisión específica de  $\text{NO}_x$  medida en el punto de control Z ( $\text{NO}_{x,Z}$ ) se compara con el valor interpolado ( $E_Z$ ) de la manera siguiente:

$$\text{NO}_{x,\text{diff}} = 100 \times (\text{NO}_{x,Z} - E_Z) / E_Z$$

## 5. CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE PARTÍCULAS

### 5.1. Evaluación de los datos

Para la evaluación de las partículas, en cada fase deberán registrarse las masas totales de las muestras ( $M_{SAM,i}$ ) que pasan por los filtros.

Los filtros se introducirán de nuevo en la cámara de pesaje y se acondicionarán durante al menos una hora, pero no más de ochenta horas, y a continuación se pesarán. Se registrará el peso bruto de los filtros y se restará la tara (véase el apartado 1 del presente apéndice). La masa de partículas  $M_f$  es la suma de las masas de partículas recogidas en el filtro primario y en los filtros secundarios.

Si es preciso aplicar una corrección de fondo, se registrarán la masa del aire de dilución ( $M_{DIL}$ ) que pasa por los filtros y la masa de las partículas ( $M_d$ ). En caso de que se haya efectuado más de una medición, se calculará el cociente  $M_d/M_{DIL}$  para cada una de las mediciones y se promediarán los valores.

### 5.2. Sistema de dilución de flujo parcial

Los resultados de ensayo finales sobre la emisión de partículas que deben notificarse se determinarán siguiendo las etapas siguientes. Dado que pueden utilizarse varios tipos de control del índice de dilución, son aplicables distintos métodos de cálculo del  $G_{EDFW}$ . Todos los cálculos estarán basados en los valores medios de las fases individuales durante el periodo de muestreo.

5.2.1. *Sistemas isocinéticos*

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{DILW,i} + (G_{EXHW,i} \times r)}{(G_{EXHW,i} \times r)}$$

donde r corresponde a la relación entre las superficies transversales de la sonda isocinética y del tubo de escape:

$$r = \frac{A_p}{A_r}$$

5.2.2. *Sistemas con medición de la concentración de CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>*

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{\text{conc}_{E,i} - \text{conc}_{A,i}}{\text{conc}_{D,i} - \text{conc}_{A,i}}$$

donde:

conc<sub>E</sub> = concentración en base húmeda del gas trazador en el gas de escape bruto

conc<sub>D</sub> = concentración en base húmeda del gas trazador en el gas de escape diluido

conc<sub>A</sub> = concentración en base húmeda del gas trazador en el aire de dilución

Las concentraciones medidas en base seca deberán convertirse a base húmeda de acuerdo con el punto 4.2 del presente apéndice.

5.2.3. *Sistemas con medición de CO<sub>2</sub> y método de equilibrio de carbono <sup>(1)</sup>*

$$G_{EDFW,i} = \frac{206,5 - G_{FUEL,i}}{CO_{2D,i} - CO_{2A,i}}$$

donde:

CO<sub>2D</sub> = concentración de CO<sub>2</sub> en el gas de escape diluido

CO<sub>2A</sub> = concentración de CO<sub>2</sub> en el aire de dilución

(concentraciones en % en volumen en base húmeda)

Esta ecuación se basa en la suposición de equilibrio de carbono (los átomos de carbono que recibe el motor se emiten como CO<sub>2</sub>) y se determina de la manera siguiente:

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{206,5 \times G_{FUEL,i}}{G_{EXW,i} \times (CO_{2D,i} - CO_{2A,i})}$$

y

5.2.4. *Sistemas con medición de caudal*

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{(G_{TOTW,i} - G_{DILW,i})}$$

5.3. **Sistema de dilución de flujo total**

Los resultados de ensayo sobre la emisión de partículas que deben notificarse se determinarán siguiendo las etapas indicadas a continuación. Todos los cálculos estarán basados en los valores medios de las fases individuales durante el periodo de muestreo.

$$G_{EDFW,i} = G_{TOTW,i}$$

(<sup>1</sup>) El valor sólo es válido para el combustible de referencia especificado en el Reglamento.

#### 5.4. Cálculo del caudal másico de partículas

El caudal másico de partículas se calculará de la manera siguiente:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} \times \frac{\overline{G_{\text{EDFW}}}}{1\ 000}$$

donde:

$$\overline{G_{\text{EDFW}}} = \sum_{i=1}^{i=n} G_{\text{EDFW},i} \times WF_i$$

$$M_{\text{SAM}} = \sum_{i=1}^{i=n} M_{\text{SAM},i}$$

$i = 1, \dots, n$

determinado durante el ciclo de ensayo mediante la suma de los valores medios de las fases individuales durante el periodo de muestreo.

Podrá efectuarse una corrección de fondo del caudal másico de partículas de la manera siguiente:

$$PT_{\text{mass}} = \left[ \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} - \left( \frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} \times \left( \sum_{i=1}^{i=n} \left( 1 - \frac{1}{DF_i} \right) \times WF_i \right) \right) \right] \times \frac{\overline{G_{\text{EDFW}}}}{1\ 000}$$

Si se efectúa más de una medición,  $(M_d/M_{\text{DIL}})$  se sustituirá por el valor medio de  $(M_d/M_{\text{DIL}})$ .

$DF_i = 13,4 / (\text{conc CO}_2 + (\text{conc CO} + \text{conc HC}) \times 10^{-4})$  para las fases individuales,

o bien

$DF_i = 13,4 / \text{concCO}_2$  para las fases individuales.

#### 5.5. Cálculo de las emisiones específicas

La emisión de partículas se calculará de la manera siguiente:

$$\overline{PT} = \frac{PT_{\text{mass}}}{\sum P(n)_i \times WF_i}$$

#### 5.6. Factor de ponderación efectivo

El factor de ponderación efectivo  $WF_{E,i}$  para cada fase se calculará de la manera siguiente:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{\text{SAM},i} \times \overline{G_{\text{EDFW}}}}{M_{\text{SAM}} \times G_{\text{EDFW},i}}$$

El valor de los factores de ponderación efectivos deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 0,003$  ( $\pm 0,005$  para la fase de ralentí) respecto a los factores de ponderación enumerados en el punto 2.7.1.

### 6. CÁLCULO DE LOS VALORES DEL HUMO

#### 6.1. Algoritmo de Bessel

Se utilizará el algoritmo de Bessel para calcular los valores medios en un 1 s a partir de la lectura de los valores del humo instantáneos, convertidos de acuerdo con lo dispuesto en el punto 6.3.1. Este algoritmo emula un filtro de paso bajo de segundo orden, y su utilización precisa cálculos iterativos para determinar los coeficientes. Estos coeficientes son una función del tiempo de respuesta del sistema del opacímetro y de la frecuencia de muestreo. Por consiguiente, debe repetirse el punto 6.1.1 siempre que cambie el tiempo de respuesta del sistema y/o la frecuencia de muestreo.

6.1.1. *Cálculo del tiempo de respuesta del filtro y de las constantes de Bessel*

El tiempo de respuesta de Bessel ( $t_f$ ) requerido es una función de los tiempos de respuesta física y eléctrica del sistema del opacímetro, tal como se especifica en el anexo 4, apéndice 4, punto 5.2.4, y debe calcularse mediante la ecuación siguiente:

$$t_f = \sqrt{1 - (t_p^2 + t_e^2)}$$

donde:

$t_p$  = tiempo de respuesta física, en segundos

$t_e$  = tiempo de respuesta eléctrica, en segundos

Los cálculos para estimar la frecuencia de corte del filtro ( $f_c$ ) se basan en una entrada escalonada de 0 a 1 en  $\leq 0,01$ s (véase el anexo 8). El tiempo de respuesta se define como el tiempo transcurrido desde que la respuesta de Bessel alcanza el 10 % ( $t_{10}$ ) hasta que alcanza el 90 % ( $t_{90}$ ) de esta función escalonada. Ello se obtiene iterando  $f_c$  hasta que  $t_{90} - t_{10} \approx t_f$ . La primera iteración de  $f_c$  se obtiene con la fórmula siguiente:

$$f_c = \pi / (10 \times t_f)$$

Las constantes de Bessel E y K se calcularán mediante las ecuaciones siguientes:

$$E = \frac{1}{1 + \Omega \times \sqrt{3 \times D + D \times \Omega^2}}$$

$$K = 2 \times E \times (D \times \Omega^2 - 1) - 1$$

donde:

$D = 0,618034$

$\Delta t = 1 / \text{frecuencia de muestreo}$

$\Omega = 1 / [\tan(\pi \times \Delta t \times f_c)]$

6.1.2. *Cálculo del algoritmo de Bessel*

Utilizando los valores de E y K, la respuesta promediada de Bessel en 1 s a una entrada escalonada Si se calculará de la manera siguiente:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

donde:

$$S_{i-2} = S_{i-1} = 0$$

$$S_i = 1$$

$$Y_{i-2} = Y_{i-1} = 0$$

Los tiempos  $t_{10}$  y  $t_{90}$  deberán interpolarse. La diferencia de tiempo entre  $t_{90}$  y  $t_{10}$  determina el tiempo de respuesta  $t_f$  para ese valor de  $f_c$ . Si este tiempo de respuesta no se acerca suficientemente al tiempo de respuesta requerido, deberá continuarse la iteración hasta que el tiempo de respuesta efectivo se encuentre dentro de un margen del 1 % del tiempo de respuesta requerido, es decir:

$$|(t_{90} - t_{10}) - t_f| \leq 0,01 \times t_f$$

6.2 **Evaluación de los datos**

La frecuencia de muestreo de los valores de medición del humo será como mínimo de 20 Hz.

### 6.3 Determinación del humo

#### 6.3.1 Conversión de datos

Como la unidad de medición básica de todos los opacímetros es la transmitancia, los valores del humo se convertirán del coeficiente de transmitancia ( $\tau$ ) al coeficiente de absorción de luz ( $k$ ) de la manera siguiente:

$$k = -\frac{1}{L_A} \times \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right)$$

$$y \quad N = 100 - \tau$$

donde:

$k$  = coeficiente de absorción de luz, en  $m^{-1}$

$L_A$  = longitud efectiva del camino óptico, especificada por el fabricante del instrumento, en m

$N$  = opacidad, en %

$\tau$  = transmitancia, en %

La conversión deberá hacerse antes de procesar cualquier otro dato.

#### 6.3.2 Cálculo del valor del humo promediado de Bessel

La frecuencia de corte adecuada  $f_c$  es la que produce el tiempo de respuesta requerido  $t_f$  del filtro. Una vez que se ha determinado esta frecuencia mediante el proceso iterativo descrito en el punto 6.1.1, se calcularán las constantes adecuadas  $E$  y  $K$  del algoritmo de Bessel. A continuación se aplicará el algoritmo de Bessel a la curva instantánea del humo (valor  $k$ ), como se indica en el punto 6.1.2:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

El algoritmo de Bessel es de naturaleza recursiva. Por lo tanto, son necesarios unos valores iniciales de entrada,  $S_{i-1}$  y  $S_{i-2}$ , y unos valores iniciales de salida,  $Y_{i-1}$  y  $Y_{i-2}$ , para poder iniciar el algoritmo. Puede considerarse que esos valores son cero.

Para cada fase de carga de los tres regímenes A, B y C, se seleccionará el valor máximo  $Y_{\max}$  en 1 s a partir de los valores individuales  $Y_i$  de cada curva del humo.

#### 6.3.3 Resultado final

Los valores del humo (SV) medios de cada ciclo (régimen de ensayo) se calcularán de la manera siguiente:

$$\text{Para el régimen de ensayo A: } SV_A = (Y_{\max 1,A} + Y_{\max 2,A} + Y_{\max 3,A}) / 3$$

$$\text{Para el régimen de ensayo B: } SV_B = (Y_{\max 1,B} + Y_{\max 2,B} + Y_{\max 3,B}) / 3$$

$$\text{Para el régimen de ensayo C: } SV_C = (Y_{\max 1,C} + Y_{\max 2,C} + Y_{\max 3,C}) / 3$$

donde:

$Y_{\max 1}, Y_{\max 2}, Y_{\max 3}$  = valor del humo máximo promediado de Bessel en 1 s para cada una de las tres fases de carga

El valor final se calculará de la manera siguiente:

$$SV = (0,43 \times SV_A) + (0,56 \times SV_B) + (0,01 \times SV_C)$$

## ANEXO 4

## Apéndice 2

## CICLO DE ENSAYO ETC

## 1. CARTOGRAFÍA DEL MOTOR

1.1. **Determinación de la gama de regímenes de cartografía**

Para generar el ETC en la celda de ensayo, es preciso cartografiar el motor antes del ciclo de ensayo para determinar la curva del régimen en función del par. Los regímenes máximo y mínimo de la cartografía se definen de la manera siguiente:

Régimen mínimo de la cartografía = régimen de ralentí

Régimen máximo de la cartografía =  $n_{hi} \times 1,02$  o, si es inferior, el régimen al que el par a plena carga cae a cero.

1.2. **Cartografía de la potencia del motor**

Es preciso calentar el motor a la máxima potencia para estabilizar sus parámetros de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas. Una vez estabilizado el motor, se establecerá su cartografía de la manera siguiente:

El motor se hará funcionar sin carga al ralentí.

El motor se hará funcionar a plena carga de la bomba de inyección y al régimen mínimo de la cartografía.

El régimen del motor deberá aumentarse a un ritmo medio de  $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$  desde el régimen mínimo hasta el régimen máximo de la cartografía. Los puntos del régimen y del par deberán registrarse con una frecuencia de muestreo de al menos un punto por segundo.

1.3. **Establecimiento de la curva gráfica**

Todos los puntos de datos registrados de conformidad con el punto 1.2 se conectarán mediante interpolación lineal entre puntos. La curva de par resultante es la curva gráfica que deberá utilizarse para convertir los valores de par normalizados del ciclo del motor en valores de par efectivos para el ciclo de ensayo, tal como se describe en el apartado 2.

1.4. **Cartografía alternativa**

Si un fabricante considera que las técnicas cartográficas anteriores no son seguras o no son representativas de un motor concreto, podrán utilizarse técnicas cartográficas alternativas. Estas técnicas alternativas deberán satisfacer el mismo objetivo que los procedimientos cartográficos destinados a determinar el par máximo disponible a todos los regímenes alcanzados durante los ciclos de ensayo. Las desviaciones respecto a las técnicas cartográficas especificadas en el presente punto por motivos de seguridad o de representatividad deberán estar autorizadas por el Servicio técnico, y deberá justificarse su uso. No obstante, en ningún caso se utilizarán barridos continuos descendentes del régimen del motor en el caso de motores regulados o turboalimentados.

1.5. **Repetición de los ensayos**

No es preciso cartografiar un motor antes de cada ciclo de ensayo. Un motor debe volverse a cartografiar antes de un ciclo de ensayo si:

— según los técnicos, ha transcurrido excesivo tiempo desde el último análisis gráfico,

o bien

— se han efectuado cambios físicos o recalibraciones del motor que podrían influir en su rendimiento.

## 2. GENERACIÓN DEL CICLO DE ENSAYO DE REFERENCIA

El ciclo de ensayo de transición se describe en el apéndice 3 del presente anexo. Los valores normalizados de par y de régimen deberán cambiarse, como se explica a continuación, por los valores efectivos que se obtengan en el ciclo de referencia.

### 2.1. Régimen efectivo

El régimen se desnormalizará mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Régimen efectivo} = \frac{\% \text{ régimen (régimen de referencia - régimen de ralentí)}}{100} + \text{régimen de ralentí}$$

El régimen de referencia ( $n_{\text{ref}}$ ) corresponde a los valores del régimen al 100 % especificados en el programa dinámico del motor del apéndice 3. Se define de la manera siguiente (véase la figura 1 del Reglamento):

$$n_{\text{ref}} = n_{\text{lo}} + 95 \% \times (n_{\text{hi}} - n_{\text{lo}})$$

donde  $n_{\text{hi}}$  y  $n_{\text{lo}}$  se especifican de conformidad con el Reglamento, apartado 2, o se determinan con arreglo al anexo 4, apéndice 1, punto 1.1.

### 2.2. Par efectivo

El par está normalizado con el par máximo al régimen respectivo. Los valores del par del ciclo de referencia se desnormalizarán mediante la curva gráfica determinada según lo dispuesto en el punto 1.3, de la manera siguiente:

$$\text{Parefectivo} = \frac{\% \text{ depar} \times \text{parmáx}}{100}$$

para el respectivo régimen efectivo determinado de acuerdo con lo dispuesto en el punto 2.1.

Los valores de par negativos de los puntos motrices («m») integrarán, a efectos de la generación del ciclo de referencia, los valores desnormalizados determinados de una de las maneras siguientes:

- 40 % negativo del par positivo disponible en el punto de régimen correspondiente;
- cartografía del par negativo necesario para que el motor pase del régimen mínimo al régimen máximo de la cartografía,
- determinación del par negativo necesario para mantener el motor al ralentí y a los regímenes de referencia, e interpolación lineal entre esos dos puntos.

### 2.3. Ejemplo del procedimiento de desnormalización

A modo de ejemplo, se desnormalizará el punto de ensayo siguiente:

$$\% \text{ régimen} = 43$$

$$\% \text{ par} = 82$$

Teniendo en cuenta los valores siguientes:

$$\text{régimen de referencia} = 2\,200 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{régimen de ralentí} = 600 \text{ min}^{-1}$$

se obtiene:

$$\text{régimen efectivo} = \frac{43 \times (2\,200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{par efectivo} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

donde el par máximo observado a partir de la curva gráfica a  $1\,288\text{ min}^{-1}$  es de 700 Nm.

### 3. PERIODO DE ENSAYO SOBRE EMISIONES

A petición del fabricante, podrá efectuarse un periodo de ensayo simulado para acondicionar el motor y el sistema de escape antes del ciclo de medición.

Los motores alimentados con GN y GLP deberán rodarse mediante el ensayo ETC. El motor deberá funcionar durante un mínimo de dos ciclos ETC, hasta que la emisión de CO medida durante un ciclo ETC no supere en más de un 10 % la emisión de CO medida durante el ciclo ETC anterior.

#### 3.1. Preparación de los filtros de muestreo (si procede)

Al menos una hora antes del ensayo, cada filtro (o par de filtros) deberá introducirse en una caja de petri cerrada pero sin sellar y colocarse en una cámara de pesaje para su estabilización. Una vez concluido el periodo de estabilización, se pesará cada uno de los filtros (o par de filtros) y se registrará la tara. A continuación se guardará el filtro (o par de filtros) en una caja de petri cerrada o en un portafiltros sellado hasta que se necesite para el ensayo. Si el filtro (o par de filtros) no se utiliza en el plazo de ocho horas después de haberlo sacado de la cámara de pesaje, deberá volver a acondicionarse y a pesarse antes de su utilización.

#### 3.2. Instalación del equipo de medición

Los instrumentos y las sondas de muestreo se instalarán según las prescripciones. El tubo de escape se conectará al sistema de dilución de flujo total.

#### 3.3. Puesta en marcha del sistema de dilución y del motor

El sistema de dilución y el motor se pondrán en marcha y se calentarán hasta que todas las temperaturas y presiones se hayan estabilizado a la potencia máxima, de conformidad con las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas técnicas.

#### 3.4. Puesta en marcha del sistema de muestreo de partículas (si procede)

El sistema de muestreo de partículas se pondrá en marcha y se hará funcionar en derivación. El nivel de fondo de partículas del aire de dilución podrá determinarse haciendo pasar el aire de dilución por los filtros de partículas. Si se utiliza aire de dilución filtrado, podrá efectuarse una medición antes o después del ensayo. Si no se filtra el aire de dilución, será posible efectuar mediciones al principio y al final del ciclo y promediar los valores obtenidos.

#### 3.5. Ajuste del sistema de dilución de flujo total

El flujo total de gas de escape diluido se configurará de manera que se elimine la condensación de agua en el sistema y se obtenga una temperatura máxima de 325 K (52 °C) en la cara del filtro (véase el anexo 4, apéndice 6, punto 2.3.1, DT).

#### 3.6. Comprobación de los analizadores

Los analizadores se pondrán a cero y se calibrarán con gas patrón. Si se utilizan bolsas de muestreo, deberán evacuarse.

#### 3.7. Procedimiento de puesta en marcha del motor

El motor estabilizado se pondrá en marcha de acuerdo con el procedimiento que recomiende el fabricante en el manual de uso, utilizando bien un motor de arranque de producción o el dinamómetro. También se puede optar por iniciar el ensayo directamente desde la fase de preacondicionamiento sin parar el motor cuando éste haya alcanzado el régimen de ralentí.

### 3.8. Ciclo de ensayo

#### 3.8.1. Secuencia de ensayo

Se iniciará la secuencia de ensayo cuando el motor haya alcanzado el régimen de ralentí. El ensayo deberá realizarse de conformidad con el ciclo de referencia establecido en el apartado 2 del presente apéndice. Los puntos de mando del régimen y del par se emitirán con una frecuencia de 5 Hz o más (se recomienda 10 Hz). Los valores de retorno del régimen y del par del motor se registrarán al menos una vez por segundo durante el ciclo de ensayo, y las señales podrán filtrarse electrónicamente.

#### 3.8.2. Respuesta del analizador

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de ensayo, si el ciclo comienza directamente desde la fase de preacondicionamiento, se pondrá en marcha el equipo de medición y simultáneamente:

- se empezará a recoger o analizar el aire de dilución;
- se empezará a recoger o analizar el gas de escape diluido;
- se empezarán a medir la cantidad de gas de escape diluido (CVS) y las temperaturas y presiones requeridas;
- se empezarán a registrar los datos de retorno del régimen y del par del dinamómetro.

Se medirán de manera continua los niveles de HC y NO<sub>x</sub> en el túnel de dilución con una frecuencia de 2 Hz. Las concentraciones medias se determinarán integrando las señales del analizador a lo largo del ciclo de ensayo. El tiempo de respuesta del sistema no deberá superar 20 s, y estará coordinado con las fluctuaciones de caudal del CVS y con las desviaciones del tiempo de muestreo/ciclo de ensayo, si es preciso. Los niveles de CO, CO<sub>2</sub>, NMHC y CH<sub>4</sub> se determinarán mediante integración o análisis de las concentraciones obtenidas en la bolsa de muestreo durante el ciclo. Las concentraciones de contaminantes gaseosos en el aire de dilución se determinarán mediante integración o recogida en la bolsa de fondo. Todos los demás valores se registrarán con una frecuencia mínima de una medición por segundo (1 Hz).

#### 3.8.3. Muestreo de partículas (si procede)

Al poner en marcha el motor o iniciar la secuencia de ensayo, si el ciclo comienza directamente desde la fase de preacondicionamiento, el sistema de muestreo de partículas deberá cambiarse de la posición de derivación a la de recogida de partículas.

Si no se aplica una compensación de caudal, la(s) bomba(s) de muestreo se ajustará(n) de manera que el caudal de la sonda de muestreo de partículas o del tubo de transferencia se mantenga dentro de un margen de  $\pm 5\%$  del caudal establecido. Si se aplica una compensación del caudal (es decir, un control proporcional del caudal de muestreo), deberá demostrarse que la relación entre el caudal del túnel principal y el caudal de muestreo de partículas no varía en más de  $\pm 5\%$  respecto a su valor establecido (excepto durante los primeros diez segundos de muestreo).

*Nota:* Para el funcionamiento con doble dilución, el caudal de muestreo es la diferencia neta entre el caudal que pasa por los filtros de muestreo y el caudal del aire de dilución secundario.

Se registrarán la temperatura y la presión medias en la entrada del (de los) caudalímetro(s) de gas o de los instrumentos del caudal. Si el caudal establecido no puede mantenerse durante todo el ciclo (dentro de un margen de  $\pm 5\%$ ) debido a la elevada carga de partículas del filtro, el ensayo deberá invalidarse y repetirse con un caudal menor y/o un filtro de un diámetro mayor.

#### 3.8.4. Parada del motor

Si el motor se para en algún momento del ciclo de ensayo, deberá preacondicionarse y arrancarse de nuevo, y deberá repetirse el ensayo. Si durante el ciclo de ensayo se produce un fallo en alguno de los elementos del equipo de ensayo prescrito, se invalidará el ensayo.

#### 3.8.5. Operaciones después del ensayo

Una vez finalizado el ensayo, se detendrán la medición del volumen del gas de escape diluido, el flujo de gas hacia el interior de las bolsas de muestreo y la bomba de muestreo de partículas. En el caso de un sistema de análisis integrador, el muestreo deberá continuar hasta que hayan transcurrido los tiempos de respuesta del sistema.

Las concentraciones de las bolsas de muestreo, en caso de que se utilicen, se analizarán lo antes posible y en cualquier caso antes de que transcurran veinte minutos tras finalizar el ciclo de ensayo.

Después del ensayo sobre emisiones, se utilizará un gas cero y el mismo gas patrón para verificar de nuevo los analizadores. El ensayo se considerará aceptable si la diferencia entre los resultados previos y posteriores al ensayo es inferior a un 2 % del valor del gas patrón.

Para motores diésel exclusivamente, los filtros de partículas se introducirán de nuevo en la cámara de pesaje en el plazo de una hora tras finalizar el ensayo, y se acondicionarán en una caja de petri cerrada pero sin sellar durante al menos una hora, pero no más de ochenta horas, antes del pesaje.

### 3.9. Verificación del periodo de ensayo

#### 3.9.1. Desplazamiento de datos

Para minimizar el efecto distorsionante del desfase temporal entre los valores de retorno y del ciclo de referencia, la secuencia completa de la señal de retorno del par y del régimen del motor podrá adelantarse o retrasarse con respecto a la secuencia de referencia del régimen y del par. Si se desplazan las señales de retorno, deberán desplazarse en igual medida el régimen y el par en el mismo sentido.

#### 3.9.2. Cálculo del trabajo del ciclo

El trabajo efectivo del ciclo  $W_{act}$  (kWh) se calculará utilizando todos los pares de valores de retorno del régimen y del par registrados. Este cálculo se hará después de cualquier desplazamiento de los valores de retorno, en caso de que se elija esta opción. El trabajo efectivo del ciclo  $W_{act}$  se utilizará para realizar una comparación con el trabajo del ciclo de referencia  $W_{ref}$  y calcular las emisiones específicas del freno (véanse los puntos 4.4 y 5.2). Se utilizará la misma metodología para integrar tanto la potencia de referencia como la potencia efectiva del motor. Si es preciso determinar valores situados entre los valores adyacentes de referencia o los valores adyacentes medidos, se empleará la interpolación lineal.

Al integrar el trabajo de referencia y el trabajo efectivo del ciclo, se igualarán a cero y se incluirán todos los valores de par negativos. Si la integración se efectúa a una frecuencia inferior a 5 Hz, y si, durante un segmento de tiempo determinado, el valor del par pasa de positivo a negativo o de negativo a positivo, se calculará la porción negativa y se igualará a cero. La porción positiva se incluirá en el valor integrado.

$W_{act}$  deberá estar situado entre - 15 % y + 5 % de  $W_{ref}$ .

#### 3.9.3. Estadísticas de validación del ciclo de ensayo

Se efectuarán regresiones lineales de los valores de retorno sobre los valores de referencia para el régimen, el par y la potencia. Este cálculo se hará después de cualquier desplazamiento de los valores de retorno, en caso de que se elija esta opción. Se utilizará el método de los mínimos cuadrados, y la ecuación más adecuada tendrá la forma siguiente:

$$y = mx + b$$

donde:

y = valor (efectivo) de retorno del régimen ( $\text{min}^{-1}$ ), del par (Nm) o de la potencia (kW)

m = pendiente de la línea de regresión

x = valor de referencia del régimen ( $\text{min}^{-1}$ ), del par (Nm) o de la potencia (kW)

b = intersección de la línea de regresión con el eje Y

Para cada línea de regresión se calculará el error típico de estimación (SE) de Y sobre X y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

Se recomienda efectuar este análisis a una frecuencia de 1 Hz. Todos los valores de referencia del par negativos y los valores de retorno correspondientes deberán eliminarse del cálculo de las estadísticas de validación del par y de la potencia del ciclo. Para que un ensayo pueda considerarse válido, deberán cumplirse los criterios del cuadro 6.

**Cuadro 6**  
*Tolerancias de la línea de regresión*

	Régimen	Par	Potencia
Error típico de estimación (SE) de Y sobre X	máx. 100 min <sup>-1</sup>	máx. 13 % (15 %) del par máximo del motor de la carta gráfica de la potencia	máx. 8 % (15 %) de la potencia máxima del motor de la carta gráfica de la potencia
Pendiente de la línea de regresión, m	0,95 a 1,03	0,83 – 1,03	0,89 – 1,03  (0,83 – 1,03)
Coefficiente de determinación, r <sup>2</sup>	mín. 0,9700  (mín. 0,9500)	mín. 0,8800  (mín. 0,7500)	mín. 0,9100  (mín. 0,7500)
Intersección de la línea de regresión b con el eje Y	± 50 min <sup>-1</sup>	± 20 Nm o ± 2 % (± 20 Nm o ± 3 %) del par máximo, lo que sea superior	± 4 kW o ± 2 % (± 4 kW o ± 3 %) de la potencia máxima, lo que sea superior

Hasta el 1 de octubre de 2005, pueden utilizarse los valores indicados entre paréntesis para el ensayo de homologación de los motores de gas.

**Cuadro 7**  
*Puntos que pueden borrarse del análisis de regresión*

Condición	Puntos que pueden borrarse
Plena carga y valor de retorno del par ≠ referencia del par	Par y/o potencia
Sin carga, régimen distinto del ralentí y valor de retorno del par > valor de referencia del par	Par y/o potencia
Sin carga/válvula cerrada, punto de ralentí y régimen > régimen de ralentí de referencia	Régimen y/o potencia

#### 4. CÁLCULO DE LAS EMISIONES GASEOSAS

##### 4.1. Determinación del caudal del gas de escape diluido

El flujo total de gas de escape diluido durante el ciclo (kg/ensayo) se calculará a partir de los valores medidos durante el ciclo y de los correspondientes datos de calibración del caudalímetro ( $V_0$  para la PDP o bien  $K_V$  para el CFV, tal como se especifican en el anexo 4, apéndice 5, apartado 2). Se aplicarán las siguientes fórmulas, si la temperatura del gas de escape diluido se mantiene constante durante todo el ciclo utilizando un intercambiador de calor ( $\pm 6$  K para un sistema PDP-CVS,  $\pm 11$  K para un sistema CFV-CVS, véase el anexo 4, apéndice 6, punto 2.3).

Para el sistema PDP-CVS:

$$M_{TOTW} = 1,293 \times V_0 \times N_p \times (p_B - p_1) \times 273 / (101,3 \times T)$$

donde:

$M_{TOTW}$  = masa del gas de escape diluido en base húmeda durante el ciclo, en kg

$V_0$  = volumen del gas bombeado por revolución en condiciones de ensayo, en m<sup>3</sup>/rev.

$N_p$  = número total de revoluciones de la bomba por ensayo

$p_B$  = presión atmosférica en la celda de ensayo, en kPa

$p_1$  = caída de la presión por debajo de la atmosférica en la entrada de la bomba, en kPa

$T$  = temperatura media del gas de escape diluido en la entrada de la bomba durante el ciclo, en K

Para el sistema CFV-CVS:

$$M_{\text{TOTW}} = 1,293 \times t \times K_v \times p_A / T^{0,5}$$

donde:

- $M_{\text{TOTW}}$  = masa del gas de escape diluido en base húmeda durante el ciclo, en kg  
 $t$  = duración del ciclo, en s  
 $K_v$  = coeficiente de calibración del venturi de caudal crítico en condiciones estándar  
 $p_A$  = presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa  
 $T$  = temperatura absoluta en la entrada del venturi, en K.

Si se utiliza un sistema con compensación de caudal (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones másicas instantáneas se calcularán y se integrarán a lo largo del ciclo. En ese caso, la masa instantánea del gas de escape diluido se calculará de la manera siguiente.

Para el sistema PDP-CVS:

$$M_{\text{TOTW},i} = 1,293 \times V_0 \times N_{p,i} \times (p_B - p_1) \times 273 / (101,3 \times T)$$

donde:

- $M_{\text{TOTW},i}$  = masa instantánea del gas de escape diluido en base húmeda, en kg  
 $N_{p,i}$  = número total de revoluciones de la bomba por intervalo de tiempo

Para el sistema CFV-CVS:

$$M_{\text{TOTW},i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_A / T^{0,5}$$

donde:

- $M_{\text{TOTW},i}$  = masa instantánea del gas de escape diluido en base húmeda, en kg  
 $\Delta t_i$  = intervalo de tiempo, en s

Si la masa total de partículas ( $M_{\text{SAM}}$ ) y de contaminantes gaseosos de la muestra supera el 0,5 % del caudal total del CVS ( $M_{\text{TOTW}}$ ), el caudal del CVS se corregirá en función de la  $M_{\text{SAM}}$  o el caudal de muestreo de partículas deberá volver al CVS antes de pasar por el caudalímetro (PDP o CFV).

#### 4.2. Corrección de $\text{NO}_x$ en función de la humedad

Como la emisión de  $\text{NO}_x$  depende de las condiciones del aire ambiente, la concentración de  $\text{NO}_x$  se corregirá en función de la humedad del aire ambiente, con los factores indicados en las siguientes fórmulas.

a) para los motores diésel:

$$K_{\text{H,D}} = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71)}$$

b) para los motores de gas:

$$K_{\text{H,G}} = \frac{1}{1 - 0,0329 \times (H_a - 10,71)}$$

donde:

- $H_a$  = humedad del aire de admisión, gramos de agua por kg de aire seco,

y

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

$R_a$  = humedad relativa del aire de admisión, en %

$p_a$  = presión de vapor de saturación del aire de admisión, en kPa

$p_B$  = presión barométrica total, en kPa.

#### 4.3. Cálculo del caudal másico de las emisiones

##### 4.3.1. Sistemas con caudal másico constante

Para sistemas con intercambiador de calor, la masa de los contaminantes (g/ensayo) se determinará mediante las ecuaciones siguientes:

- 1)  $NO_{x\ mass}$  =  $0,001587 \cdot NO_{x\ conc} \cdot K_{H,D} \cdot M_{TOTW}$  (motores diésel)
- 2)  $NO_{x\ mass}$  =  $0,001587 \cdot NO_{x\ conc} \cdot K_{H,G} \cdot M_{TOTW}$  (motores de gas)
- 3)  $CO_{mass}$  =  $0,000966 \cdot CO_{conc} \cdot M_{TOTW}$
- 4)  $HC_{mass}$  =  $0,000479 \cdot HC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$  (motores diésel)
- 5)  $HC_{mass}$  =  $0,000502 \cdot HC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$  (motores alimentados con GLP)
- 6)  $HC_{mass}$  =  $0,000552 \cdot HC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$  (motores alimentados con GN)
- 7)  $NMHC_{mass}$  =  $0,000479 \cdot NMHC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$  (motores diésel)
- 8)  $NMHC_{mass}$  =  $0,000502 \cdot NMHC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$  (motores alimentados con GLP)
- 9)  $NMHC_{mass}$  =  $0,000516 \cdot NMHC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$  (motores alimentados con GN)
- 10)  $CH_4\ mass$  =  $0,000552 \cdot CH_4\ conc \cdot M_{TOTW}$  (motores alimentados con GN)

donde:

$NO_{x\ conc}$ ,  $CO_{conc}$ ,  $HC_{conc}$  <sup>(1)</sup>,  $NMHC_{conc}$ ,  $CH_4\ conc$  concentraciones medias con corrección de fondo a lo largo del ciclo, obtenidas mediante integración (obligatoria para  $NO_x$  y HC) o medición con bolsas, en ppm

$M_{TOTW}$  = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, tal como se determina en el punto 4.1, en kg

$K_{H,D}$  = factor de corrección en función de la humedad para motores diésel, tal como se establece en el punto 4.2, basado en la humedad promediada del aire de admisión

$K_{H,G}$  = factor de corrección en función de la humedad para motores de gas, tal como se establece en el punto 4.2, basado en la humedad promediada del aire de admisión

Las concentraciones medidas en base seca se convertirán a base húmeda de conformidad con el anexo 4, apéndice 1, punto 4.2.

La determinación de  $NMHC_{conc}$  y  $CH_4\ conc$  depende del método utilizado (véase el anexo 4, apéndice 4, punto 3.3.4). Ambas concentraciones deberán determinarse del modo siguiente, en el que  $CH_4$  se sustraerá de HC para determinar  $NMHC_{conc}$ :

a) método GC

$$NMHC_{conc} = HC_{conc} - CH_4\ conc$$

$$CH_4\ conc = \text{según lo medido}$$

<sup>(1)</sup> Basada en equivalente de C1

b) método NMC

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = \frac{\text{HC}(\text{sin separador}) \cdot (1 - \text{CE}_M) - \text{HC}(\text{con separador})}{\text{CE}_E - \text{CE}_M}$$

$$\text{CH}_{4,\text{conc}} = \frac{\text{HC}(\text{con separador}) - \text{HC}(\text{sin separador}) \cdot (1 - \text{CE}_E)}{\text{CE}_E - \text{CE}_M}$$

donde:

- HC (con separador) = concentración de HC con el gas de muestreo pasando a través del NMC  
 HC (sin separador) = concentración de HC con el gas de muestreo en derivación, sin pasar por el NMC  
 $\text{CE}_M$  = eficacia del metano, determinada según lo dispuesto en el anexo 4, apéndice 5, punto 1.8.4.1.  
 $\text{CE}_E$  = eficacia del etano, determinada según lo dispuesto en el anexo 4, apéndice 5, punto 1.8.4.2.

#### 4.3.1.1. *Determinación de las concentraciones con corrección de fondo*

La concentración media de fondo de los contaminantes gaseosos en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas para obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones de fondo pueden determinarse mediante el método de las bolsas de muestreo o mediante medición continua con integración. Se empleará la fórmula siguiente:

$$\text{conc} = \text{conc}_e - \text{conc}_d \cdot (1 - (1/\text{DF}))$$

donde:

- conc = concentración del contaminante respectivo en el gas de escape diluido, corregida por la cantidad del contaminante respectivo en el aire de dilución, en ppm  
 $\text{conc}_e$  = concentración del contaminante respectivo medida en el gas de escape diluido, en ppm  
 $\text{conc}_d$  = concentración del contaminante respectivo medida en el aire de dilución, en ppm  
 DF = factor de dilución

El factor de dilución se calculará de la manera siguiente:

$$\text{DF} = \frac{F_s}{\text{CO}_{2,\text{conce}} + (\text{HC}_{\text{conce}} + \text{CO}_{\text{conce}}) \cdot 10^{-4}}$$

donde:

- $\text{CO}_{2,\text{conce}}$  = concentración de  $\text{CO}_2$  en el gas de escape diluido, en % en volumen  
 $\text{HC}_{\text{conce}}$  = concentración de HC en el gas de escape diluido, en ppm C1  
 $\text{CO}_{\text{conce}}$  = concentración de CO en el gas de escape diluido, en ppm  
 $F_s$  = factor estequiométrico

Las concentraciones medidas en base seca se convertirán a base húmeda de conformidad con el anexo 4, apéndice 1, punto 4.2.

El factor estequiométrico se calculará de la manera siguiente:

$$F_s = 100 \cdot \frac{x}{x + \frac{y}{2} + 3,76 \cdot \left(x + \frac{y}{4}\right)}$$

donde:

- x, y =  $\text{C}_x\text{H}_y$  de la composición de combustible.

Si se desconoce la composición del combustible, podrán utilizarse los siguientes factores estequiométricos:

$$F_S (\text{diésel}) = 13,4$$

$$F_S (\text{GLP}) = 11,6$$

$$F_S (\text{GN}) = 9,5$$

#### 4.3.2. Sistemas con compensación del caudal

Para los sistemas sin intercambiador de calor, la masa de los contaminantes (g/ensayo) se determinará calculando las emisiones másicas instantáneas e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Asimismo, la corrección de fondo se aplicará directamente al valor de la concentración instantánea. Se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NO}_{x \text{ conce},i} \times 0,001587 \times K_{\text{H,D}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NO}_{x \text{ concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,D}})$$

(motores diésel)

$$2) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NO}_{x \text{ conce},i} \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NO}_{x \text{ concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}})$$

(motores de gas)

$$3) \text{ CO}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CO}_{\text{conce},i} \times 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CO}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000966)$$

$$4) \text{ HC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000479)$$

(motores diésel)

$$5) \text{ HC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000502)$$

(motores de GLP)

$$6) \text{ HC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000552)$$

(motores de GN)

$$7) \text{ NMHC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000479)$$

(motores diésel)

$$8) \text{ NMHC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000502)$$

(motores de GLP)

$$9) \text{ NMHC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000516) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000516)$$

(motores de GN)

$$10) \text{ CH}_4 \text{ mass} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CH}_4 \text{ conce},i \times 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CH}_4 \text{ concd} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000552)$$

(motores de GN)

donde:

$\text{conce}$  = concentración del contaminante respectivo medida en el gas de escape diluido, en ppm

$\text{concd}$  = concentración del contaminante respectivo medida en el aire de dilución, en ppm

$M_{\text{TOTW},i}$  = masa instantánea del gas de escape diluido (véase el punto 4.1), en kg

$M_{\text{TOTW}}$  = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo (véase el punto 4.1), en kg

$K_{\text{H,D}}$  = factor de corrección en función de la humedad para motores diésel, tal como se establece en el punto 4.2, basado en la humedad promediada del aire de admisión

$K_{\text{H,G}}$  = factor de corrección en función de la humedad para motores de gas, tal como se establece en el punto 4.2, basado en la humedad promediada del aire de admisión

DF = factor de dilución, tal como se determina en el punto 4.3.1.1

#### 4.4. Cálculo de las emisiones específicas

Se calcularán las emisiones (g/kWh) de los componentes individuales, tal como se establece en los puntos 5.2.1 y 5.2.2 en función de la tecnología respectiva del motor, de la manera siguiente

$$\begin{aligned}\overline{\text{NO}}_x &= \text{NO}_{x \text{ mass}} / W_{\text{act}} && \text{(motores diésel y de gas)} \\ \overline{\text{CO}} &= \text{CO}_{\text{mass}} / W_{\text{act}} && \text{(motores diésel y de gas)} \\ \overline{\text{HC}} &= \text{HC}_{\text{mass}} / W_{\text{act}} && \text{(motores diésel y de gas)} \\ \overline{\text{NMHC}} &= \text{NMHC}_{\text{mass}} / W_{\text{act}} && \text{(motores diésel y de gas)} \\ \overline{\text{CH}}_4 &= \text{CH}_{4 \text{ mass}} / W_{\text{act}} && \text{(motores de gas alimentados con GN)}\end{aligned}$$

donde:

$W_{\text{act}}$  = trabajo del ciclo efectivo, tal como se establece en el punto 3.9.2, en kWh.

#### 5. CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE PARTÍCULAS (SI PROCEDE)

##### 5.1. Cálculo del caudal másico

La masa de partículas (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} \times \frac{M_{\text{TOTW}}}{1\ 000}$$

donde:

$M_f$  = masa de las partículas del muestreo efectuado durante el ciclo, en mg

$M_{\text{TOTW}}$  = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, tal como se determina en el punto 4.1, en kg

$M_{\text{SAM}}$  = masa del gas de escape diluido tomado en el túnel de dilución para la recogida de partículas, en kg

y

$M_f$  =  $M_{f,p} + M_{f,b}$ , si se pesan por separado, en mg

$M_{f,p}$  = masa de las partículas recogidas en el filtro primario, en mg

$M_{f,b}$  = masa de las partículas recogidas en el filtro secundario, en mg

Si se utiliza un sistema de doble dilución, la masa de aire de dilución secundario deberá restarse de la masa total de gas de escape doblemente diluido que ha pasado por los filtros de partículas.

$$M_{\text{SAM}} = M_{\text{TOT}} - M_{\text{SEC}}$$

donde:

$M_{\text{TOT}}$  = masa del gas de escape doblemente diluido que ha pasado por el filtro de partículas, en kg

$M_{\text{SEC}}$  = masa del aire de dilución secundario, en kg

Si el nivel de fondo de partículas del aire de dilución se determina de conformidad con el punto 3.4, se podrá aplicar la corrección de fondo a la masa de partículas. En ese caso, la masa de partículas (g/ensayo) se calculará de la manera siguiente:

$$PT_{\text{mass}} = \left[ \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} - \left( \frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} \times \left( 1 - \frac{1}{\text{DF}} \right) \right) \right] \times \frac{M_{\text{TOTW}}}{1\ 000}$$

donde:

$M_f, M_{SAM}, M_{TOTW}$	=	véase anteriormente
$M_{DIL}$	=	masas del aire de dilución principal sometido al muestreador de partículas de fondo, en kg
$M_d$	=	masa de las partículas de fondo recogidas en el aire de dilución principal, en mg
DF	=	factor de dilución, tal como se determina en el punto 4.3.1.1

## 5.2. Cálculo de las emisiones específicas

La emisión de partículas (g/kWh) se calculará de la manera siguiente:

$$\overline{PT} = PT_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

donde:

$W_{\text{act}}$  = trabajo del ciclo efectivo, tal como se establece en el punto 3.9.2, en kWh.

## ANEXO 4

## Apéndice 3

## PROGRAMA DINAMOMÉTRICO DEL MOTOR DURANTE EL ETC

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1	0	0	39	51,3	«m»	77	62,3	99
2	0	0	40	28,5	«m»	78	68,4	91,5
3	0	0	41	29,3	«m»	79	74,5	73,7
4	0	0	42	26,7	«m»	80	38	0
5	0	0	43	20,4	«m»	81	41,8	89,6
6	0	0	44	14,1	0	82	47,1	99,2
7	0	0	45	6,5	0	83	52,5	99,8
8	0	0	46	0	0	84	56,9	80,8
9	0	0	47	0	0	85	58,3	11,8
10	0	0	48	0	0	86	56,2	«m»
11	0	0	49	0	0	87	52	«m»
12	0	0	50	0	0	88	43,3	«m»
13	0	0	51	0	0	89	36,1	«m»
14	0	0	52	0	0	90	27,6	«m»
15	0	0	53	0	0	91	21,1	«m»
16	0,1	1,5	54	0	0	92	8	0
17	23,1	21,5	55	0	0	93	0	0
18	12,6	28,5	56	0	0	94	0	0
19	21,8	71	57	0	0	95	0	0
20	19,7	76,8	58	0	0	96	0	0
21	54,6	80,9	59	0	0	97	0	0
22	71,3	4,9	60	0	0	98	0	0
23	55,9	18,1	61	0	0	99	0	0
24	72	85,4	62	25,5	11,1	100	0	0
25	86,7	61,8	63	28,5	20,9	101	0	0
26	51,7	0	64	32	73,9	102	0	0
27	53,4	48,9	65	4	82,3	103	0	0
28	34,2	87,6	66	34,5	80,4	104	0	0
29	45,5	92,7	67	64,1	86	105	0	0
30	54,6	99,5	68	58	0	106	0	0
31	64,5	96,8	69	50,3	83,4	107	0	0
32	71,7	85,4	70	66,4	99,1	108	11,6	14,8
33	79,4	54,8	71	81,4	99,6	109	0	0
34	89,7	99,4	72	88,7	73,4	110	27,2	74,8
35	57,4	0	73	52,5	0	111	17	76,9
36	59,7	30,6	74	46,4	58,5	112	36	78
37	90,1	«m»	75	48,6	90,9	113	59,7	86
38	82,9	«m»	76	55,2	99,4	114	80,8	17,9

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
115	49,7	0	158	54,5	99,5	201	0	0
116	65,6	86	159	62,7	96,8	202	0	0
117	78,6	72,2	160	62,3	0	203	0	0
118	64,9	«m»	161	46,2	54,2	204	0	0
119	44,3	«m»	162	44,3	83,2	205	0	0
120	51,4	83,4	163	48,2	13,3	206	0	0
121	58,1	97	164	51	«m»	207	0	0
122	69,3	99,3	165	50	«m»	208	0	0
123	72	20,8	166	49,2	«m»	209	0	0
124	72,1	«m»	167	49,3	«m»	210	0	0
125	65,3	«m»	168	49,9	«m»	211	0	0
126	64	«m»	169	51,6	«m»	212	0	0
127	59,7	«m»	170	49,7	«m»	213	0	0
128	52,8	«m»	171	48,5	«m»	214	0	0
129	45,9	«m»	172	50,3	72,5	215	0	0
130	38,7	«m»	173	51,1	84,5	216	0	0
131	32,4	«m»	174	54,6	64,8	217	0	0
132	27	«m»	175	56,6	76,5	218	0	0
133	21,7	«m»	176	58	«m»	219	0	0
134	19,1	0,4	177	53,6	«m»	220	0	0
135	34,7	14	178	40,8	«m»	221	0	0
136	16,4	48,6	179	32,9	«m»	222	0	0
137	0	11,2	180	26,3	«m»	223	0	0
138	1,2	2,1	181	20,9	«m»	224	0	0
139	30,1	19,3	182	10	0	225	21,2	62,7
140	30	73,9	183	0	0	226	30,8	75,1
141	54,4	74,4	184	0	0	227	5,9	82,7
142	77,2	55,6	185	0	0	228	34,6	80,3
143	58,1	0	186	0	0	229	59,9	87
144	45	82,1	187	0	0	230	84,3	86,2
145	68,7	98,1	188	0	0	231	68,7	«m»
146	85,7	67,2	189	0	0	232	43,6	«m»
147	60,2	0	190	0	0	233	41,5	85,4
148	59,4	98	191	0	0	234	49,9	94,3
149	72,7	99,6	192	0	0	235	60,8	99
150	79,9	45	193	0	0	236	70,2	99,4
151	44,3	0	194	0	0	237	81,1	92,4
152	41,5	84,4	195	0	0	238	49,2	0
153	56,2	98,2	196	0	0	239	56	86,2
154	65,7	99,1	197	0	0	240	56,2	99,3
155	74,4	84,7	198	0	0	241	61,7	99
156	54,4	0	199	0	0	242	69,2	99,3
157	47,9	89,7	200	0	0	243	74,1	99,8

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
244	72,4	8,4	287	29,8	«m»	330	46,1	23,1
245	71,3	0	288	20,9	73,4	331	45,7	23,2
246	71,2	9,1	289	36,9	«m»	332	45,5	31,9
247	67,1	«m»	290	35,5	«m»	333	46,4	73,6
248	65,5	«m»	291	20,9	«m»	334	51,3	60,7
249	64,4	«m»	292	49,7	11,9	335	51,3	51,1
250	62,9	25,6	293	42,5	«m»	336	53,2	46,8
251	62,2	35,6	294	32	«m»	337	53,9	50
252	62,9	24,4	295	23,6	«m»	338	53,4	52,1
253	58,8	«m»	296	19,1	0	339	53,8	45,7
254	56,9	«m»	297	15,7	73,5	340	50,6	22,1
255	54,5	«m»	298	25,1	76,8	341	47,8	26
256	51,7	17	299	34,5	81,4	342	41,6	17,8
257	56,2	78,7	300	44,1	87,4	343	38,7	29,8
258	59,5	94,7	301	52,8	98,6	344	35,9	71,6
259	65,5	99,1	302	63,6	99	345	34,6	47,3
260	71,2	99,5	303	73,6	99,7	346	34,8	80,3
261	76,6	99,9	304	62,2	«m»	347	35,9	87,2
262	79	0	305	29,2	«m»	348	38,8	90,8
263	52,9	97,5	306	46,4	22	349	41,5	94,7
264	53,1	99,7	307	47,3	13,8	350	47,1	99,2
265	59	99,1	308	47,2	12,5	351	53,1	99,7
266	62,2	99	309	47,9	11,5	352	46,4	0
267	65	99,1	310	47,8	35,5	353	42,5	0,7
268	69	83,1	311	49,2	83,3	354	43,6	58,6
269	69,9	28,4	312	52,7	96,4	355	47,1	87,5
270	70,6	12,5	313	57,4	99,2	356	54,1	99,5
271	68,9	8,4	314	61,8	99	357	62,9	99
272	69,8	9,1	315	66,4	60,9	358	72,6	99,6
273	69,6	7	316	65,8	«m»	359	82,4	99,5
274	65,7	«m»	317	59	«m»	360	88	99,4
275	67,1	«m»	318	50,7	«m»	361	46,4	0
276	66,7	«m»	319	41,8	«m»	362	53,4	95,2
277	65,6	«m»	320	34,7	«m»	363	58,4	99,2
278	64,5	«m»	321	28,7	«m»	364	61,5	99
279	62,9	«m»	322	25,2	«m»	365	64,8	99
280	59,3	«m»	323	43	24,8	366	68,1	99,2
281	54,1	«m»	324	38,7	0	367	73,4	99,7
282	51,3	«m»	325	48,1	31,9	368	73,3	29,8
283	47,9	«m»	326	40,3	61	369	73,5	14,6
284	43,6	«m»	327	42,4	52,1	370	68,3	0
285	39,4	«m»	328	46,4	47,7	371	45,4	49,9
286	34,7	«m»	329	46,9	30,7	372	47,2	75,7

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
373	44,5	9	416	79,7	99,7	459	51	100
374	47,8	10,3	417	82,5	99,5	460	53,2	99,7
375	46,8	15,9	418	85,3	99,4	461	53,1	99,7
376	46,9	12,7	419	86,6	99,4	462	55,9	53,1
377	46,8	8,9	420	89,4	99,4	463	53,9	13,9
378	46,1	6,2	421	62,2	0	464	52,5	«m»
379	46,1	«m»	422	52,7	96,4	465	51,7	«m»
380	45,5	«m»	423	50,2	99,8	466	51,5	52,2
381	44,7	«m»	424	49,3	99,6	467	52,8	80
382	43,8	«m»	425	52,2	99,8	468	54,9	95
383	41	«m»	426	51,3	100	469	57,3	99,2
384	41,1	6,4	427	51,3	100	470	60,7	99,1
385	38	6,3	428	51,1	100	471	62,4	«m»
386	35,9	0,3	429	51,1	100	472	60,1	«m»
387	33,5	0	430	51,8	99,9	473	53,2	«m»
388	53,1	48,9	431	51,3	100	474	44	«m»
389	48,3	«m»	432	51,1	100	475	35,2	«m»
390	49,9	«m»	433	51,3	100	476	30,5	«m»
391	48	«m»	434	52,3	99,8	477	26,5	«m»
392	45,3	«m»	435	52,9	99,7	478	22,5	«m»
393	41,6	3,1	436	53,8	99,6	479	20,4	«m»
394	44,3	79	437	51,7	99,9	480	19,1	«m»
395	44,3	89,5	438	53,5	99,6	481	19,1	«m»
396	43,4	98,8	439	52	99,8	482	13,4	«m»
397	44,3	98,9	440	51,7	99,9	483	6,7	«m»
398	43	98,8	441	53,2	99,7	484	3,2	«m»
399	42,2	98,8	442	54,2	99,5	485	14,3	63,8
400	42,7	98,8	443	55,2	99,4	486	34,1	0
401	45	99	444	53,8	99,6	487	23,9	75,7
402	43,6	98,9	445	53,1	99,7	488	31,7	79,2
403	42,2	98,8	446	55	99,4	489	32,1	19,4
404	44,8	99	447	57	99,2	490	35,9	5,8
405	43,4	98,8	448	61,5	99	491	36,6	0,8
406	45	99	449	59,4	5,7	492	38,7	«m»
407	42,2	54,3	450	59	0	493	38,4	«m»
408	61,2	31,9	451	57,3	59,8	494	39,4	«m»
409	56,3	72,3	452	64,1	99	495	39,7	«m»
410	59,7	99,1	453	70,9	90,5	496	40,5	«m»
411	62,3	99	454	58	0	497	40,8	«m»
412	67,9	99,2	455	41,5	59,8	498	39,7	«m»
413	69,5	99,3	456	44,1	92,6	499	39,2	«m»
414	73,1	99,7	457	46,8	99,2	500	38,7	«m»
415	77,7	99,8	458	47,2	99,3	501	32,7	«m»

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
502	30,1	«m»	545	70,6	96,1	588	16,2	49,4
503	21,9	«m»	546	72,6	19,6	589	23,6	56
504	12,8	0	547	72	6,3	590	21,1	56,1
505	0	0	548	68,9	0,1	591	23,6	56
506	0	0	549	67,7	«m»	592	46,2	68,8
507	0	0	550	66,8	«m»	593	68,4	61,2
508	0	0	551	64,3	16,9	594	58,7	«m»
509	0	0	552	64,9	7	595	31,6	«m»
510	0	0	553	63,6	12,5	596	19,9	8,8
511	0	0	554	63	7,7	597	32,9	70,2
512	0	0	555	64,4	38,2	598	43	79
513	0	0	556	63	11,8	599	57,4	98,9
514	30,5	25,6	557	63,6	0	600	72,1	73,8
515	19,7	56,9	558	63,3	5	601	53	0
516	16,3	45,1	559	60,1	9,1	602	48,1	86
517	27,2	4,6	560	61	8,4	603	56,2	99
518	21,7	1,3	561	59,7	0,9	604	65,4	98,9
519	29,7	28,6	562	58,7	«m»	605	72,9	99,7
520	36,6	73,7	563	56	«m»	606	67,5	«m»
521	61,3	59,5	564	53,9	«m»	607	39	«m»
522	40,8	0	565	52,1	«m»	608	41,9	38,1
523	36,6	27,8	566	49,9	«m»	609	44,1	80,4
524	39,4	80,4	567	46,4	«m»	610	46,8	99,4
525	51,3	88,9	568	43,6	«m»	611	48,7	99,9
526	58,5	11,1	569	40,8	«m»	612	50,5	99,7
527	60,7	«m»	570	37,5	«m»	613	52,5	90,3
528	54,5	«m»	571	27,8	«m»	614	51	1,8
529	51,3	«m»	572	17,1	0,6	615	50	«m»
530	45,5	«m»	573	12,2	0,9	616	49,1	«m»
531	40,8	«m»	574	11,5	1,1	617	47	«m»
532	38,9	«m»	575	8,7	0,5	618	43,1	«m»
533	36,6	«m»	576	8	0,9	619	39,2	«m»
534	36,1	72,7	577	5,3	0,2	620	40,6	0,5
535	44,8	78,9	578	4	0	621	41,8	53,4
536	51,6	91,1	579	3,9	0	622	44,4	65,1
537	59,1	99,1	580	0	0	623	48,1	67,8
538	66	99,1	581	0	0	624	53,8	99,2
539	75,1	99,9	582	0	0	625	58,6	98,9
540	81	8	583	0	0	626	63,6	98,8
541	39,1	0	584	0	0	627	68,5	99,2
542	53,8	89,7	585	0	0	628	72,2	89,4
543	59,7	99,1	586	0	0	629	77,1	0
544	64,8	99	587	8,7	22,8	630	57,8	79,1

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
631	60,3	98,8	674	54,6	99,1	717	45,6	34,5
632	61,9	98,8	675	56	99	718	45,5	37,1
633	63,8	98,8	676	55,8	99	719	43,8	«m»
634	64,7	98,9	677	58,4	98,9	720	41,9	«m»
635	65,4	46,5	678	59,9	98,8	721	41,3	«m»
636	65,7	44,5	679	60,9	98,8	722	41,4	«m»
637	65,6	3,5	680	63	98,8	723	41,2	«m»
638	49,1	0	681	64,3	98,9	724	41,8	«m»
639	50,4	73,1	682	64,8	64	725	41,8	«m»
640	50,5	«m»	683	65,9	46,5	726	43,2	17,4
641	51	«m»	684	66,2	28,7	727	45	29
642	49,4	«m»	685	65,2	1,8	728	44,2	«m»
643	49,2	«m»	686	65	6,8	729	43,9	«m»
644	48,6	«m»	687	63,6	53,6	730	38	10,7
645	47,5	«m»	688	62,4	82,5	731	56,8	«m»
646	46,5	«m»	689	61,8	98,8	732	57,1	«m»
647	46	11,3	690	59,8	98,8	733	52	«m»
648	45,6	42,8	691	59,2	98,8	734	44,4	«m»
649	47,1	83	692	59,7	98,8	735	40,2	«m»
650	46,2	99,3	693	61,2	98,8	736	39,2	16,5
651	47,9	99,7	694	62,2	49,4	737	38,9	73,2
652	49,5	99,9	695	62,8	37,2	738	39,9	89,8
653	50,6	99,7	696	63,5	46,3	739	42,3	98,6
654	51	99,6	697	64,7	72,3	740	43,7	98,8
655	53	99,3	698	64,7	72,3	741	45,5	99,1
656	54,9	99,1	699	65,4	77,4	742	45,6	99,2
657	55,7	99	700	66,1	69,3	743	48,1	99,7
658	56	99	701	64,3	«m»	744	49	100
659	56,1	9,3	702	64,3	«m»	745	49,8	99,9
660	55,6	«m»	703	63	«m»	746	49,8	99,9
661	55,4	«m»	704	62,2	«m»	747	51,9	99,5
662	54,9	51,3	705	61,6	«m»	748	52,3	99,4
663	54,9	59,8	706	62,4	«m»	749	53,3	99,3
664	54	39,3	707	62,2	«m»	750	52,9	99,3
665	53,8	«m»	708	61	«m»	751	54,3	99,2
666	52	«m»	709	58,7	«m»	752	55,5	99,1
667	50,4	«m»	710	55,5	«m»	753	56,7	99
668	50,6	0	711	51,7	«m»	754	61,7	98,8
669	49,3	41,7	712	49,2	«m»	755	64,3	47,4
670	50	73,2	713	48,8	40,4	756	64,7	1,8
671	50,4	99,7	714	47,9	«m»	757	66,2	«m»
672	51,9	99,5	715	46,2	«m»	758	49,1	«m»
673	53,6	99,3	716	45,6	9,8	759	52,1	46

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
760	52,6	61	803	61,2	57,7	846	61,6	29,7
761	52,9	0	804	62,8	98,8	847	60,3	«m»
762	52,3	20,4	805	63,4	96,1	848	59,2	«m»
763	54,2	56,7	806	64,6	45,4	849	57,3	«m»
764	55,4	59,8	807	64,1	5	850	52,3	«m»
765	56,1	49,2	808	63	3,2	851	49,3	«m»
766	56,8	33,7	809	62,7	14,9	852	47,3	«m»
767	57,2	96	810	63,5	35,8	853	46,3	38,8
768	58,6	98,9	811	64,1	73,3	854	46,8	35,1
769	59,5	98,8	812	64,3	37,4	855	46,6	«m»
770	61,2	98,8	813	64,1	21	856	44,3	«m»
771	62,1	98,8	814	63,7	21	857	43,1	«m»
772	62,7	98,8	815	62,9	18	858	42,4	2,1
773	62,8	98,8	816	62,4	32,7	859	41,8	2,4
774	64	98,9	817	61,7	46,2	860	43,8	68,8
775	63,2	46,3	818	59,8	45,1	861	44,6	89,2
776	62,4	«m»	819	57,4	43,9	862	46	99,2
777	60,3	«m»	820	54,8	42,8	863	46,9	99,4
778	58,7	«m»	821	54,3	65,2	864	47,9	99,7
779	57,2	«m»	822	52,9	62,1	865	50,2	99,8
780	56,1	«m»	823	52,4	30,6	866	51,2	99,6
781	56	9,3	824	50,4	«m»	867	52,3	99,4
782	55,2	26,3	825	48,6	«m»	868	53	99,3
783	54,8	42,8	826	47,9	«m»	869	54,2	99,2
784	55,7	47,1	827	46,8	«m»	870	55,5	99,1
785	56,6	52,4	828	46,9	9,4	871	56,7	99
786	58	50,3	829	49,5	41,7	872	57,3	98,9
787	58,6	20,6	830	50,5	37,8	873	58	98,9
788	58,7	«m»	831	52,3	20,4	874	60,5	31,1
789	59,3	«m»	832	54,1	30,7	875	60,2	«m»
790	58,6	«m»	833	56,3	41,8	876	60,3	«m»
791	60,5	9,7	834	58,7	26,5	877	60,5	6,3
792	59,2	9,6	835	57,3	«m»	878	61,4	19,3
793	59,9	9,6	836	59	«m»	879	60,3	1,2
794	59,6	9,6	837	59,8	«m»	880	60,5	2,9
795	59,9	6,2	838	60,3	«m»	881	61,2	34,1
796	59,9	9,6	839	61,2	«m»	882	61,6	13,2
797	60,5	13,1	840	61,8	«m»	883	61,5	16,4
798	60,3	20,7	841	62,5	«m»	884	61,2	16,4
799	59,9	31	842	62,4	«m»	885	61,3	«m»
800	60,5	42	843	61,5	«m»	886	63,1	«m»
801	61,5	52,5	844	63,7	«m»	887	63,2	4,8
802	60,9	51,4	845	61,9	«m»	888	62,3	22,3

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
889	62	38,5	932	52,1	32	975	50,9	100
890	61,6	29,6	933	52,3	33,4	976	50,4	99,8
891	61,6	26,6	934	52,2	34,9	977	49,8	99,7
892	61,8	28,1	935	52,8	60,1	978	49,1	99,5
893	62	29,6	936	53,7	69,7	979	50,4	99,8
894	62	16,3	937	54	70,7	980	49,8	99,7
895	61,1	«m»	938	55,1	71,7	981	49,3	99,5
896	61,2	«m»	939	55,2	46	982	49,1	99,5
897	60,7	19,2	940	54,7	12,6	983	49,9	99,7
898	60,7	32,5	941	52,5	0	984	49,1	99,5
899	60,9	17,8	942	51,8	24,7	985	50,4	99,8
900	60,1	19,2	943	51,4	43,9	986	50,9	100
901	59,3	38,2	944	50,9	71,1	987	51,4	99,9
902	59,9	45	945	51,2	76,8	988	51,5	99,9
903	59,4	32,4	946	50,3	87,5	989	52,2	99,7
904	59,2	23,5	947	50,2	99,8	990	52,8	74,1
905	59,5	40,8	948	50,9	100	991	53,3	46
906	58,3	«m»	949	49,9	99,7	992	53,6	36,4
907	58,2	«m»	950	50,9	100	993	53,4	33,5
908	57,6	«m»	951	49,8	99,7	994	53,9	58,9
909	57,1	«m»	952	50,4	99,8	995	55,2	73,8
910	57	0,6	953	50,4	99,8	996	55,8	52,4
911	57	26,3	954	49,7	99,7	997	55,7	9,2
912	56,5	29,2	955	51	100	998	55,8	2,2
913	56,3	20,5	956	50,3	99,8	999	56,4	33,6
914	56,1	«m»	957	50,2	99,8	1 000	55,4	«m»
915	55,2	«m»	958	49,9	99,7	1 001	55,2	«m»
916	54,7	17,5	959	50,9	100	1 002	55,8	26,3
917	55,2	29,2	960	50	99,7	1 003	55,8	23,3
918	55,2	29,2	961	50,2	99,8	1 004	56,4	50,2
919	55,9	16	962	50,2	99,8	1 005	57,6	68,3
920	55,9	26,3	963	49,9	99,7	1 006	58,8	90,2
921	56,1	36,5	964	50,4	99,8	1 007	59,9	98,9
922	55,8	19	965	50,2	99,8	1 008	62,3	98,8
923	55,9	9,2	966	50,3	99,8	1 009	63,1	74,4
924	55,8	21,9	967	49,9	99,7	1 010	63,7	49,4
925	56,4	42,8	968	51,1	100	1 011	63,3	9,8
926	56,4	38	969	50,6	99,9	1 012	48	0
927	56,4	11	970	49,9	99,7	1 013	47,9	73,5
928	56,4	35,1	971	49,6	99,6	1 014	49,9	99,7
929	54	7,3	972	49,4	99,6	1 015	49,9	48,8
930	53,4	5,4	973	49	99,5	1 016	49,6	2,3
931	52,3	27,6	974	49,8	99,7	1 017	49,9	«m»

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 018	49,3	«m»	1 061	47,3	49,8	1 104	56	«m»
1 019	49,7	47,5	1 062	46,9	23,9	1 105	54,7	«m»
1 020	49,1	«m»	1 063	46,7	44,6	1 106	53,3	«m»
1 021	49,4	«m»	1 064	46,8	65,2	1 107	52,6	23,2
1 022	48,3	«m»	1 065	46,9	60,4	1 108	53,4	84,2
1 023	49,4	«m»	1 066	46,7	61,5	1 109	53,9	99,4
1 024	48,5	«m»	1 067	45,5	«m»	1 110	54,9	99,3
1 025	48,7	«m»	1 068	45,5	«m»	1 111	55,8	99,2
1 026	48,7	«m»	1 069	44,2	«m»	1 112	57,1	99
1 027	49,1	«m»	1 070	43	«m»	1 113	56,5	99,1
1 028	49	«m»	1 071	42,5	«m»	1 114	58,9	98,9
1 029	49,8	«m»	1 072	41	«m»	1 115	58,7	98,9
1 030	48,7	«m»	1 073	39,9	«m»	1 116	59,8	98,9
1 031	48,5	«m»	1 074	39,9	38,2	1 117	61	98,8
1 032	49,3	31,3	1 075	40,1	48,1	1 118	60,7	19,2
1 033	49,7	45,3	1 076	39,9	48	1 119	59,4	«m»
1 034	48,3	44,5	1 077	39,4	59,3	1 120	57,9	«m»
1 035	49,8	61	1 078	43,8	19,8	1 121	57,6	«m»
1 036	49,4	64,3	1 079	52,9	0	1 122	56,3	«m»
1 037	49,8	64,4	1 080	52,8	88,9	1 123	55	«m»
1 038	50,5	65,6	1 081	53,4	99,5	1 124	53,7	«m»
1 039	50,3	64,5	1 082	54,7	99,3	1 125	52,1	«m»
1 040	51,2	82,9	1 083	56,3	99,1	1 126	51,1	«m»
1 041	50,5	86	1 084	57,5	99	1 127	49,7	25,8
1 042	50,6	89	1 085	59	98,9	1 128	49,1	46,1
1 043	50,4	81,4	1 086	59,8	98,9	1 129	48,7	46,9
1 044	49,9	49,9	1 087	60,1	98,9	1 130	48,2	46,7
1 045	49,1	20,1	1 088	61,8	48,3	1 131	48	70
1 046	47,9	24	1 089	61,8	55,6	1 132	48	70
1 047	48,1	36,2	1 090	61,7	59,8	1 133	47,2	67,6
1 048	47,5	34,5	1 091	62	55,6	1 134	47,3	67,6
1 049	46,9	30,3	1 092	62,3	29,6	1 135	46,6	74,7
1 050	47,7	53,5	1 093	62	19,3	1 136	47,4	13
1 051	46,9	61,6	1 094	61,3	7,9	1 137	46,3	«m»
1 052	46,5	73,6	1 095	61,1	19,2	1 138	45,4	«m»
1 053	48	84,6	1 096	61,2	43	1 139	45,5	24,8
1 054	47,2	87,7	1 097	61,1	59,7	1 140	44,8	73,8
1 055	48,7	80	1 098	61,1	98,8	1 141	46,6	99
1 056	48,7	50,4	1 099	61,3	98,8	1 142	46,3	98,9
1 057	47,8	38,6	1 100	61,3	26,6	1 143	48,5	99,4
1 058	48,8	63,1	1 101	60,4	«m»	1 144	49,9	99,7
1 059	47,4	5	1 102	58,8	«m»	1 145	49,1	99,5
1 060	47,3	47,4	1 103	57,7	«m»	1 146	49,1	99,5

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 147	51	100	1 191	59,8	73,3	1 235	56,9	71,3
1 148	51,5	99,9	1 192	59,8	77,9	1 236	57	77,3
1 149	50,9	100	1 193	59,8	73,9	1 237	57,4	78,2
1 150	51,6	99,9	1 194	60	76,5	1 238	57,3	70,6
1 151	52,1	99,7	1 195	59,5	82,3	1 239	57,7	64
1 152	50,9	100	1 196	59,9	82,8	1 240	57,5	55,6
1 153	52,2	99,7	1 197	59,8	65,8	1 241	58,6	49,6
1 154	51,5	98,3	1 198	59	48,6	1 242	58,2	41,1
1 155	51,5	47,2	1 199	58,9	62,2	1 243	58,8	40,6
1 156	50,8	78,4	1 200	59,1	70,4	1 244	58,3	21,1
1 157	50,3	83	1 201	58,9	62,1	1 245	58,7	24,9
1 158	50,3	31,7	1 202	58,4	67,4	1 246	59,1	24,8
1 159	49,3	31,3	1 203	58,7	58,9	1 247	58,6	«m»
1 160	48,8	21,5	1 204	58,3	57,7	1 248	58,8	«m»
1 161	47,8	59,4	1 205	57,5	57,8	1 249	58,8	«m»
1 162	48,1	77,1	1 206	57,2	57,6	1 250	58,7	«m»
1 163	48,4	87,6	1 207	57,1	42,6	1 251	59,1	«m»
1 164	49,6	87,5	1 208	57	70,1	1 252	59,1	«m»
1 165	51	81,4	1 209	56,4	59,6	1 253	59,4	«m»
1 166	51,6	66,7	1 210	56,7	39	1 254	60,6	2,6
1 167	53,3	63,2	1 211	55,9	68,1	1 255	59,6	«m»
1 168	55,2	62	1 212	56,3	79,1	1 256	60,1	«m»
1 169	55,7	43,9	1 213	56,7	89,7	1 257	60,6	«m»
1 170	56,4	30,7	1 214	56	89,4	1 258	59,6	4,1
1 171	56,8	23,4	1 215	56	93,1	1 259	60,7	7,1
1 172	57	«m»	1 216	56,4	93,1	1 260	60,5	«m»
1 173	57,6	«m»	1 217	56,7	94,4	1 261	59,7	«m»
1 174	56,9	«m»	1 218	56,9	94,8	1 262	59,6	«m»
1 175	56,4	4	1 219	57	94,1	1 263	59,8	«m»
1 176	57	23,4	1 220	57,7	94,3	1 264	59,6	4,9
1 177	56,4	41,7	1 221	57,5	93,7	1 265	60,1	5,9
1 178	57	49,2	1 222	58,4	93,2	1 266	59,9	6,1
1 179	57,7	56,6	1 223	58,7	93,2	1 267	59,7	«m»
1 180	58,6	56,6	1 224	58,2	93,7	1 268	59,6	«m»
1 181	58,9	64	1 225	58,5	93,1	1 269	59,7	22
1 182	59,4	68,2	1 226	58,8	86,2	1 270	59,8	10,3
1 183	58,8	71,4	1 227	59	72,9	1 271	59,9	10
1 184	60,1	71,3	1 228	58,2	59,9	1 272	60,6	6,2
1 185	60,6	79,1	1 229	57,6	8,5	1 273	60,5	7,3
1 186	60,7	83,3	1 230	57,1	47,6	1 274	60,2	14,8
1 187	60,7	77,1	1 231	57,2	74,4	1 275	60,6	8,2
1 188	60	73,5	1 232	57	79,1	1 276	60,6	5,5
1 189	60,2	55,5	1 233	56,7	67,2	1 277	61	14,3
1 190	59,7	54,4	1 234	56,8	69,1	1 278	61	12

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 279	61,3	34,2	1 323	63,2	8,7	1 367	59,4	41,4
1 280	61,2	17,1	1 324	63,3	21,6	1 368	59,6	38,9
1 281	61,5	15,7	1 325	62,9	19,7	1 369	59,4	32,9
1 282	61	9,5	1 326	63	22,1	1 370	59,3	30,6
1 283	61,1	9,2	1 327	63,1	20,3	1 371	59,4	30
1 284	60,5	4,3	1 328	61,8	19,1	1 372	59,4	25,3
1 285	60,2	7,8	1 329	61,6	17,1	1 373	58,8	18,6
1 286	60,2	5,9	1 330	61	0	1 374	59,1	18
1 287	60,2	5,3	1 331	61,2	22	1 375	58,5	10,6
1 288	59,9	4,6	1 332	60,8	40,3	1 376	58,8	10,5
1 289	59,4	21,5	1 333	61,1	34,3	1 377	58,5	8,2
1 290	59,6	15,8	1 334	60,7	16,1	1 378	58,7	13,7
1 291	59,3	10,1	1 335	60,6	16,6	1 379	59,1	7,8
1 292	58,9	9,4	1 336	60,5	18,5	1 380	59,1	6
1 293	58,8	9	1 337	60,6	29,8	1 381	59,1	6
1 294	58,9	35,4	1 338	60,9	19,5	1 382	59,4	13,1
1 295	58,9	30,7	1 339	60,9	22,3	1 383	59,7	22,3
1 296	58,9	25,9	1 340	61,4	35,8	1 384	60,7	10,5
1 297	58,7	22,9	1 341	61,3	42,9	1 385	59,8	9,8
1 298	58,7	24,4	1 342	61,5	31	1 386	60,2	8,8
1 299	59,3	61	1 343	61,3	19,2	1 387	59,9	8,7
1 300	60,1	56	1 344	61	9,3	1 388	61	9,1
1 301	60,5	50,6	1 345	60,8	44,2	1 389	60,6	28,2
1 302	59,5	16,2	1 346	60,9	55,3	1 390	60,6	22
1 303	59,7	50	1 347	61,2	56	1 391	59,6	23,2
1 304	59,7	31,4	1 348	60,9	60,1	1 392	59,6	19
1 305	60,1	43,1	1 349	60,7	59,1	1 393	60,6	38,4
1 306	60,8	38,4	1 350	60,9	56,8	1 394	59,8	41,6
1 307	60,9	40,2	1 351	60,7	58,1	1 395	60	47,3
1 308	61,3	49,7	1 352	59,6	78,4	1 396	60,5	55,4
1 309	61,8	45,9	1 353	59,6	84,6	1 397	60,9	58,7
1 310	62	45,9	1 354	59,4	66,6	1 398	61,3	37,9
1 311	62,2	45,8	1 355	59,3	75,5	1 399	61,2	38,3
1 312	62,6	46,8	1 356	58,9	49,6	1 400	61,4	58,7
1 313	62,7	44,3	1 357	59,1	75,8	1 401	61,3	51,3
1 314	62,9	44,4	1 358	59	77,6	1 402	61,4	71,1
1 315	63,1	43,7	1 359	59	67,8	1 403	61,1	51
1 316	63,5	46,1	1 360	59	56,7	1 404	61,5	56,6
1 317	63,6	40,7	1 361	58,8	54,2	1 405	61	60,6
1 318	64,3	49,5	1 362	58,9	59,6	1 406	61,1	75,4
1 319	63,7	27	1 363	58,9	60,8	1 407	61,4	69,4
1 320	63,8	15	1 364	59,3	56,1	1 408	61,6	69,9
1 321	63,6	18,7	1 365	58,9	48,5	1 409	61,7	59,6
1 322	63,4	8,4	1 366	59,3	42,9	1 410	61,8	54,8

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 411	61,6	53,6	1 455	59,3	15,7	1 499	58,8	21,7
1 412	61,3	53,5	1 456	59	7,5	1 500	58,8	38,9
1 413	61,3	52,9	1 457	58,8	7,1	1 501	59,4	26,2
1 414	61,2	54,1	1 458	58,7	16,5	1 502	59,1	25,5
1 415	61,3	53,2	1 459	59,2	50,7	1 503	59,1	26
1 416	61,2	52,2	1 460	59,7	60,2	1 504	59	39,1
1 417	61,2	52,3	1 461	60,4	44	1 505	59,5	52,3
1 418	61	48	1 462	60,2	35,3	1 506	59,4	31
1 419	60,9	41,5	1 463	60,4	17,1	1 507	59,4	27
1 420	61	32,2	1 464	59,9	13,5	1 508	59,4	29,8
1 421	60,7	22	1 465	59,9	12,8	1 509	59,4	23,1
1 422	60,7	23,3	1 466	59,6	14,8	1 510	58,9	16
1 423	60,8	38,8	1 467	59,4	15,9	1 511	59	31,5
1 424	61	40,7	1 468	59,4	22	1 512	58,8	25,9
1 425	61	30,6	1 469	60,4	38,4	1 513	58,9	40,2
1 426	61,3	62,6	1 470	59,5	38,8	1 514	58,8	28,4
1 427	61,7	55,9	1 471	59,3	31,9	1 515	58,9	38,9
1 428	62,3	43,4	1 472	60,9	40,8	1 516	59,1	35,3
1 429	62,3	37,4	1 473	60,7	39	1 517	58,8	30,3
1 430	62,3	35,7	1 474	60,9	30,1	1 518	59	19
1 431	62,8	34,4	1 475	61	29,3	1 519	58,7	3
1 432	62,8	31,5	1 476	60,6	28,4	1 520	57,9	0
1 433	62,9	31,7	1 477	60,9	36,3	1 521	58	2,4
1 434	62,9	29,9	1 478	60,8	30,5	1 522	57,1	«m»
1 435	62,8	29,4	1 479	60,7	26,7	1 523	56,7	«m»
1 436	62,7	28,7	1 480	60,1	4,7	1 524	56,7	5,3
1 437	61,5	14,7	1 481	59,9	0	1 525	56,6	2,1
1 438	61,9	17,2	1 482	60,4	36,2	1 526	56,8	«m»
1 439	61,5	6,1	1 483	60,7	32,5	1 527	56,3	«m»
1 440	61	9,9	1 484	59,9	3,1	1 528	56,3	«m»
1 441	60,9	4,8	1 485	59,7	«m»	1 529	56	«m»
1 442	60,6	11,1	1 486	59,5	«m»	1 530	56,7	«m»
1 443	60,3	6,9	1 487	59,2	«m»	1 531	56,6	3,8
1 444	60,8	7	1 488	58,8	0,6	1 532	56,9	«m»
1 445	60,2	9,2	1 489	58,7	«m»	1 533	56,9	«m»
1 446	60,5	21,7	1 490	58,7	«m»	1 534	57,4	«m»
1 447	60,2	22,4	1 491	57,9	«m»	1 535	57,4	«m»
1 448	60,7	31,6	1 492	58,2	«m»	1 536	58,3	13,9
1 449	60,9	28,9	1 493	57,6	«m»	1 537	58,5	«m»
1 450	59,6	21,7	1 494	58,3	9,5	1 538	59,1	«m»
1 451	60,2	18	1 495	57,2	6	1 539	59,4	«m»
1 452	59,5	16,7	1 496	57,4	27,3	1 540	59,6	«m»
1 453	59,8	15,7	1 497	58,3	59,9	1 541	59,5	«m»
1 454	59,6	15,7	1 498	58,3	7,3	1 542	59,6	0,5

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 543	59,3	9,2	1 587	59,5	84,6	1 631	62,8	21,9
1 544	59,4	11,2	1 588	59,8	77,5	1 632	62,2	22,2
1 545	59,1	26,8	1 589	60,6	67,9	1 633	62,5	31
1 546	59	11,7	1 590	59,3	47,3	1 634	62,3	31,3
1 547	58,8	6,4	1 591	59,3	43,1	1 635	62,6	31,7
1 548	58,7	5	1 592	59,4	38,3	1 636	62,3	22,8
1 549	57,5	«m»	1 593	58,7	38,2	1 637	62,7	12,6
1 550	57,4	«m»	1 594	58,8	39,2	1 638	62,2	15,2
1 551	57,1	1,1	1 595	59,1	67,9	1 639	61,9	32,6
1 552	57,1	0	1 596	59,7	60,5	1 640	62,5	23,1
1 553	57	4,5	1 597	59,5	32,9	1 641	61,7	19,4
1 554	57,1	3,7	1 598	59,6	20	1 642	61,7	10,8
1 555	57,3	3,3	1 599	59,6	34,4	1 643	61,6	10,2
1 556	57,3	16,8	1 600	59,4	23,9	1 644	61,4	«m»
1 557	58,2	29,3	1 601	59,6	15,7	1 645	60,8	«m»
1 558	58,7	12,5	1 602	59,9	41	1 646	60,7	«m»
1 559	58,3	12,2	1 603	60,5	26,3	1 647	61	12,4
1 560	58,6	12,7	1 604	59,6	14	1 648	60,4	5,3
1 561	59	13,6	1 605	59,7	21,2	1 649	61	13,1
1 562	59,8	21,9	1 606	60,9	19,6	1 650	60,7	29,6
1 563	59,3	20,9	1 607	60,1	34,3	1 651	60,5	28,9
1 564	59,7	19,2	1 608	59,9	27	1 652	60,8	27,1
1 565	60,1	15,9	1 609	60,8	25,6	1 653	61,2	27,3
1 566	60,7	16,7	1 610	60,6	26,3	1 654	60,9	20,6
1 567	60,7	18,1	1 611	60,9	26,1	1 655	61,1	13,9
1 568	60,7	40,6	1 612	61,1	38	1 656	60,7	13,4
1 569	60,7	59,7	1 613	61,2	31,6	1 657	61,3	26,1
1 570	61,1	66,8	1 614	61,4	30,6	1 658	60,9	23,7
1 571	61,1	58,8	1 615	61,7	29,6	1 659	61,4	32,1
1 572	60,8	64,7	1 616	61,5	28,8	1 660	61,7	33,5
1 573	60,1	63,6	1 617	61,7	27,8	1 661	61,8	34,1
1 574	60,7	83,2	1 618	62,2	20,3	1 662	61,7	17
1 575	60,4	82,2	1 619	61,4	19,6	1 663	61,7	2,5
1 576	60	80,5	1 620	61,8	19,7	1 664	61,5	5,9
1 577	59,9	78,7	1 621	61,8	18,7	1 665	61,3	14,9
1 578	60,8	67,9	1 622	61,6	17,7	1 666	61,5	17,2
1 579	60,4	57,7	1 623	61,7	8,7	1 667	61,1	«m»
1 580	60,2	60,6	1 624	61,7	1,4	1 668	61,4	«m»
1 581	59,6	72,7	1 625	61,7	5,9	1 669	61,4	8,8
1 582	59,9	73,6	1 626	61,2	8,1	1 670	61,3	8,8
1 583	59,8	74,1	1 627	61,9	45,8	1 671	61	18
1 584	59,6	84,6	1 628	61,4	31,5	1 672	61,5	13
1 585	59,4	76,1	1 629	61,7	22,3	1 673	61	3,7
1 586	60,1	76,9	1 630	62,4	21,7	1 674	60,9	3,1

Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.	Tiempo	Régimen norm.	Par norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 675	60,9	4,7	1 717	59,6	4,9	1 759	59	4,1
1 676	60,6	4,1	1 718	59,4	22,7	1 760	58,2	4,9
1 677	60,6	6,7	1 719	59,6	22	1 761	57,9	10,1
1 678	60,6	12,8	1 720	60,1	17,4	1 762	58,5	7,5
1 679	60,7	11,9	1 721	60,2	16,6	1 763	57,4	7
1 680	60,6	12,4	1 722	59,4	28,6	1 764	58,2	6,7
1 681	60,1	12,4	1 723	60,3	22,4	1 765	58,2	6,6
1 682	60,5	12	1 724	59,9	20	1 766	57,3	17,3
1 683	60,4	11,8	1 725	60,2	18,6	1 767	58	11,4
1 684	59,9	12,4	1 726	60,3	11,9	1 768	57,5	47,4
1 685	59,6	12,4	1 727	60,4	11,6	1 769	57,4	28,8
1 686	59,6	9,1	1 728	60,6	10,6	1 770	58,8	24,3
1 687	59,9	0	1 729	60,8	16	1 771	57,7	25,5
1 688	59,9	20,4	1 730	60,9	17	1 772	58,4	35,5
1 689	59,8	4,4	1 731	60,9	16,1	1 773	58,4	29,3
1 690	59,4	3,1	1 732	60,7	11,4	1 774	59	33,8
1 691	59,5	26,3	1 733	60,9	11,3	1 775	59	18,7
1 692	59,6	20,1	1 734	61,1	11,2	1 776	58,8	9,8
1 693	59,4	35	1 735	61,1	25,6	1 777	58,8	23,9
1 694	60,9	22,1	1 736	61	14,6	1 778	59,1	48,2
1 695	60,5	12,2	1 737	61	10,4	1 779	59,4	37,2
1 696	60,1	11	1 738	60,6	«m»	1 780	59,6	29,1
1 697	60,1	8,2	1 739	60,9	«m»	1 781	50	25
1 698	60,5	6,7	1 740	60,8	4,8	1 782	40	20
1 699	60	5,1	1 741	59,9	«m»	1 783	30	15
1 700	60	5,1	1 742	59,8	«m»	1 784	20	10
1 701	60	9	1 743	59,1	«m»	1 785	10	5
1 702	60,1	5,7	1 744	58,8	«m»	1 786	0	0
1 703	59,9	8,5	1 745	58,8	«m»	1 787	0	0
1 704	59,4	6	1 746	58,2	«m»	1 788	0	0
1 705	59,5	5,5	1 747	58,5	14,3	1 789	0	0
1 706	59,5	14,2	1 748	57,5	4,4	1 790	0	0
1 707	59,5	6,2	1 749	57,9	0	1 791	0	0
1 708	59,4	10,3	1 750	57,8	20,9	1 792	0	0
1 709	59,6	13,8	1 751	58,3	9,2	1 793	0	0
1 710	59,5	13,9	1 752	57,8	8,2	1 794	0	0
1 711	60,1	18,9	1 753	57,5	15,3	1 795	0	0
1 712	59,4	13,1	1 754	58,4	38	1 796	0	0
1 713	59,8	5,4	1 755	58,1	15,4	1 797	0	0
1 714	59,9	2,9	1 756	58,8	11,8	1 798	0	0
1 715	60,1	7,1	1 757	58,3	8,1	1 799	0	0
1 716	59,6	12	1 758	58,3	5,5	1 800	0	0

«m» = punto motriz.

La figura 5 muestra un gráfico del programa dinamométrico ETC

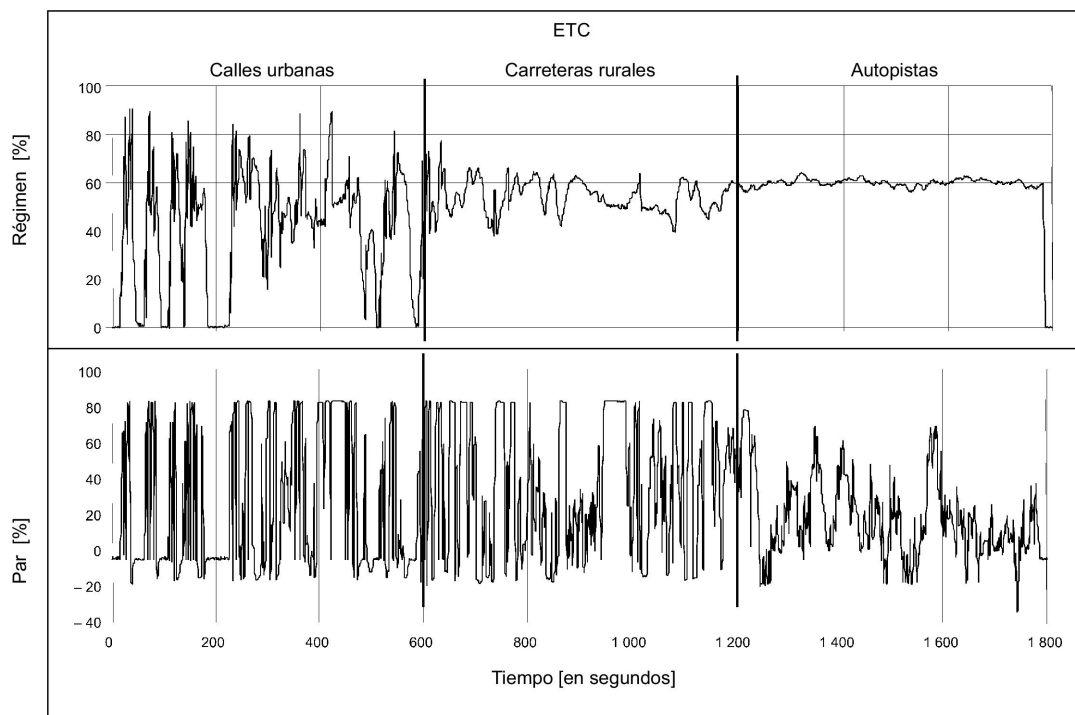


Figura 5: Programa dinamométrico ETC

## ANEXO 4

## Apéndice 4

**PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y DE MUESTREO**

## 1. INTRODUCCIÓN

Los componentes gaseosos, las partículas y el humo que emite el motor sometido a ensayo deberán medirse mediante los métodos descritos en el anexo 4, apéndice 6. Los apartados respectivos del anexo 4, apéndice 6, describen los sistemas analíticos recomendados para las emisiones gaseosas (apartado 1), los sistemas de dilución y de muestreo de partículas recomendados (apartado 2) y los opacímetros recomendados para la medición del humo (apartado 3).

Para el ensayo ESC, los componentes gaseosos se determinarán en el gas de escape bruto. También se puede optar por determinarlos en el gas de escape diluido, en caso de que se utilice un sistema de dilución de flujo total para la determinación de partículas. Las partículas se determinarán con un sistema de dilución de flujo parcial o total.

En el ensayo ETC, se empleará exclusivamente un sistema de dilución de flujo total para determinar las emisiones gaseosas y de partículas, que se considerará el sistema de referencia. No obstante, el Servicio técnico podrá autorizar varios sistemas de dilución de flujo parcial si se demuestra su equivalencia de acuerdo con el punto 6.2 del Reglamento, y se presenta a dicho Servicio técnico una descripción detallada de los procedimientos de evaluación y cálculo de los datos.

## 2. DINAMÓMETRO Y EQUIPAMIENTO DE LA CELDA DE ENSAYO

En los ensayos sobre emisiones de motores en bancos dinamométricos se empleará el equipamiento siguiente:

## 2.1. Banco dinamométrico

Se utilizará un banco dinamométrico que posea las características adecuadas para efectuar los ciclos de ensayo descritos en los apéndices 1 y 2 del presente anexo. El sistema de medición del régimen tendrá una precisión de  $\pm 2\%$  del valor leído. El sistema de medición del par tendrá una precisión de  $\pm 3\%$  del valor leído en el margen  $> 20\%$  del fondo de escala, y una precisión de  $\pm 0,6\%$  del fondo de escala en el margen  $\leq 20\%$  del fondo de escala.

## 2.2. Otros instrumentos

Se emplearán los instrumentos que se precisen para medir el consumo de combustible, el consumo de aire, la temperatura del refrigerante y del lubricante, la presión del gas de escape y la depresión en el colector de admisión, la temperatura del gas de escape, la temperatura de la admisión de aire, la presión atmosférica, la humedad y la temperatura del combustible. Estos instrumentos deberán cumplir los requisitos indicados en el cuadro 8:

Cuadro 8:

*precisión de los instrumentos de medición*

Instrumento de medición	Precisión
Consumo de combustible	$\pm 2\%$ del valor máximo del motor
Consumo de aire	$\pm 2\%$ del valor máximo del motor
Temperaturas $\leq 600$ K (327 °C)	$\pm 2$ K del valor absoluto
Temperaturas $\geq 600$ K (327 °C)	$\pm 1\%$ del valor leído
Presión atmosférica	$\pm 0,1$ kPa del valor absoluto
Presión del gas de escape	$\pm 0,2$ kPa del valor absoluto
Depresión de admisión	$\pm 0,05$ kPa del valor absoluto
Otras presiones	$\pm 0,1$ kPa del valor absoluto
Humedad relativa	$\pm 3\%$ del valor absoluto
Humedad absoluta	$\pm 5\%$ del valor leído

### 2.3. Caudal del gas de escape

Para calcular las emisiones en el gas de escape bruto, es preciso conocer el caudal del gas de escape (véase el apéndice 1, punto 4.4). Dicho caudal podrá determinarse por cualquiera de los métodos siguientes:

medición directa del caudal del gas de escape con una tobera medidora del caudal o un sistema de medición equivalente;

medición del caudal de aire y del caudal de carburante con sistemas de medición adecuados y cálculo del caudal de escape mediante la ecuación siguiente:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}} \quad (\text{para la masa de escape en base húmeda})$$

La precisión de la determinación del caudal de escape deberá ser como mínimo de  $\pm 2,5\%$  del valor leído.

### 2.4. Caudal del gas de escape diluido

Para calcular las emisiones en el gas de escape diluido mediante un sistema de dilución de flujo total (obligatorio para el ensayo ETC), es preciso conocer el caudal del gas de escape diluido (véase el punto 4.3 del apéndice 2). El caudal másico total del gas de escape diluido ( $G_{\text{TOTW}}$ ) o la masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo ( $M_{\text{TOTW}}$ ) se medirán con una PDP o un CFV (anexo 4, apéndice 6, punto 2.3.1). La precisión será como mínimo de  $\pm 2\%$  del valor leído, y se determinará de conformidad con lo dispuesto en el anexo 4, apéndice 5, punto 2.4.

## 3. DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES GASEOSOS

### 3.1. Especificaciones generales del analizador

Los analizadores deberán tener una gama de medición adecuada para la precisión que se requiere en la medición de las concentraciones de los componentes del gas de escape (punto 3.1.1). Se recomienda utilizar los analizadores de manera que la concentración medida se encuentre entre el 15 % y el 100 % del fondo de escala.

Si los sistemas de lectura (ordenadores, registradores de datos) ofrecen una precisión y una resolución suficientes por debajo del 15 % del fondo de escala, también se considerarán aceptables mediciones por debajo del 15 % del fondo de escala. En este caso, deberán efectuarse calibraciones adicionales en al menos cuatro puntos distintos del cero equidistantes nominalmente para garantizar la precisión de las curvas de calibración de conformidad con el anexo 4, apéndice 5, punto 1.5.5.2.

El nivel de compatibilidad electromagnética (EMC) del equipo deberá poder minimizar los errores adicionales.

#### 3.1.1. Error de medición

El error total de medición, incluida la sensibilidad cruzada a otros gases (véase el anexo 4, apéndice 5, punto 1.9), no deberá superar  $\pm 5\%$  del valor leído o, si es inferior,  $\pm 3,5\%$  del fondo de escala. En el caso de concentraciones inferiores a 100 ppm, el error de medición no deberá exceder de  $\pm 4$  ppm.

#### 3.1.2. Repetibilidad

La repetibilidad, definida como 2,5 veces la desviación típica de diez respuestas repetitivas a un determinado gas de calibración o gas patrón, no deberá ser superior a  $\pm 1\%$  de la concentración del fondo de escala para cada rango utilizado superior a 155 ppm (o ppm C) o a  $\pm 2\%$  de cada rango utilizado inferior a 155 ppm (o ppm C).

#### 3.1.3. Ruido

La respuesta de pico a pico del analizador al gas cero y al gas de calibración o gas patrón durante cualquier periodo de diez segundos no excederá del 2 % del fondo de escala en cada uno de los rangos utilizados.

#### 3.1.4. Desviación del cero

La desviación del cero durante un periodo de una hora deberá ser inferior al 2 % del fondo de escala en el rango más bajo utilizado. La respuesta cero se define como la respuesta media, incluido el ruido, a un gas cero durante un intervalo de tiempo de treinta segundos.

### 3.1.5 *Desviación de la calibración*

La desviación de la calibración durante un periodo de una hora será inferior al 2 % del fondo de escala en el rango más bajo utilizado. La calibración es la diferencia entre la respuesta al gas patrón y la respuesta al gas cero. Se entiende por respuesta al gas patrón la respuesta media a dicho gas, incluido el ruido, durante un intervalo de tiempo de treinta segundos.

### 3.2. **Secado del gas**

El dispositivo opcional de secado de gas deberá tener un efecto mínimo en la concentración de los gases medidos. Los secadores químicos no son un método aceptable de eliminación de agua de la muestra.

### 3.3. **Analizadores**

En los puntos 3.3.1 a 3.3.4 se describen los principios de medición que deberán utilizarse. El anexo 4, apéndice 6, ofrece una descripción detallada de los sistemas de medición. Los gases que vayan a medirse deberán analizarse con los instrumentos indicados a continuación. En el caso de analizadores no lineales se permitirá el uso de circuitos de linealización.

#### 3.3.1. *Análisis del monóxido de carbono (CO)*

El analizador de monóxido de carbono será del tipo «absorción de infrarrojos no dispersivo» (NDIR).

#### 3.3.2. *Análisis del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)*

El analizador de dióxido de carbono será del tipo «absorción de infrarrojos no dispersivo» (NDIR).

#### 3.3.3. *Análisis de hidrocarburos (HC)*

Para los motores diésel y los motores de gas alimentados con GLP, el analizador de hidrocarburos será del tipo «detector de ionización de llama calentado» (HFID) con detector, válvulas, conductos, etc. El detector deberá calentarse para mantener el gas a una temperatura de  $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$  ( $190\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ ). Para los motores de gas alimentados con GN, el analizador de hidrocarburos podrá ser del tipo «detector de ionización de llama (FID) sin calentar», en función del método utilizado (véase el anexo 4, apéndice 6, punto 1.3).

#### 3.3.4. *Análisis de hidrocarburos no metánicos (NMHC) (sólo para motores de gas alimentados con GN)*

Los hidrocarburos no metánicos se determinarán mediante uno de los métodos indicados a continuación.

##### 3.3.4.1 **Método de cromatografía de gases (GC)**

Los hidrocarburos no metánicos se determinarán mediante sustracción del metano analizado con un cromatógrafo de gases (GC) acondicionado a  $423\text{ K}$  ( $150\text{ °C}$ ) de los hidrocarburos medidos de conformidad con lo dispuesto en el punto 3.3.3.

##### 3.3.4.2 **Método del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC)**

Para determinar la fracción de hidrocarburos no metánicos se utilizará un NMC calentado junto con un FID, tal como se indica en el punto 3.3.3, mediante sustracción del metano de los hidrocarburos.

#### 3.3.5. *Análisis de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)*

El analizador de óxidos de nitrógeno será del tipo «detector quimioluminiscente» (CLD), o «detector quimioluminiscente calentado» (HCLD), con un convertidor NO<sub>2</sub>/NO, si la medición se efectúa en base seca. Si la medición se efectúa en base húmeda, se utilizará un HCLD cuyo convertidor se mantendrá por encima de  $328\text{ K}$  ( $55\text{ °C}$ ), a condición de que se satisfaga la comprobación de la interferencia del agua (véase el anexo 4, apéndice 5, punto 1.9.2.2).

### 3.4. Muestreo de emisiones gaseosas

#### 3.4.1. Gas de escape bruto (ensayo ESC exclusivamente)

La sonda de muestreo de las emisiones gaseosas se introducirá hasta un punto situado como mínimo a 0,5 m o tres veces el diámetro del tubo de escape — lo que sea mayor — antes del punto de salida del sistema del gas de escape, siempre que sea conveniente, y suficientemente cerca del motor para garantizar que la temperatura del gas de escape en ese punto sea de al menos 343 K (70 °C).

En el caso de los motores multicilíndricos cuyo colector de escape esté ramificado, la entrada de la sonda estará situada suficientemente lejos de la ramificación para garantizar que la muestra obtenida sea representativa del promedio de emisiones de escape de todos los cilindros. En el caso de los motores multicilíndricos con grupos de colectores distintos, como los «motores en V», se puede tomar una muestra de cada grupo individualmente y calcular una media de las emisiones de escape. Podrán utilizarse otros métodos si ha quedado demostrado que son equivalentes a los indicados anteriormente. Para calcular las emisiones de escape deberá utilizarse el caudal másico de escape total.

Si el motor está equipado con un sistema de postratamiento del gas de escape, la muestra del gas de escape se tomará después de dicho sistema.

#### 3.4.2. Gas de escape diluido (obligatorio para el ensayo ETC, opcional para el ensayo ESC)

El tubo de escape situado entre el motor y el sistema de dilución de flujo total deberá ser conforme a los requisitos del anexo 4, apéndice 6, punto 2.3.1, EP.

La(s) sonda(s) de muestreo de emisiones gaseosas se instalará(n) en el túnel de dilución, en un punto muy próximo a la sonda de muestreo de partículas, en el que el aire de dilución y el gas de escape estén bien mezclados.

Para el ensayo ETC, generalmente el muestreo puede efectuarse de dos maneras:

- los contaminantes se recogen en una bolsa de muestreo durante el ciclo y se miden tras finalizar el ensayo;
- los contaminantes se muestrean de forma continua y se integran a lo largo del ciclo; este método es obligatorio para HC y NO<sub>x</sub>.

## 4. DETERMINACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

La determinación de las partículas requiere un sistema de dilución. La dilución puede efectuarse mediante un sistema de dilución de flujo parcial (sólo para el ensayo ESC) o mediante un sistema de dilución de flujo total (obligatorio para el ensayo ETC). La capacidad del flujo del sistema de dilución deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo, y mantener la temperatura del gas de escape diluido a un máximo de 325 K (52 °C) inmediatamente antes de los portafiltras. Se permite la deshumidificación del aire de dilución antes de que penetre en el sistema de dilución, lo que resulta especialmente útil si la humedad del aire de dilución es elevada. La temperatura del aire de dilución debe ser de 298 K  $\pm$  5 K (25 °C  $\pm$  5 °C). Si la temperatura ambiente es inferior a 293 K (20 °C), se recomienda precalentar el aire de dilución hasta superar el límite de temperatura superior de 303 K (30 °C). No obstante, la temperatura del aire de dilución no debe superar 325 K (52 °C) antes de la introducción del gas de escape en el túnel de dilución.

El sistema de dilución de flujo parcial debe estar diseñado de tal manera que permita la división del flujo de escape en dos fracciones, la menor de las cuales se diluirá con aire y, posteriormente, se utilizará para la medición de partículas. Para ello, es esencial determinar con gran precisión la relación de dilución. Se pueden aplicar diferentes métodos de división, teniendo en cuenta que el tipo de división utilizado determina en gran medida el material de muestreo y los procedimientos que se utilizarán (anexo 4, apéndice 6, punto 2.2). La sonda de muestreo de partículas se instalará a gran proximidad de la sonda de muestreo de las emisiones gaseosas, y la instalación será conforme a lo dispuesto en el punto 3.4.1.

Para determinar la masa de las partículas se precisa un sistema de muestreo de partículas, filtros de muestreo de partículas, una balanza de precisión micrográmic y una cámara de pesaje con control de temperatura y humedad.

Para el muestreo de partículas, se aplicará el método del filtro único, que utiliza un par de filtros (véase el punto 4.1.3) durante todo el ciclo de ensayo. En el ensayo ESC, deberá prestarse mucha atención a los tiempos y caudales de muestreo durante la fase de muestreo.

#### 4.1. Filtros de muestreo de partículas

##### 4.1.1. Características de los filtros

Se precisan filtros de fibra de vidrio revestidos de fluorocarburos o filtros de membrana basados en fluorocarburos. Todos los tipos de filtro deberán tener una eficacia de recogida de DOP (ftalato de dioctilo) de 0,3 µm de al menos un 95 %, con una velocidad de entrada del gas comprendida entre 35 y 80 cm/s.

##### 4.1.2. Tamaño de los filtros

Los filtros de partículas deberán tener un diámetro mínimo de 47 mm (37 mm de diámetro de la superficie filtrante). Son aceptables filtros de un diámetro mayor (punto 4.1.5).

##### 4.1.3. Filtros primario y secundario

El muestreo de gas de escape diluido se realizará mediante dos filtros colocados en serie (un filtro primario y un filtro secundario) durante la secuencia de ensayo. El filtro secundario estará a una distancia máxima de 100 mm después del filtro primario, con el que no deberá estar en contacto. Los filtros podrán pesarse por separado o juntos, en cuyo caso las dos caras filtrantes se colocarán la una contra la otra.

##### 4.1.4. Velocidad del flujo en el filtro

Deberá obtenerse una velocidad del flujo de gas que pasa por el filtro de 35 a 80 cm/s. El aumento de la caída de presión entre el inicio y el final del ensayo no deberá ser superior a 25 kPa.

##### 4.1.5. Carga del filtro

La carga del filtro mínima recomendada será de 0,5 mg/1 075 mm<sup>2</sup> de superficie filtrante. En el cuadro 9 figuran los valores preceptivos para los tamaños de filtro más frecuentes.

Cuadro 9:  
Cargas del filtro recomendadas

Diámetro del filtro (mm)	Diámetro recomendado de la superficie filtrante	Carga mínima recomendada
47	37	0,5
70	60	1,3
90	80	2,3
110	100	3,6

#### 4.2. Características de la cámara de pesaje y de la balanza analítica

##### 4.2.1. Características de la cámara de pesaje

La temperatura de la cámara (o sala) en la que se acondicionan y pesan los filtros de partículas deberá mantenerse a 295 K ± 3 K (22 °C ± 3 °C) durante todo el proceso de acondicionamiento y pesaje de los filtros. La humedad deberá mantenerse en un punto de condensación de 282,5 K ± 3 K (9,5 °C ± 3 °C) y una humedad relativa de 45 % ± 8 %.

##### 4.2.2. Pesaje del filtro de referencia

El aire ambiente de la cámara (o de la sala) deberá estar libre de contaminantes ambientales (por ejemplo, polvo) que puedan depositarse en los filtros de partículas durante su estabilización. Se permitirán alteraciones de las especificaciones de la sala de pesaje descritas en el punto 4.2.1 si su duración no supera los treinta minutos. La cámara de pesaje debe cumplir las especificaciones establecidas antes de que el personal penetre en ella. Se pesarán al menos dos filtros o pares de filtros de referencia sin usar en el plazo de cuatro horas después del pesaje del filtro o par de filtros de muestreo, aunque es preferible hacerlo al mismo tiempo. Estos filtros serán del mismo tamaño y material que los filtros de muestreo.

Si el peso medio de los filtros (pares de filtros) de referencia varía entre los distintos pesajes de los filtros de muestreo en más de  $\pm 5\%$  ( $\pm 7,5\%$  para el par de filtros) respecto a la carga mínima recomendada del filtro (punto 4.1.5), se desecharán todos los filtros de muestreo y se repetirá el ensayo de emisiones.

Si no se cumplen los criterios de estabilidad de la cámara de pesaje enumerados en el punto 4.2.1, pero los pesajes del filtro (par de filtros) de referencia sí cumplen los criterios indicados anteriormente, el fabricante del motor tendrá la opción de aceptar los pesos del filtro de muestreo o de invalidar los ensayos, ajustar el sistema de control de la cámara de pesaje y volver a efectuar el ensayo.

#### 4.2.3. *Balanza analítica*

La balanza analítica utilizada para determinar los pesos de todos los filtros deberá tener una precisión (desviación típica) de  $20\ \mu\text{g}$  y una resolución de  $10\ \mu\text{g}$  (1 dígito =  $10\ \mu\text{g}$ ). En el caso de los filtros de diámetro inferior a  $70\ \text{mm}$ , la precisión y la resolución deberán ser de  $2\ \mu\text{g}$  y  $1\ \mu\text{g}$ , respectivamente.

#### 4.2.4. *Eliminación de los efectos de la electricidad estática*

Para eliminar los efectos de la electricidad estática deberán neutralizarse los filtros antes del pesaje, por ejemplo, con un neutralizador Polonium o un dispositivo de efecto análogo.

### 4.3. **Especificaciones adicionales para la medición de partículas**

Todos los elementos del sistema de dilución y del sistema de muestreo, desde el tubo de escape hasta el portafiltras, que estén en contacto con gas de escape bruto y diluido, deberán estar diseñados de tal modo que se minimice la deposición o alteración de las partículas. Todos los elementos estarán fabricados con materiales conductores de electricidad que no reaccionen con los componentes del gas de escape, y estarán conectados a tierra para evitar efectos electrostáticos.

## 5. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DEL HUMO

En este apartado figuran las especificaciones relativas al equipo preceptivo y opcional para el ensayo ELR. El humo se medirá con un opacímetro dotado de una función de lectura de la opacidad y del coeficiente de absorción de luz. La función de lectura de la opacidad se utilizará exclusivamente para la calibración y la comprobación del opacímetro. Los valores del humo del ciclo de ensayo se medirán en la función de lectura del coeficiente de absorción de luz.

### 5.1. **Requisitos generales**

Para el ensayo ELR es preciso utilizar un sistema de medición del humo y de tratamiento de los datos que incluya tres unidades funcionales. Dichas unidades podrán estar integradas en un único componente o utilizarse como un sistema de componentes interconectados. Las tres unidades funcionales son:

- un opacímetro que cumpla las especificaciones del anexo 4, apéndice 6, apartado 3;
- una unidad de tratamiento de datos capaz de desempeñar las funciones descritas en el anexo 4, apéndice 1, apartado 6;
- una impresora y/o un soporte electrónico de datos para registrar y suministrar los valores del humo necesarios, tal como se especifican en el anexo 4, apéndice 1, punto 6.3.

### 5.2. **Requisitos específicos**

#### 5.2.1. *Linealidad*

La linealidad debe encontrarse dentro de un margen de  $\pm 2\%$  de opacidad.

#### 5.2.2. *Desviación del cero*

La desviación del cero durante un periodo de una hora no superará  $\pm 1\%$  de opacidad.

### 5.2.3. *Visualización y escala del opacímetro*

Para la visualización de la opacidad, la escala debe ir del 0 al 100 % de opacidad, y la legibilidad será del 0,1 % de opacidad. Para la visualización del coeficiente de absorción de luz, el rango irá de 0 a 30 m<sup>-1</sup> de coeficiente de absorción de luz, y la legibilidad será de 0,01 m<sup>-1</sup> de coeficiente de absorción de luz.

### 5.2.4. *Tiempo de respuesta del instrumento*

El tiempo de respuesta física del opacímetro no superará 0,2 s. El tiempo de respuesta física es la diferencia entre los momentos en que el indicador de un receptor de respuesta rápida alcanza el 10 % y el 90 % de la desviación total cuando se modifica en menos de 0,1 s la opacidad del gas que se mide.

El tiempo de respuesta eléctrica del opacímetro no superará 0,05 s. El tiempo de respuesta eléctrica es la diferencia entre los momentos en que el indicador del opacímetro alcanza el 10 % y el 90 % de la desviación total cuando la fuente luminosa se interrumpe o se extingue por completo en menos de 0,01 s.

### 5.2.5. *Filtros de densidad neutra*

El valor conocido de todo filtro de densidad neutra que se utilice para la calibración del opacímetro, mediciones de linealidad o la verificación de la calibración deberá situarse dentro de un margen de 1,0 % de opacidad. Debe comprobarse al menos una vez al año la precisión del valor nominal del filtro utilizando una referencia contemplada en una norma nacional o internacional.

Los filtros de densidad neutra son dispositivos de precisión y pueden dañarse fácilmente durante su uso. Se manipularán lo menos posible y, cuando sea necesario, se hará con cuidado para no rayar o ensuciar el filtro.

---

## ANEXO 4

## Apéndice 5

## PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

## 1. CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS ANALÍTICOS

1.1. **Introducción**

Cada analizador se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de precisión del presente Reglamento. En este apartado se describe el método de calibración que debe emplearse para los analizadores indicados en el anexo 4, apéndice 4, apartado 3, y apéndice 6, apartado 1.

1.2. **Gases de calibración**

Se respetará la vida útil de todos los gases de calibración.

Deberá registrarse la fecha de caducidad de estos gases que indique el fabricante.

1.2.1. *Gases puros*

La pureza que deben tener los gases la determinan los límites de contaminación indicados a continuación. Se precisarán los siguientes gases:

Nitrógeno purificado  
(Contaminación  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)

Oxígeno purificado  
(Pureza  $\geq 99,5$  % vol. O<sub>2</sub>)

Mezcla hidrógeno-helio  
( $40 \pm 2$  % de hidrógeno, y el resto de helio)  
(Contaminación  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>)

Aire sintético purificado  
(Contaminación  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)  
(Contenido de oxígeno entre 18 y 21 % vol.)

Propano purificado o CO para la verificación del CVS

1.2.2. *Gas de calibración y gas patrón*

Se dispondrá de mezclas de gases que posean las siguientes composiciones químicas:

C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> y aire sintético purificado (véase el punto 1.2.1);

CO y nitrógeno purificado;

NO<sub>x</sub> y nitrógeno purificado (la cantidad de NO<sub>2</sub> contenida en este gas de calibración no deberá superar un 5 % del contenido de NO);

CO<sub>2</sub> y nitrógeno purificado;

CH<sub>4</sub> y aire sintético purificado

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> y aire sintético purificado

*Nota:* Se permiten otras combinaciones de gases siempre que dichos gases no reaccionen entre sí.

La concentración real de un gas de calibración y de un gas patrón deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 2$  % del valor nominal. Todas las concentraciones de gas de calibración se indicarán en base al volumen (porcentaje en volumen o ppm en volumen).

Los gases utilizados para la calibración o el ajuste de la calibración también podrán obtenerse mediante un divisor de gases, por dilución con N<sub>2</sub> purificado o con aire sintético purificado. La precisión del mezclador será tal que permita determinar la concentración de los gases de calibración diluidos dentro de un margen de  $\pm 2\%$ .

### 1.3. Procedimiento de utilización de los analizadores y del sistema de muestreo

El procedimiento de utilización de los analizadores deberá ajustarse a las instrucciones de puesta en marcha y utilización del fabricante del instrumento. Deberán respetarse también los requisitos mínimos indicados en los puntos 1.4 a 1.9.

### 1.4. Prueba de fuga

Se efectuará una prueba de fuga del sistema. Se desconectará la sonda del sistema de escape y se obturará su extremidad. Se pondrá en marcha la bomba del analizador. Tras un periodo inicial de estabilización, todos los caudalímetros deberán indicar cero. En caso contrario, se verificarán los conductos de muestreo y se corregirá el error.

El índice de fuga máximo admisible en el lado del vacío será del 0,5 % del índice del caudal utilizado en la porción del sistema que se está verificando. Los caudales del analizador y los caudales de derivación podrán utilizarse para estimar los caudales utilizados.

Otro método consiste en introducir una variación brusca en la concentración al principio de la línea de muestreo, pasando de gas cero a gas patrón. Si al cabo de un periodo de tiempo adecuado el valor leído revela una concentración más baja que la concentración introducida, significará que hay problemas de calibración o de fuga.

### 1.5. Procedimiento de calibración

#### 1.5.1. Instrumental

Se calibrará el instrumental y se comprobarán las curvas de calibración con gases estándar. Se utilizarán los mismos caudales de gas que para el muestreo del gas de escape.

#### 1.5.2. Tiempo de calentamiento

El tiempo de calentamiento será el que recomiende el fabricante. Si éste no especifica ninguno, se recomienda calentar los analizadores durante un mínimo de dos horas.

#### 1.5.3. Analizadores NDIR y HFID

Se regulará el analizador NDIR, según se precise, y se optimizará la llama de combustión del analizador HFID (punto 1.8.1).

#### 1.5.4. Calibración

Se calibrará todo rango de funcionamiento utilizado normalmente.

Mediante aire sintético purificado (o nitrógeno), se pondrán a cero los analizadores de CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y HC.

Se introducirán en los analizadores los gases de calibración apropiados, se registrarán los valores y se establecerá la curva de calibración de conformidad con el punto 1.5.5.

Se verificará de nuevo el valor cero y, si es preciso, se repetirá el procedimiento de calibración.

#### 1.5.5. Establecimiento de la curva de calibración

##### 1.5.5.1. Orientaciones generales

La curva de calibración del analizador se determinará mediante un mínimo de cinco puntos de calibración (excluido el cero) espaciados lo más uniformemente posible. La mayor concentración nominal no deberá ser inferior al 90 % del fondo de escala.

La curva de calibración se calculará por el método de los mínimos cuadrados. Si el grado polinómico resultante es superior a 3, el número de puntos de calibración (incluido el cero) deberá ser como mínimo igual a dicho grado polinómico más 2.

La curva de calibración no deberá diferir en más de  $\pm 2\%$  del valor nominal de cada punto de calibración ni en más de  $\pm 1\%$  del fondo de escala a cero.

A partir de la curva y de los puntos de calibración, se podrá verificar si la calibración se ha efectuado correctamente. Deberán indicarse los diversos parámetros característicos del analizador, en particular:

- el rango de medición;
- la sensibilidad;
- la fecha en que se efectuó la calibración.

#### 1.5.5.2. *Calibración inferior al 15 % del fondo de escala*

La curva de calibración del analizador se establecerá mediante al menos cuatro puntos de calibración adicionales (excluido el cero) equidistantes nominalmente e inferiores al 15 % del fondo de escala.

La curva de calibración se calculará por el método de los mínimos cuadrados.

La curva de calibración no deberá diferir en más de  $\pm 4\%$  del valor nominal de cada punto de calibración ni en más de  $\pm 1\%$  del fondo de escala en el cero.

#### 1.5.5.3. *Métodos alternativos*

Si se puede demostrar que otras técnicas alternativas (por ejemplo, ordenador, conmutador de rangos de control electrónico, etc.) ofrecen una precisión equivalente, se podrán aplicar dichas técnicas.

### 1.6. Verificación de la calibración

Antes de cada análisis deberá comprobarse cada rango operativo utilizado normalmente siguiendo el procedimiento siguiente:

Se verificará la calibración utilizando un gas cero y un gas patrón cuyo valor nominal sea superior al 80 % del fondo de escala del rango de medición.

Si el valor hallado para los dos puntos considerados no difiere del valor de referencia declarado en más de  $\pm 4\%$  del fondo de escala, podrán modificarse los parámetros de ajuste. En caso contrario, se establecerá una nueva curva de calibración de conformidad con el punto 1.5.5.

### 1.7. Ensayo de eficacia del convertidor de $\text{NO}_x$

La eficacia del convertidor utilizado para la conversión de  $\text{NO}_2$  en  $\text{NO}$  deberá comprobarse como se indica en los puntos 1.7.1 a 1.7.8 (figura 6).

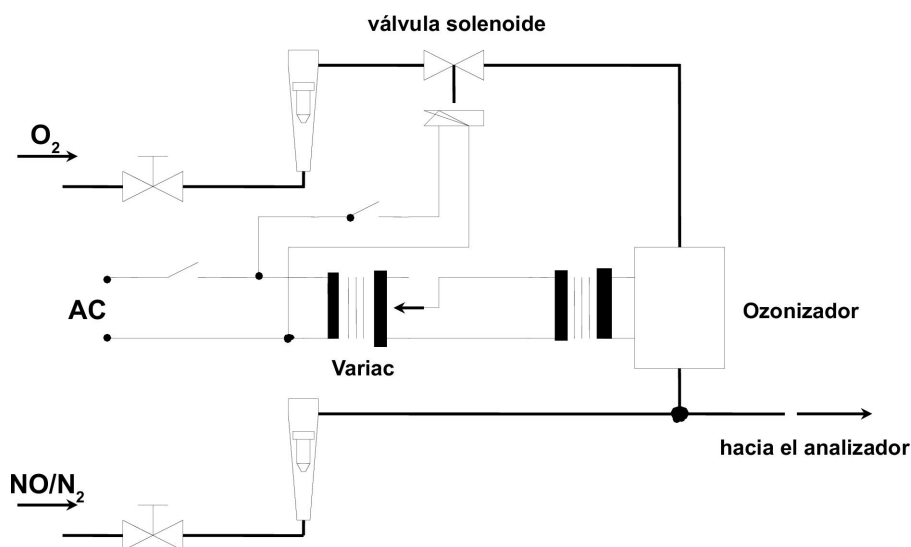


Figura 6 – Esquema del dispositivo de comprobación de la eficacia del convertidor de  $\text{NO}_2$

#### 1.7.1. Preparación del ensayo

Utilizando el montaje de ensayo indicado en la figura 6 (véase también el anexo 4, apéndice 4, punto 3.3.5) y el procedimiento descrito a continuación, se puede comprobar la eficacia de los convertidores mediante un ozonizador.

#### 1.7.2. Calibración

El CLD y el HCLD deberán calibrarse en el rango operativo más común, según las especificaciones del fabricante, utilizando gas cero y gas patrón (cuyo contenido de NO deberá equivaler aproximadamente a un 80 % del rango operativo, y la concentración de NO<sub>2</sub> de la mezcla de gases será inferior al 5 % de la concentración de NO). El analizador de NO<sub>x</sub> deberá encontrarse en el modo NO, de manera que el gas patrón no pase por el convertidor. Se registrará la concentración indicada.

#### 1.7.3. Cálculo

La eficacia del convertidor de NO<sub>x</sub> se calculará de la manera siguiente:

$$\text{Eficacia (\%)} = \left(1 + \frac{a-b}{c-d}\right) \times 100$$

donde:

- a es la concentración de NO<sub>x</sub> según el punto 1.7.6
- b es la concentración de NO<sub>x</sub> según el punto 1.7.7
- c es la concentración de NO según el punto 1.7.4
- d es la concentración de NO según el punto 1.7.5

#### 1.7.4. Adición de oxígeno

Mediante un conector en T se añadirá oxígeno o aire cero de manera continua al flujo de gas hasta que la concentración indicada sea aproximadamente un 20 % inferior a la concentración de calibración indicada en el punto 1.7.2 (el analizador se encuentra en el modo NO). Se registrará la concentración c indicada. El ozonizador se mantendrá desactivado durante todo el proceso.

#### 1.7.5. Activación del ozonizador

Se activa el ozonizador con el fin de generar suficiente ozono para reducir la concentración de NO a aproximadamente un 20 % (mínimo 10 %) de la concentración de calibración indicada en el punto 1.7.2. Deberá registrarse la concentración d indicada (el analizador se encuentra en el modo NO).

#### 1.7.6. Modo NO<sub>x</sub>

El analizador de NO se cambia entonces al modo NO<sub>x</sub>, de manera que la mezcla de gases (constituida por NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>) pase a través del convertidor. Deberá registrarse la concentración a indicada (el analizador se encuentra en el modo NO<sub>x</sub>).

#### 1.7.7. Desactivación del ozonizador

Se desactiva el ozonizador. La mezcla de gases descrita en el punto 1.7.6 pasará al detector a través del convertidor. Deberá registrarse la concentración d indicada (el analizador se encuentra en el modo NO<sub>x</sub>).

#### 1.7.8. Modo NO

Con el cambio al modo NO y el ozonizador desactivado, también quedará interrumpido el flujo de oxígeno o de aire sintético. La medida de NO<sub>x</sub> indicada por el analizador no deberá diferir en más de ± 5 % del valor medido según el punto 1.7.2 (el analizador se encuentra en el modo NO).

#### 1.7.9. Intervalo de ensayo

La eficacia del convertidor deberá comprobarse antes de cada calibración del analizador de NO<sub>x</sub>.

1.7.10. *Requisito de eficacia*

La eficacia del convertidor no deberá ser inferior al 90 %, aunque se recomienda encarecidamente una eficacia del 95 %.

*Nota:* Si, estando el analizador en el rango más común, el ozonizador no logra una reducción del 80 % al 20 % según lo indicado en el punto 1.7.5, se utilizará el rango más alto que permita esa reducción.

1.8. **Ajuste del FID**1.8.1. *Optimización de la respuesta del detector*

El FID deberá ajustarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante del instrumento. Conviene utilizar un gas patrón de propano en aire para optimizar la respuesta en el rango operativo más común.

Con los caudales de combustible y de aire regulados según las recomendaciones del fabricante, se introducirá en el analizador un gas patrón de  $350 \pm 75$  ppm C. La respuesta con un caudal de combustible concreto se determinará a partir de la diferencia entre la respuesta del gas patrón y la respuesta del gas cero. El caudal de combustible deberá ajustarse de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. Se registrarán las respuestas del gas patrón y del gas cero con esos caudales de combustible. La diferencia entre la respuesta del gas patrón y la respuesta del gas cero se representará gráficamente y el caudal de combustible se ajustará al lado rico de la curva.

1.8.2. *Factores de respuesta a los hidrocarburos*

El analizador se calibrará utilizando propano en aire y aire sintético purificado, tal como se indica en el punto 1.5.

Los factores de respuesta se determinarán cuando se ponga en servicio un analizador y después de largos periodos de servicio. El factor de respuesta ( $R_f$ ) para un tipo de hidrocarburo particular es la relación entre el valor leído de C1 del FID y la concentración de gas en el cilindro, expresada en ppm de C1.

Se utilizará la concentración del gas de ensayo que proporcione una respuesta de aproximadamente un 80 % del fondo de escala. La concentración deberá conocerse con una precisión de  $\pm 2$  % en relación con un patrón gravimétrico expresado en volumen. Asimismo, el cilindro de gas se acondicionará previamente durante veinticuatro horas a una temperatura de  $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$  ( $25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ ).

Los gases de ensayo que deberán utilizarse y los correspondientes rangos recomendados del factor de respuesta son los siguientes:

Metano y aire sintético purificado	$1,00 \leq R_f \leq 1,15$ (motores diésel y de GLP)
Metano y aire sintético purificado	$1,00 \leq R_f \leq 1,07$ (motores de GN)
Propileno y aire sintético purificado	$0,90 \leq R_f \leq 1,1$
Tolueno y aire sintético purificado	$0,90 \leq R_f \leq 1,10$

Estos valores corresponden al factor de respuesta ( $R_f$ ) de 1,00 para el propano y el aire sintético purificado.

1.8.3. *Comprobación de la interferencia del oxígeno*

El control de la interferencia del oxígeno se efectuará cuando se ponga en servicio un analizador y tras largos periodos de servicio.

El factor de respuesta se define y debe determinarse según lo indicado en el punto 1.8.2. A continuación se indican el gas de ensayo que debe utilizarse y el rango recomendado del factor de respuesta relativo:

Propano y nitrógeno  $0,95 \leq R_f \leq 1,05$

Este valor es relativo al factor de respuesta ( $R_f$ ) de 1,00 para el propano y el aire sintético purificado.

La concentración de oxígeno en el aire del quemador del FID deberá situarse en un margen de  $\pm 1$  mol % respecto a la concentración de oxígeno en el aire del quemador utilizado en el último control de interferencia de oxígeno. Si la diferencia es mayor, es preciso controlar la interferencia de oxígeno y, en su caso, ajustar el analizador.

#### 1.8.4. Eficacia del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC, exclusivamente para motores de gas alimentados con GN)

El NMC se utiliza para eliminar los hidrocarburos no metánicos del gas de muestreo mediante oxidación de todos los hidrocarburos excepto el metano. Idealmente, la conversión es del 0 % para el metano y del 100 % para el resto de hidrocarburos representados por el etano. Para medir con precisión los NMHC, será preciso determinar las dos eficacias y utilizarlas para calcular el caudal másico de emisión del NMHC (véase el anexo 4, apéndice 2, punto 4.3).

##### 1.8.4.1. Eficacia del metano

Se hará circular gas de calibración de metano por el FID, en derivación y a través del NMC, y se registrarán las dos concentraciones. La eficacia se determinará de la manera siguiente:

$$CE_M = 1 - \frac{\text{conc}_w}{\text{conc}_{w/o}}$$

donde:

$\text{conc}_w$  = concentración de HC con el CH<sub>4</sub> circulando por el NMC

$\text{conc}_{w/o}$  = concentración de HC con el CH<sub>4</sub> en derivación, sin pasar por el NMC

##### 1.8.4.2. Eficacia del etano

Se hará circular gas de calibración de etano por el FID, en derivación y a través del NMC, y se registrarán las dos concentraciones. La eficacia se determinará de la manera siguiente:

$$CE_E = 1 - \frac{\text{conc}_w}{\text{conc}_{w/o}}$$

donde:

$\text{conc}_w$  = concentración de HC con el C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> circulando por el NMC

$\text{conc}_{w/o}$  = concentración de HC con el C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> en derivación, sin pasar por el NMC

#### 1.9. Interferencias con los analizadores de CO, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>

Los gases de escape distintos del que se analiza pueden interferir en el valor leído de diferentes formas. En los analizadores NDIR se produce una interferencia positiva cuando el gas interferente provoca el mismo efecto que el gas que se está midiendo, pero en menor grado. En los analizadores NDIR se produce una interferencia negativa cuando el gas interferente ensancha la banda de absorción del gas medido, y en los detectores CLD, cuando el gas interferente reduce la radiación. Las pruebas de interferencia descritas en los puntos 1.9.1 y 1.9.2 se efectuarán antes de utilizar por primera vez un analizador y tras largos periodos de servicio.

##### 1.9.1. Control de interferencia en el analizador de CO

El agua y el CO<sub>2</sub> pueden interferir en el funcionamiento del analizador de CO. En consecuencia, se tomará gas patrón de CO<sub>2</sub> con una concentración del 80 al 100 % del fondo de escala del rango operativo máximo utilizado durante el ensayo, se hará borbotear dicho gas en agua a la temperatura ambiente y se registrará la respuesta del analizador. La respuesta del analizador no superará el 1 % del fondo de escala para rangos iguales o superiores a 300 ppm, o bien 3 ppm para rangos inferiores a 300 ppm.

##### 1.9.2. Controles de las interferencias en el analizador de NO<sub>x</sub>

Los dos gases que pueden interferir en los analizadores CLD y HCLD son el CO<sub>2</sub> y el vapor de agua. Las interferencias de estos dos gases son proporcionales a sus concentraciones, de modo que se precisan técnicas de ensayo para determinar el grado de interferencia a las concentraciones máximas que se prevé alcanzar durante el ensayo.

##### 1.9.2.1. Control de la interferencia del CO<sub>2</sub>

Se hará pasar por el analizador NDIR un gas patrón de CO<sub>2</sub> con una concentración del 80 al 100 % del fondo de escala del rango operativo máximo, y el valor de CO<sub>2</sub> se registrará como A. A continuación se diluirá aproximadamente al 50 % con gas patrón de NO y se hará pasar por el NDIR y el (H)CLD, y se registrarán los valores de CO<sub>2</sub> y de NO como B y C, respectivamente. Por último, se interrumpirá el paso del CO<sub>2</sub>, por lo que sólo se hará pasar el gas patrón de NO por el (H)CLD, y se registrará el valor de NO como valor D.

El efecto interferente, que no deberá ser superior al 3 % del fondo de escala, se calculará de la manera siguiente:

$$\text{porcentaje de interferencia} = \left[ 1 - \left( \frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100$$

donde:

A es la concentración de CO<sub>2</sub> no diluido medida con el NDIR, en %

B es la concentración de CO<sub>2</sub> diluido medida con el NDIR, en %

C es la concentración de NO diluido medida con el (H)CLD, en ppm

D es la concentración de NO no diluido medida con el (H)CLD, en ppm

Podrán utilizarse otros métodos para diluir y cuantificar los valores de los gases patrón de CO<sub>2</sub> y NO, por ejemplo, el mezclado dinámico.

#### 1.9.2.2. *Control de la interferencia del agua*

Este control se aplica exclusivamente a las mediciones de concentraciones de gas húmedo. El cálculo de la interferencia del agua debe tener en cuenta la dilución del gas patrón de NO con vapor de agua y la adaptación de la concentración de vapor de agua de la mezcla a la esperada durante el ensayo.

Se hará pasar por el (H)CLD un gas patrón de NO con una concentración del 80 al 100 % del fondo de escala del rango operativo normal, y el valor de NO se registrará como D. A continuación, el gas patrón de NO se hará borbotear en agua a la temperatura ambiente y se hará pasar por el (H)CLD, y se registrará el valor de NO como valor C. Se determinarán la presión operativa absoluta del analizador y la temperatura del agua y registrarán como valores E y F, respectivamente. Se determinará la presión de vapor de saturación de la mezcla correspondiente a la temperatura (F) del agua borbotante y se registrará como G. La concentración de vapor de agua (H, en %) de la mezcla se calculará de la manera siguiente:

$$H = 100 \times (G / E)$$

La concentración (D<sub>e</sub>) de gas patrón de NO diluido (en vapor de agua) que se espera alcanzar se calculará de la manera siguiente:

$$D_e = D \times (1 - H / 100)$$

Para el escape de un motor diésel, se estimará la concentración máxima de vapor de agua de escape (H<sub>m</sub>, en %) que se espera obtener durante el ensayo, suponiendo una relación atómica H/C del combustible de 1,8:1, a partir de la concentración de gas patrón de CO<sub>2</sub> no diluido (A, medida según el punto 1.9.2.1), de la manera siguiente:

$$H_m = 0,9 \times A$$

El efecto interferente, que no deberá ser superior al 3 %, se calculará de la manera siguiente:

$$\% \text{ de interferencia} = 100 \times ((D_e - C) / D_e) \times (H_m / H)$$

donde:

D<sub>e</sub> es la concentración esperada de NO diluido, en ppm

C es la concentración de NO diluido, en ppm

H<sub>m</sub> es la concentración máxima de vapor de agua, en %

H es la concentración efectiva de vapor de agua, en %

*Nota:* Es importante que el gas patrón de NO contenga una concentración mínima de NO<sub>2</sub> para este control, dado que la absorción de NO<sub>2</sub> en el agua no se ha tenido en cuenta en los cálculos del efecto interferente.

#### 1.10. *Intervalos de calibración*

Los analizadores se calibrarán de acuerdo con el punto 1.5 al menos cada tres meses o siempre que se realice una reparación o modificación en el sistema que pueda influir en la calibración.

## 2. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA CVS

## 2.1. Generalidades

El sistema CVS se calibrará con un caudalímetro de precisión contemplado en una norma nacional o internacional y con un dispositivo limitador. Se medirá el caudal que circula por el sistema para distintas posiciones del limitador, y los parámetros de control del sistema se medirán y se relacionarán con el caudal.

Podrán utilizarse varios tipos de caudalímetros, por ejemplo, un venturi calibrado, un caudalímetro laminar calibrado o un turbidímetro calibrado.

## 2.2. Calibración de la bomba de desplazamiento positivo (PDP)

Todos los parámetros relacionados con la bomba se medirán simultáneamente con los parámetros relacionados con el caudalímetro conectado en serie a la bomba. El caudal calculado (en m<sup>3</sup>/min en la entrada de la bomba, a una presión y una temperatura absolutas) se representará gráficamente en relación con una función de correlación que represente el valor de una combinación específica de parámetros de la bomba. A continuación se determinará la ecuación lineal que relaciona el caudal de la bomba y la función de correlación. Si un CVS posee múltiples regímenes, la calibración deberá efectuarse para cada rango utilizado. La temperatura deberá mantenerse estable durante la calibración.

## 2.2.1. Análisis de datos

El caudal de aire ( $Q_s$ ) para cada posición del limitador (mínimo seis posiciones) se calculará en m<sup>3</sup> estándar/min a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. A continuación, el caudal de aire deberá convertirse en caudal de la bomba ( $V_0$ ) en m<sup>3</sup>/rev a temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba, de la manera siguiente:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{P_A}$$

donde:

$Q_s$  = caudal de aire en condiciones normales (101,3 kPa, 273 K), en m<sup>3</sup>/s

$T$  = temperatura en la entrada de la bomba, en K

$P_A$  = presión absoluta en la entrada de la bomba ( $p_B - p_1$ ), en kPa

$n$  = régimen de la bomba, en rev/s

Para tener en cuenta la interacción de las variaciones de presión en la bomba y el índice de deslizamiento de la bomba, se calculará la función de correlación ( $X_0$ ) entre la velocidad de la bomba, la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba y la presión absoluta en la salida de la bomba, de la manera siguiente:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{P_A}}$$

donde:

$\Delta p_p$  = diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba, en kPa

$P_A$  = presión absoluta en la salida de la bomba, en kPa

Deberá efectuarse un ajuste mínimo cuadrado lineal para generar la ecuación de calibración del modo siguiente:

$$V_0 = D_0 - m \times (X_0)$$

$D_0$  y  $m$  son las constantes de intersección y de pendiente, respectivamente, que describen las líneas de regresión.

Para un sistema CVS con múltiples velocidades, las curvas de calibración generadas para los distintos rangos de caudal de la bomba serán aproximadamente paralelas, y los valores de intersección ( $D_0$ ) aumentarán a medida que disminuya el rango de caudal de la bomba.

Los valores calculados con la ecuación deberán encontrarse dentro de un margen de  $\pm 0,5\%$  del valor medido de  $V_0$ . Los valores  $m$  variarán de una bomba a otra. Con el tiempo, el flujo de partículas acabará provocando una disminución del deslizamiento de la bomba, tal como lo refleja el descenso de los valores  $m$ . En consecuencia, la calibración deberá efectuarse en el momento de la puesta en servicio de la bomba, después de una operación de mantenimiento importante y cuando la verificación total del sistema (punto 2.4) indique que se ha producido una variación del índice de deslizamiento.

### 2.3. Calibración del venturi de flujo crítico (CFV)

La calibración del CFV se basa en la ecuación de caudal para un venturi crítico. El caudal de gas es una función de la presión y la temperatura de entrada, como se muestra a continuación:

$$Q_s = \frac{K_v \times P_A}{\sqrt{T}}$$

donde:

$K_v$  = coeficiente de calibración

$P_A$  = presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa

$T$  = temperatura en la entrada del venturi, en K

#### 2.3.1. Análisis de datos

El caudal de aire ( $Q_s$ ) para cada posición del limitador (mínimo ocho posiciones) se calculará en  $m^3$  estándar/min. a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de calibración se calculará a partir de los datos de calibración para cada posición, de la manera siguiente:

$$K_v = \frac{Q_s \times \sqrt{T}}{P_A}$$

donde:

$Q_s$  = caudal de aire en condiciones normales (101,3 kPa, 273 K), en  $m^3/s$

$T$  = temperatura en la entrada del venturi, en K

$P_A$  = presión absoluta en la entrada del venturi, en kPa

Para determinar el rango de caudal crítico,  $K_v$  se representará gráficamente como una función de la presión en la entrada del venturi. Para el caudal crítico (estrangulado),  $K_v$  tendrá un valor relativamente constante. A medida que disminuya la presión (aumente el vacío), desaparece el estrangulamiento del venturi y  $K_v$  disminuye, lo que indica que el CFV funciona fuera del rango admisible.

Para un mínimo de ocho puntos en la zona de caudal crítico, se calculará el  $K_v$  medio y la desviación típica. La desviación típica no deberá superar  $\pm 0,3\%$  del  $K_v$  medio.

### 2.4. Verificación de todo el sistema

La precisión total del sistema de muestreo CVS y del sistema analítico se determinará introduciendo una masa conocida de un gas contaminante en el sistema mientras éste funciona normalmente. Se analizará el contaminante y se calculará la masa de acuerdo con el anexo 4, apéndice 2, punto 4.3, excepto en el caso del propano, para el que se utiliza un factor de 0,000472 en lugar del factor 0,000479 utilizado para los HC. Se utilizará cualquiera de las dos técnicas siguientes:

#### 2.4.1. Medición con un orificio de flujo crítico

Se introducirá una cantidad conocida de gas puro (monóxido de carbono o propano) en el sistema CVS a través de un orificio de flujo crítico calibrado. Si la presión de entrada es suficientemente alta, el caudal, que se regula mediante el orificio de flujo crítico, es independiente de la presión de salida del orificio (= flujo crítico). El sistema CVS deberá funcionar como en un ensayo de escape normal durante 5 a 10 minutos aproximadamente. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de muestreo o método de integración), y se calculará la masa del gas. La masa así determinada deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 3\%$  de la masa conocida del gas inyectado.

#### 2.4.2. *Medición por medio de una técnica gravimétrica*

Se determinará el peso de un pequeño cilindro lleno de monóxido de carbono o propano con una precisión de  $\pm 0,01$  gramos. Durante 5 a 10 minutos aproximadamente, el sistema CVS funcionará como en un ensayo de escape normal, mientras se inyecta monóxido de carbono o propano en el sistema. La cantidad de gas puro introducido se determinará por medio del pesaje diferencial. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de muestreo o método de integración), y se calculará la masa del gas. La masa así determinada deberá encontrarse dentro de un margen de  $\pm 3\%$  de la masa conocida del gas inyectado.

### 3. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARTÍCULAS

#### 3.1. *Introducción*

Cada componente se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de precisión del presente Reglamento. En este apartado se describe el método de calibración que debe emplearse para los componentes indicados en el anexo 4, apéndice 4, apartado 4, y apéndice 6, apartado 2.

#### 3.2. **Medición del caudal**

La calibración de los caudalímetros de gas o del instrumental de medición del caudal deberá ser conforme a normas internacionales y/o nacionales. El error máximo del valor medido no será superior a  $\pm 2\%$  del valor leído.

Si el caudal de gas se determina mediante medición diferencial del caudal, el error máximo de la diferencia será tal que la precisión de  $G_{EDF}$  se sitúe dentro de un margen de  $\pm 4\%$  (véase también el anexo 4, apéndice 6, punto 2.2.1, EGA). Éste puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

#### 3.3. **Verificación de las condiciones del flujo parcial**

La gama de velocidades del gas de escape y las oscilaciones de presión se comprobarán y ajustarán de conformidad con los requisitos del anexo 4, apéndice 6, punto 2.2.1, EP, si procede.

#### 3.4. **Intervalos de calibración**

El instrumental de medición del caudal deberá calibrarse al menos cada tres meses o siempre que se efectúe una reparación o modificación del sistema que pueda afectar a la calibración.

### 4. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DEL HUMO

#### 4.1. **Introducción**

El opacímetro se calibrará con la frecuencia necesaria para cumplir los requisitos de precisión del presente Reglamento. En este apartado se describe el método de calibración que debe emplearse para los componentes indicados en el anexo 4, apéndice 4, apartado 5, y apéndice 6, apartado 3.

#### 4.2. **Procedimiento de calibración**

##### 4.2.1. *Tiempo de calentamiento*

El opacímetro se calentará y estabilizará según las recomendaciones del fabricante. Si el opacímetro dispone de un sistema de purga de aire para evitar que se ensucie la óptica del instrumento, este sistema también deberá activarse y ajustarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

##### 4.2.2. *Establecimiento de la respuesta de linealidad*

Se controlará la linealidad del opacímetro en la función de lectura de la opacidad según las recomendaciones del fabricante. Se introducirán en el opacímetro tres filtros de densidad neutra y de transmitancia conocida, que deberán cumplir los requisitos del anexo 4, apéndice 4, punto 5.2.5, y se registrará el valor. Los filtros de densidad neutra deberán tener opacidades nominales de aproximadamente 10 %, 20 % y 40 %.

La linealidad no deberá diferir en más de  $\pm 2\%$  de opacidad respecto al valor nominal del filtro de densidad neutra. Todo defecto de linealidad que supere este valor deberá corregirse antes del ensayo.

4.3. **Intervalos de calibración**

El opacímetro se calibrará de acuerdo con el punto 4.2.2 al menos cada tres meses o siempre que se realice una reparación o modificación en el sistema que pueda influir en la calibración.

---

## ANEXO 4

## Apéndice 6

## SISTEMAS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

## 1. DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES GASEOSAS

## 1.1. Introducción

El punto 1.2 y las figuras 7 y 8 ofrecen descripciones detalladas de los sistemas de análisis y muestreo recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta con los sistemas descritos en dichas figuras. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas e interruptores, para obtener información suplementaria y coordinar las funciones de los sistemas integrantes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la precisión en determinados sistemas, si ello responde a buenas prácticas técnicas.

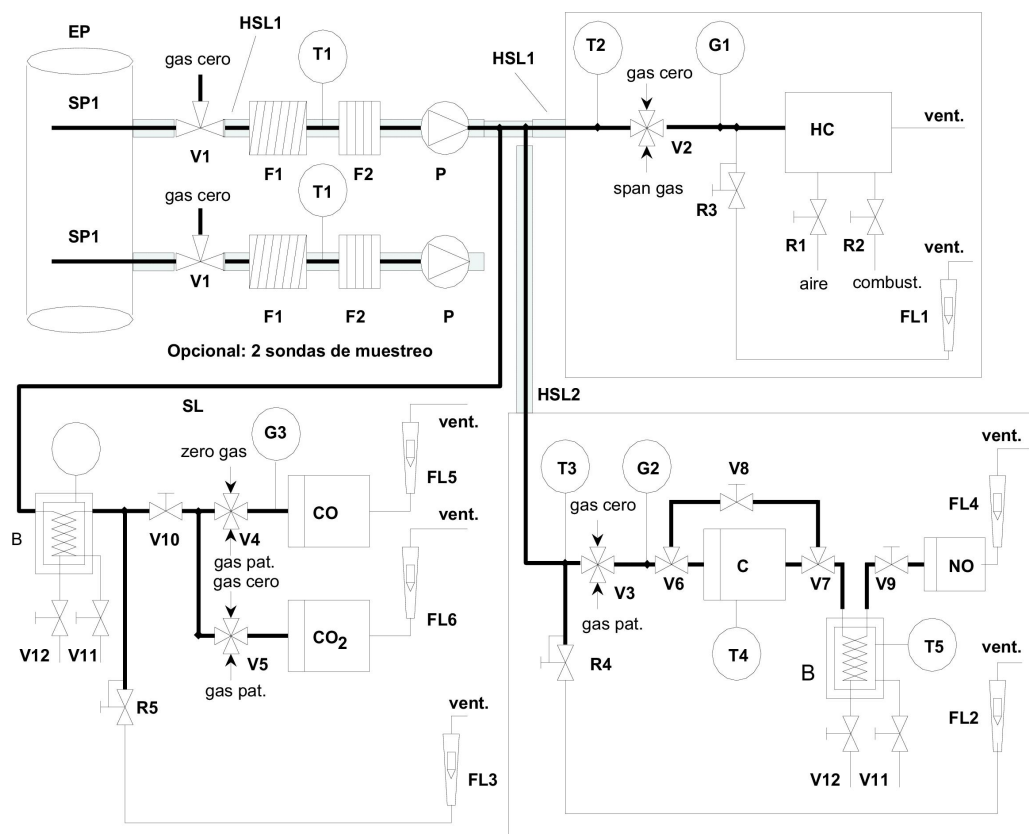


Figura 7 - Diagrama de flujo del sistema de análisis del gas de escape bruto sólo para el ensayo ESC de CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y HC.

## 1.2. Descripción del sistema de análisis

Se describe un sistema de análisis para determinar las emisiones gaseosas en bruto (figura 7, ensayo ESC exclusivamente) o diluidas (figura 8, ensayo ETC y ESC) basado en la utilización de:

un analizador HFID para la medición de los hidrocarburos;

analizadores NDIR para la medición del monóxido y el dióxido de carbono;

un analizador HCLD o equivalente para la medición de los óxidos de nitrógeno.

La muestra para todos los elementos se tomará con una sonda de muestreo o con dos sondas de muestreo situadas a gran proximidad y divididas internamente en función de los diferentes analizadores. Habrá que asegurarse de que no se produce condensación de los componentes de escape (incluidos el agua y el ácido sulfúrico) en ningún punto del sistema de análisis.

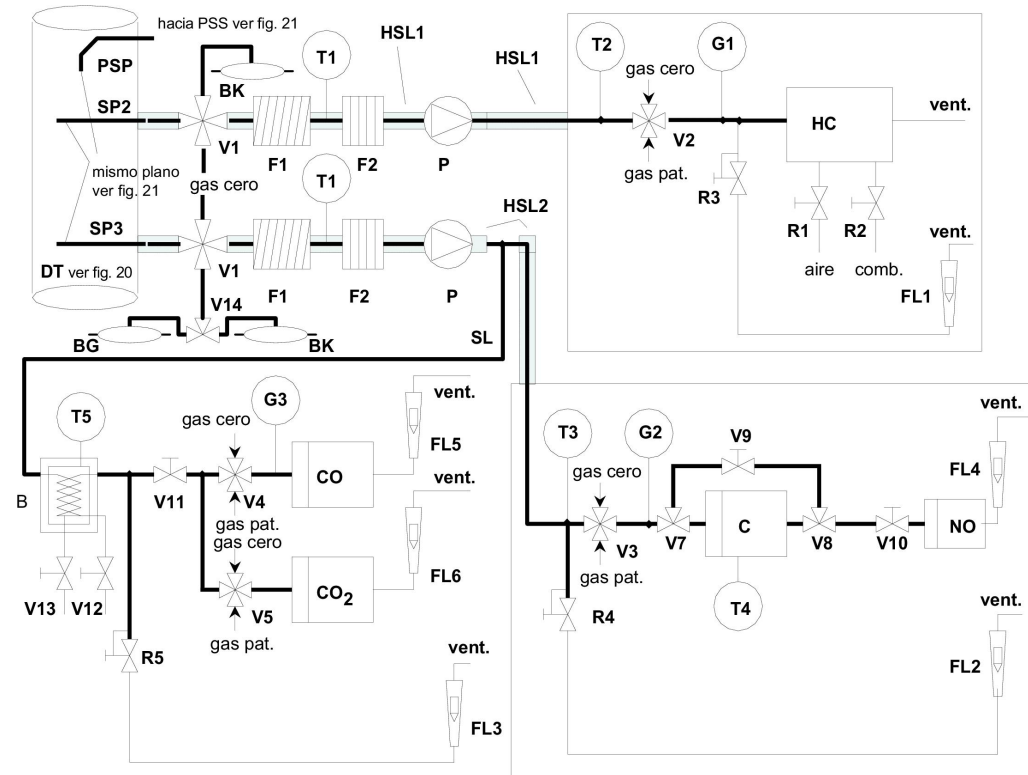


Figura 8 - Diagrama de flujo del sistema de análisis del gas de escape diluido para CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y HC (para el ensayo ETC, opcional para el ensayo ESC).

#### 1.2.1. Elementos de las figuras 7 y 8

<b>EP</b>	Tubo de escape
<b>SP1</b>	Sonda de muestreo del gas de escape (sólo la figura 7)

Se recomienda utilizar una sonda recta de acero inoxidable cerrada en su extremidad y de múltiples agujeros. El diámetro interior no será mayor que el diámetro interior del conducto de muestreo. El grosor de la pared de la sonda no será superior a 1 mm. Deberá haber un mínimo de tres orificios en tres planos radiales diferentes dimensionados para muestrear aproximadamente el mismo caudal. La sonda ocupará al menos un 80 % del diámetro del tubo de escape. Podrán utilizarse una o dos sondas de muestreo.

<b>SP2</b>	Sonda de muestreo del gas de escape diluido para HC (sólo la figura 8)
------------	--

La sonda:

- se definirá como los primeros 254 a 762 mm del conducto de muestreo calentado (HSL1);
- tendrá un diámetro interior mínimo de 5 mm;
- se instalará en el túnel de dilución (DT) (véase el punto 2.3, figura 20) en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen adecuadamente (es decir, aproximadamente a diez veces el diámetro del túnel después del punto en que el gas de escape penetra en el túnel de dilución);
- se encontrará a una distancia suficiente (radialmente) de otras sondas y de la pared del túnel para que no se vea influida por ninguna estela o turbulencia;

- se calentará para aumentar la temperatura del flujo de gas hasta  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) en la salida de la sonda.

**SP3** Sonda de muestreo del gas de escape diluido para CO, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> (sólo la figura 8)

La sonda:

- estará en el mismo plano que la sonda SP 2;
- se encontrará a una distancia suficiente (radialmente) de otras sondas y de la pared del túnel para que no se vea influida por ninguna estela o turbulencia;
- estará calentada y aislada en toda su longitud a una temperatura mínima de  $328 \text{ K}$  ( $55 \text{ °C}$ ) para evitar la condensación de agua.

**HSL1** Conducto de muestreo calentado

El conducto de muestreo permite transportar una muestra de gas desde una única sonda hasta el punto o los puntos de separación y el analizador de HC.

El conducto de muestreo:

- tendrá un diámetro interior de 5 mm como mínimo y de 13,5 mm como máximo;
- deberá ser de acero inoxidable o de PTFE;
- mantendrá una temperatura de pared de  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) medida en cada sección calentada y controlada por separado, si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es igual o inferior a  $463 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C}$ );
- mantendrá una temperatura de pared superior a  $453 \text{ K}$  ( $180 \text{ °C}$ ), si la temperatura del gas de escape en la sonda de muestreo es superior a  $463 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C}$ );
- mantendrá una temperatura del gas de  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) inmediatamente antes del filtro calentado F2 y del HFID.

**HSL2** Conducto de muestreo de NO<sub>x</sub> calentado

El conducto de muestreo:

- mantendrá una temperatura de pared de  $328 \text{ K}$  a  $473 \text{ K}$  ( $55 \text{ °C}$  a  $200 \text{ °C}$ ), hasta el convertidor C cuando se utilice un baño refrigerante B y hasta el analizador cuando no se utilice un baño refrigerante B;
- deberá ser de acero inoxidable o de PTFE.

**SL** Conducto de muestreo para CO y CO<sub>2</sub>

El conducto deberá ser de PTFE o de acero inoxidable. Podrá estar calentado o no.

**BK** Bolsa de fondo (opcional; sólo la figura 8)

Para el muestreo de las concentraciones de fondo.

**BG** Bolsa de muestreo (opcional; sólo para CO y CO<sub>2</sub> de la figura 8)

Para el muestreo de las concentraciones de la muestra.

**F1** Prefiltro calentado (opcional)

Deberá mantenerse a la misma temperatura que el HSL1.

**F2** Filtro calentado

El filtro deberá extraer todas las partículas sólidas de la muestra de gas antes del analizador. Deberá mantenerse a la misma temperatura que el HSL1. El filtro se sustituirá cuando sea necesario.

**P** Bomba de muestreo calentada

La bomba se calentará a la misma temperatura que el HSL1.

- HC** Detector de ionización de llama calentado (HFID) para determinar los hidrocarburos.  
La temperatura se mantendrá entre 453 K y 473 K (180 °C y 200 °C).
- CO y CO<sub>2</sub>** Analizadores NDIR para determinar el monóxido de carbono y el dióxido de carbono (opcional para determinar la relación de dilución para la medición de PT).
- NO** Analizador CLD o HCLD para determinar los óxidos de nitrógeno.  
Si se utiliza un analizador HCLD, se mantendrá a una temperatura de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C).
- C** Convertidor  
Se utilizará un convertidor para la reducción catalítica de NO<sub>2</sub> a NO antes del análisis en el CLD o el HCLD.
- B** Baño refrigerante (opcional)  
Para refrigerar y condensar el agua de la muestra de escape. El baño se mantendrá a una temperatura de 273 K a 277 K (0 °C a 4 °C) mediante hielo o refrigeración. Es opcional si el analizador no se ve afectado por interferencias de vapor de agua, tal como se indica en el anexo 4, apéndice 5, puntos 1.9.1 y 1.9.2. Si se elimina el agua por condensación, se controlará la temperatura o punto de condensación de la muestra de gas, ya sea en el interior del colector de agua o en otro lugar después de éste. La temperatura o el punto de condensación de la muestra de gas no deberá superar 280 K (7 °C). No se permite la utilización de secadores químicos para eliminar el agua de la muestra.
- T1, T2 y T3** Sensores de temperatura  
Para controlar la temperatura del flujo de gas.
- T4** Sensor de temperatura  
Para controlar la temperatura del convertidor NO<sub>2</sub>-NO.
- T5** Sensor de temperatura  
Para controlar la temperatura del baño refrigerante.
- G1, G2 y G3** Manómetros  
Para medir la presión en los conductos de muestreo.
- R1 y R2** Reguladores de presión  
Para controlar la presión del aire y del combustible, respectivamente, en el HFID.
- R3, R4 y R5** Reguladores de presión  
Para controlar la presión en los conductos de muestreo y el caudal que llega a los analizadores.
- FL1, FL2 y FL3** Caudalímetros  
Para controlar el caudal de derivación de la muestra.
- FL4 a FL6** Caudalímetros (opcional)  
Para controlar el caudal que circula por los analizadores.
- V1 a V5** Válvulas selectoras  
Sistema de válvulas adecuado para dirigir el flujo del gas de la muestra, del gas patrón o del gas cero a los analizadores.
- V6 y V7** Válvulas solenoides  
Para poner en derivación el convertidor NO<sub>2</sub>-NO.
- V8** Válvula de aguja  
Para equilibrar el flujo del convertidor C de NO<sub>2</sub>-NO y el flujo de derivación.
- V9 y V10** Válvulas de aguja  
Para regular los flujos que reciben los analizadores.
- V11 y V12** Válvulas purgadoras (opcionales)  
Para drenar el condensado del baño B.

### 1.3. Análisis del NMHC (sólo para motores de gas alimentados con GN)

#### 1.3.1. Método de cromatografía de gas (GC, figura 9)

Al utilizar el método GC, se inyecta un pequeño volumen medido de muestra en una columna analítica, por la que se hace circular con un gas portador inerte. La columna separa los distintos componentes en función de sus puntos de ebullición para que eluyan de la columna en momentos diferentes. A continuación pasan por un detector que emite una señal eléctrica que depende de la concentración de los componentes. Como no se trata de una técnica de análisis continuo, sólo puede utilizarse con el método de la bolsa de muestreo descrito en el anexo 4, apéndice 4, punto 3.4.2.

Para los NMHC se utilizará una GC automática con un FID. Se tomará una muestra de gas de escape en una bolsa de muestreo, parte de la cual se inyectará en la GC. La muestra se separará en dos partes ( $\text{CH}_4/\text{Aire}/\text{CO}$  y  $\text{NMHC}/\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ ) en la columna de Porapak. La columna de tamiz molecular separa el  $\text{CH}_4$  del aire y el CO antes de hacerlo pasar por el FID, donde se medirá su concentración. Un ciclo completo, desde la inyección de una muestra hasta la inyección de una segunda muestra, puede efectuarse en treinta segundos. Para determinar los NMHC, se restará la concentración de  $\text{CH}_4$  de la concentración total de HC (véase el anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1).

La figura 9 muestra una GC típica montada para la determinación rutinaria de  $\text{CH}_4$ . Pueden utilizarse otros métodos de GC basados en buenas prácticas técnicas.

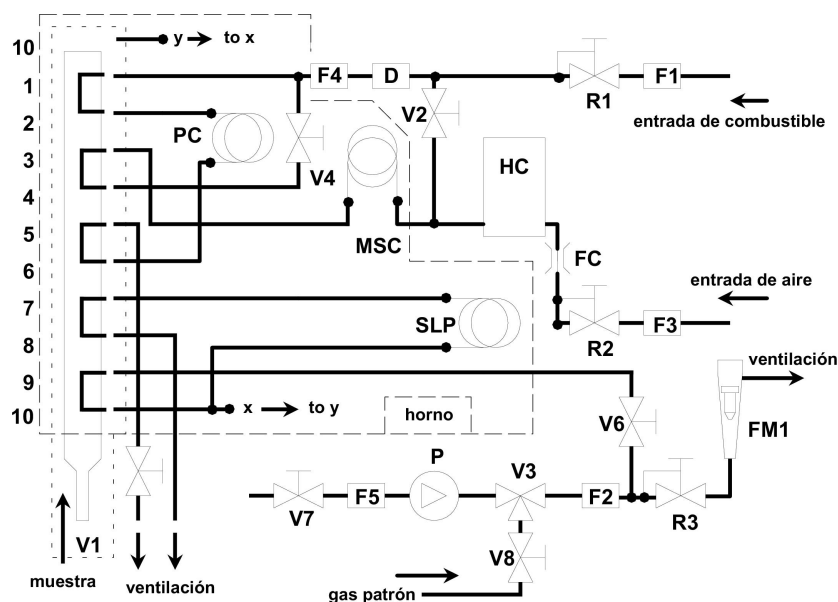


Figura 9 - Diagrama de flujo para el análisis de metano (método GC)

Elementos de la figura 9

**PC** Columna de Porapak

Se utilizará una columna de Porapak N, de 180/300  $\mu\text{m}$  (malla de 50/80), con unas dimensiones de 610 mm de longitud y 2,16 mm de diámetro interior. Si se utiliza por primera vez, la columna deberá acondicionarse durante un mínimo de doce horas a 423 K (150 °C) con un gas portador.

**MSC** Columna de tamiz molecular

Tipo 13X, de 250/350  $\mu\text{m}$  (malla de 45/60), 1 220 mm de longitud  $\times$  2,16 mm de diámetro interior. Acondicionamiento durante un mínimo de doce horas a 423 K (150 °C) con un gas portador antes de su primera utilización.

**OV** Horno

Para mantener las columnas y las válvulas a una temperatura estable para el funcionamiento del analizador, y para acondicionar las columnas a 423 K (150 °C).

**SLP** Bucle de muestra

Tubo de acero inoxidable de longitud suficiente para albergar un volumen de 1  $\text{cm}^3$  aproximadamente.

**P** Bomba

Para transportar la muestra al cromatógrafo de gas.

**D** Secador

Se utilizará un secador que contenga un tamiz molecular para eliminar el agua y otros contaminantes que pueda haber en el gas portador.

**HC** Detector de ionización de llama (FID) para medir la concentración de metano

**V1** Válvula de inyección de la muestra

Para inyectar la muestra que se ha tomado de la bolsa de muestreo mediante el conducto de muestreo SL de la figura 8. Deberá tener un volumen muerto bajo, ser estanca al gas y poderse calentar a 423 K (150 °C).

**V3** Válvula selectora

Para seleccionar el gas patrón, la muestra o la ausencia de flujo.

**V2, V4, V5, V6, V7 y V8** Válvulas de aguja

Para establecer los caudales del sistema.

**R1, R2 y R3** Regulador de presión

Para controlar los caudales del combustible (= gas portador), de la muestra y del aire, respectivamente.

**FC** Capilar del flujo

Para controlar el flujo de aire que llega al FID.

**G1, G2 y G3** Manómetros

Para controlar los caudales de combustible (= gas portador), de la muestra y del aire, respectivamente.

**F1, F2, F3, F4 y F5** Filtros

Filtros de metal sinterizado para prevenir la penetración de arenilla en la bomba o en el instrumento.

**FL1** Caudalímetro

Para medir el caudal de la muestra en derivación.

### 1.3.2. Método del separador de hidrocarburos no metánicos (NMC, figura 10)

El separador oxida todos los hidrocarburos, excepto el  $\text{CH}_4$ , en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , de manera que al hacer pasar la muestra por el NMC, el FID detecta exclusivamente el  $\text{CH}_4$ . Si se utilizan bolsas de muestreo, se instalará un sistema de división del flujo en el SL (véase el punto 1.2, figura 8) que permita hacer pasar el flujo alternativamente por el separador o por una derivación, tal como indica la parte superior de la figura 10. Para la medición de NMHC, se observarán ambos valores (HC y  $\text{CH}_4$ ) en el FID y se registrarán. Si se emplea el método de integración, se instalará un NMC en línea con un segundo FID paralelo al FID normal en el HSL1 (véase el punto 1.2, figura 8), tal como indica la parte inferior de la figura 10. Para la medición de NMHC, se observarán los valores de los dos FID (HC y  $\text{CH}_4$ ) y se registrarán.

Antes de utilizarlo en el ensayo, el separador se caracterizará a una temperatura mínima de 600 K (327 °C) respecto a su efecto catalítico sobre el  $\text{CH}_4$  y el  $\text{C}_2\text{H}_6$  con valores de  $\text{H}_2\text{O}$  representativos de las condiciones del flujo de escape. Deberán conocerse el punto de condensación y el nivel de  $\text{O}_2$  del flujo de escape muestreado. Se registrará la respuesta relativa del FID al  $\text{CH}_4$  (véase el anexo 4, apéndice 5, punto 1.8.2).

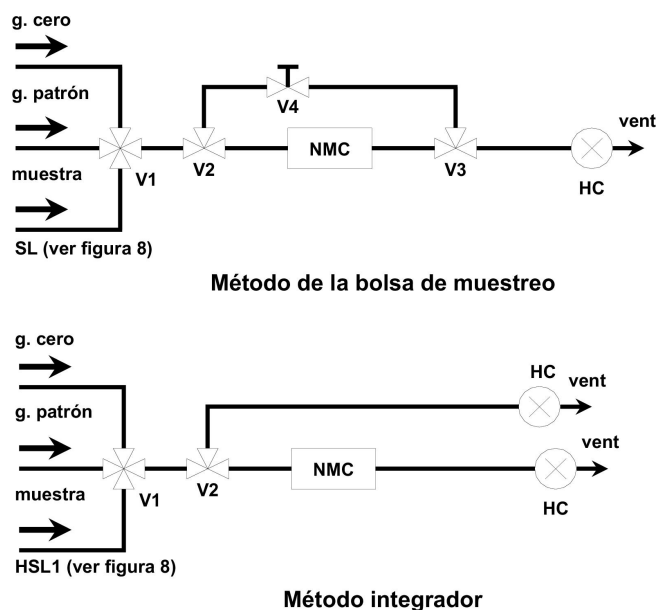


Figura 10 - Diagrama de flujo para el análisis del metano con el separador de hidrocarburos no metánicos (NMC)

Elementos de la figura 10

**NMC** Separador de hidrocarburos no metánicos

Para oxidar todos los hidrocarburos excepto el metano.

**HC** Detector de ionización de llama calentado (HFID)

Para medir las concentraciones de HC y CH<sub>4</sub>. La temperatura se mantendrá entre 453 K y 473 K (180 °C y 200 °C).

**V1** Válvula selectora

Para seleccionar la muestra, el gas cero y el gas patrón. La válvula V1 es idéntica a la válvula V2 de la figura 8.

**V2 y V3** Válvulas solenoides

Para poner en derivación el NMC.

**V4** Válvula de aguja

Para equilibrar el caudal del NMC y el caudal de derivación.

**R1** Regulador de presión

Para controlar la presión en el conducto de muestreo y el caudal del HFID. El regulador R1 es idéntico al regulador R3 de la figura 8.

**FL1** Caudalímetro

Para medir el caudal de derivación de la muestra. El caudalímetro FL1 es idéntico al caudalímetro FL1 de la figura 8.

## 2. DILUCIÓN DEL GAS DE ESCAPE Y DETERMINACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

### 2.1. Introducción

Los puntos 2.2, 2.3 y 2.4 y las figuras 11 a 22 ofrecen descripciones detalladas de los sistemas de dilución y muestreo recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta con los sistemas descritos en dichas figuras. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas e interruptores, para obtener información suplementaria y coordinar las funciones de los sistemas integrantes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la precisión en determinados sistemas, si ello responde a buenas prácticas técnicas.

### 2.2. Sistema de dilución de flujo parcial

En las figuras 11 a 19 se describe un sistema de dilución basado en la dilución de una parte del flujo de escape. La separación del flujo de escape y el proceso de dilución posterior pueden efectuarse con distintos tipos de sistemas de dilución. Para la posterior recogida de las partículas, la totalidad o sólo una parte del gas de escape diluido se hará pasar por el sistema de muestreo de partículas (punto 2.4, figura 21). El primer método se denominará tipo de muestreo total y el segundo, tipo de muestreo fraccionado.

El cálculo de la relación de dilución depende del tipo de sistema utilizado. Se recomiendan los tipos siguientes:

Sistemas isocinéticos (figuras 11 y 12)

Con estos sistemas, el flujo del tubo de transferencia se equipara con el flujo de escape global en cuanto a velocidad o presión del gas, lo que exige un flujo de escape invariable y uniforme en la sonda de muestreo. Para ello, suele emplearse un resonador y un tubo de aproximación recto antes del punto de muestreo. A continuación se calcula la relación de separación a partir de valores que puedan determinarse fácilmente, como los diámetros de los tubos. Cabe señalar que la isocinética sólo se utiliza para equiparar las condiciones de flujo, y no para equiparar la distribución en cuanto al tamaño. Normalmente ésta última no es necesaria, puesto que las partículas son suficientemente pequeñas para seguir las corrientes de fluidos.

Sistemas de caudal controlado con medición de la concentración (figuras 13 a 17)

Con estos sistemas se toma una muestra del flujo de escape global ajustando el caudal del aire de dilución y el caudal total de gas de escape diluido. La relación de dilución se determina a partir de las concentraciones de gases trazadores, como  $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$ , que aparecen de manera natural en el escape del motor. Se miden las concentraciones en el gas de escape diluido y en el aire de dilución, mientras que la concentración en el gas de escape bruto puede medirse directamente o determinarse a partir del caudal de combustible y la ecuación de equilibrio del carbono, si se conoce la composición del combustible. Los sistemas pueden controlarse mediante la relación de dilución calculada (figuras 13 y 14) o el caudal del tubo de transferencia (figuras 12, 13 y 14).

Sistemas de caudal controlado con medición del caudal (figuras 18 y 19)

Con estos sistemas se toma una muestra del flujo de escape global configurando el caudal de aire de dilución y el caudal total de gas de escape diluido. La relación de dilución se determina a partir de la diferencia entre ambos caudales. Es preciso calibrar con precisión los caudalímetros, el uno respecto al otro, dado que la magnitud relativa de ambos caudales puede dar lugar a errores significativos con relaciones de dilución más altas (de 15 en adelante). Se consigue un control del caudal muy directo manteniendo constante el caudal de gas de escape diluido y variando el caudal de aire de dilución, si es necesario.

Al emplear sistemas de dilución de flujo parcial, se procurará evitar los problemas de pérdida de partículas en el tubo de transferencia, asegurándose de que se toma una muestra representativa del gas de escape del motor, y determinar la relación de separación. Los sistemas descritos tienen en cuenta estas áreas críticas.

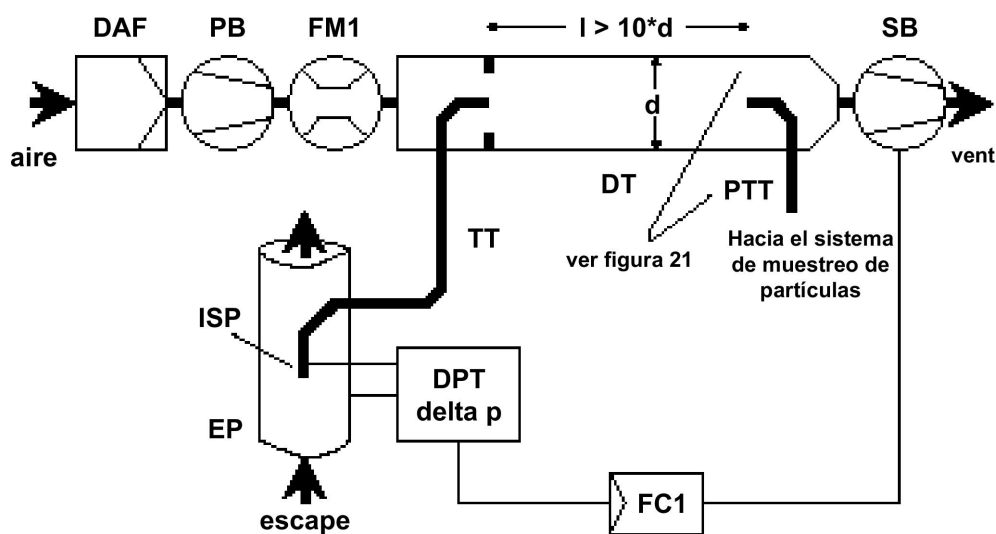


Figura 11 - Sistema de dilución de flujo parcial con sonda isocinética y muestreo fraccionado (control con SB)

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, mediante la sonda de muestreo isocinética ISP. La diferencia de presión del gas de escape entre el tubo de escape y la entrada de la sonda se mide con el transductor de presión DPT. Esta señal se transmite al regulador de caudal FC1 que controla el aspirador SB para mantener una diferencia de presión igual a cero en la extremidad de la sonda. En estas condiciones, las velocidades del gas de escape en el EP y en la ISP son idénticas, y el caudal de la ISP y del TT constituye una fracción constante (división) del caudal de gas de escape. La relación de separación se determina a partir de las superficies de las secciones transversales del EP y de la ISP. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1. La relación de dilución se calcula a partir del caudal del aire de dilución y de la relación de separación.

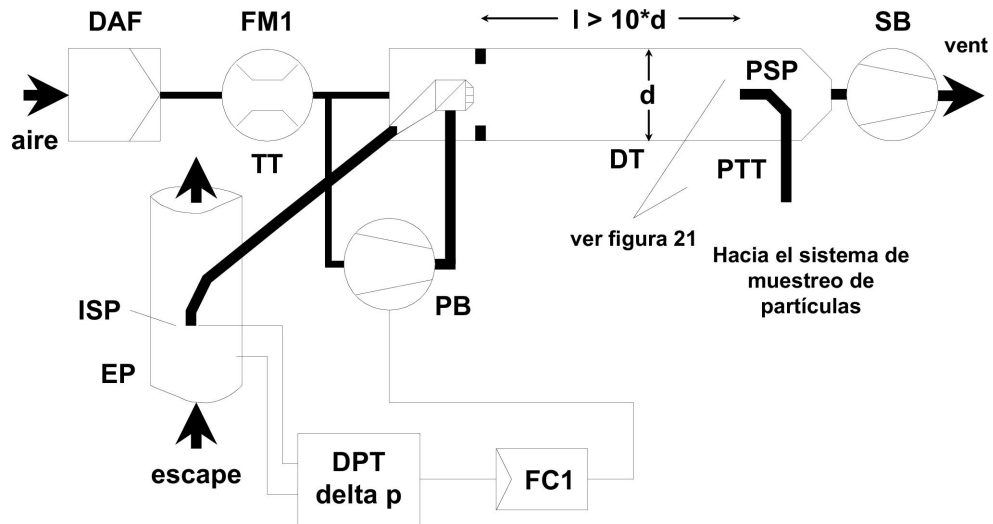


Figura 12 - Sistema de dilución de flujo parcial con sonda isocinética y muestreo fraccionado (control con PB)

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, mediante la sonda de muestreo isocinética ISP. La diferencia de presión del gas de escape entre el tubo de escape y la entrada de la sonda se mide con el transductor de presión DPT. Esta señal se transmite al regulador de caudal FC1 que controla el ventilador centrífugo PB con objeto de mantener una diferencia de presión igual a cero en la extremidad de la sonda. Para ello se toma una pequeña fracción del aire de dilución, cuyo caudal ya se ha medido con el dispositivo de medición de caudal FM1, y se introduce en el TT mediante un orificio neumático. En estas condiciones, las velocidades del gas de escape en el EP y en la ISP son idénticas, y el caudal de la ISP y del TT constituye una fracción constante (división) del caudal de gas de escape. La relación de separación se determina a partir de las superficies de las secciones transversales del EP y de la ISP. El aspirador SB succiona el aire de dilución a través del DT, y el caudal se mide con el FM1 en la entrada del DT. La relación de dilución se calcula a partir del caudal del aire de dilución y de la relación de separación.

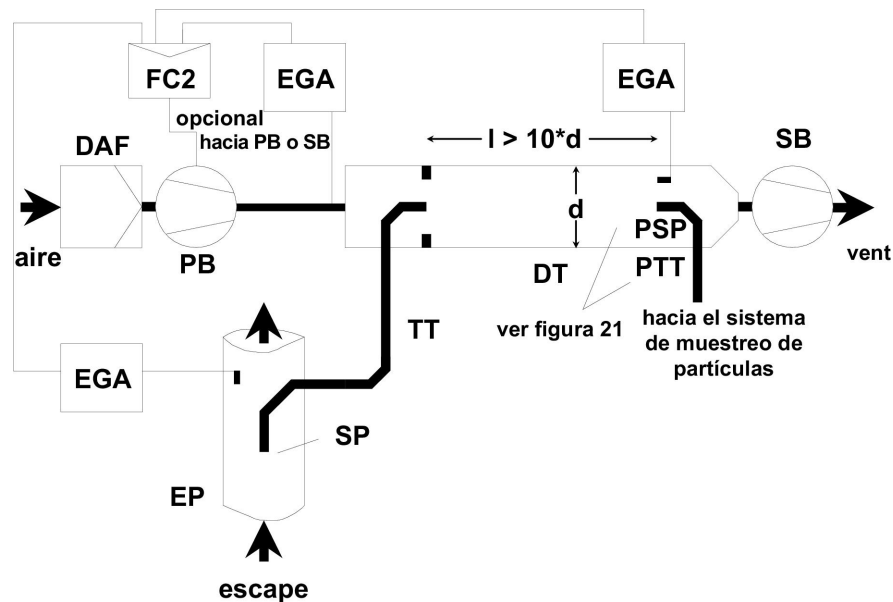


Figura 13 - Sistema de dilución de flujo parcial con medición de la concentración de  $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$  y muestreo fraccionado

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. Se miden las concentraciones de un gas trazador ( $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$ ) en el gas de escape bruto y diluido y en el aire de dilución con el (los) analizador(es) de gas de escape EGA. Estas señales se transmiten al controlador de flujo FC2, que controla el ventilador centrífugo PB o el aspirador SB para mantener en el DT la división del escape y la relación de dilución deseadas. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones de gas trazador en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución.

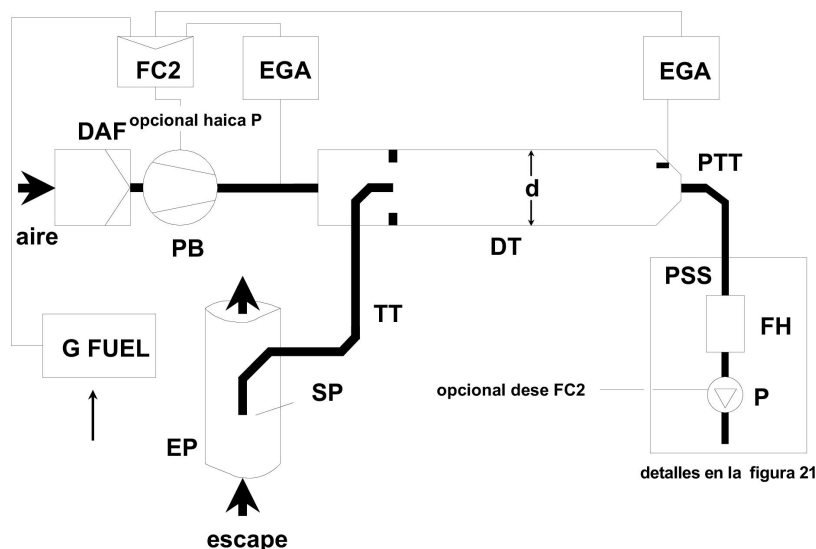


Figura 14 - Sistema de dilución de flujo parcial con medición de la concentración de  $\text{CO}_2$ , equilibrio de carbono y muestreo total

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. Se miden las concentraciones de  $\text{CO}_2$  en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el (los) analizador(es) de gas de escape EGA. Las señales de flujo de  $\text{CO}_2$  y de combustible  $G_{\text{FUEL}}$  se transmiten al regulador de caudal FC2 o bien al regulador de caudal FC3 del sistema de muestreo de partículas (véase la figura 21). El FC2 controla el ventilador centrífugo PB y el FC3 controla la bomba de muestreo P (véase la figura 21), con lo que se ajustan los caudales de entrada y de salida del sistema a fin de mantener la división deseada del gas de escape y la relación de dilución en el DT. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y de  $G_{\text{FUEL}}$ , partiendo de la hipótesis de equilibrio del carbono.

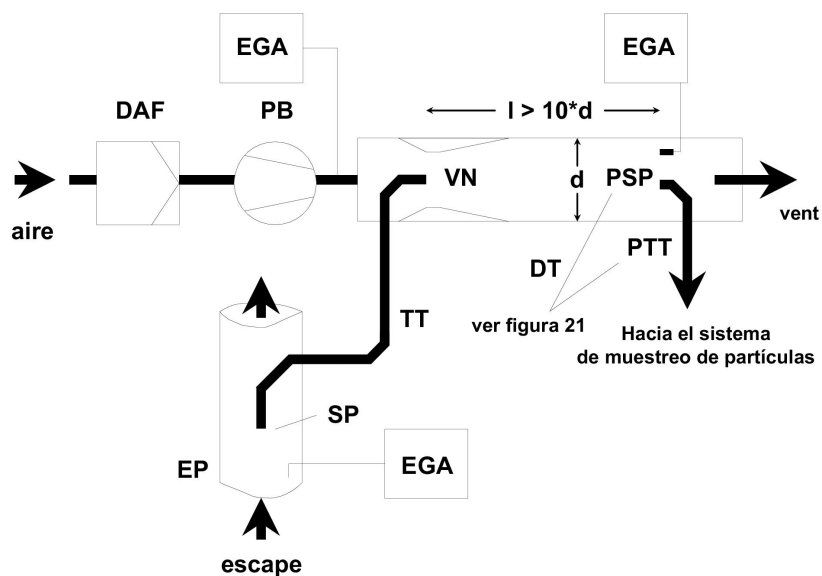


Figura 15 - Sistema de dilución de flujo parcial con un solo venturi, medición de la concentración y muestreo fraccionado

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT, debido a la presión negativa que provoca el venturi VN en el DT. El caudal de gas que pasa por el TT depende del intercambio de cantidades de movimiento en la zona del venturi y, por tanto, se ve afectado por la temperatura absoluta del gas en la salida del TT. Por consiguiente, la división del gas de escape para un determinado caudal del túnel no es constante, y la relación de dilución con poca carga es ligeramente inferior a la relación con mucha carga. Se miden las concentraciones del gas trazador ( $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$ ) en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el (los) analizador(es) EGA, y se calcula la relación de dilución a partir de los valores medidos.

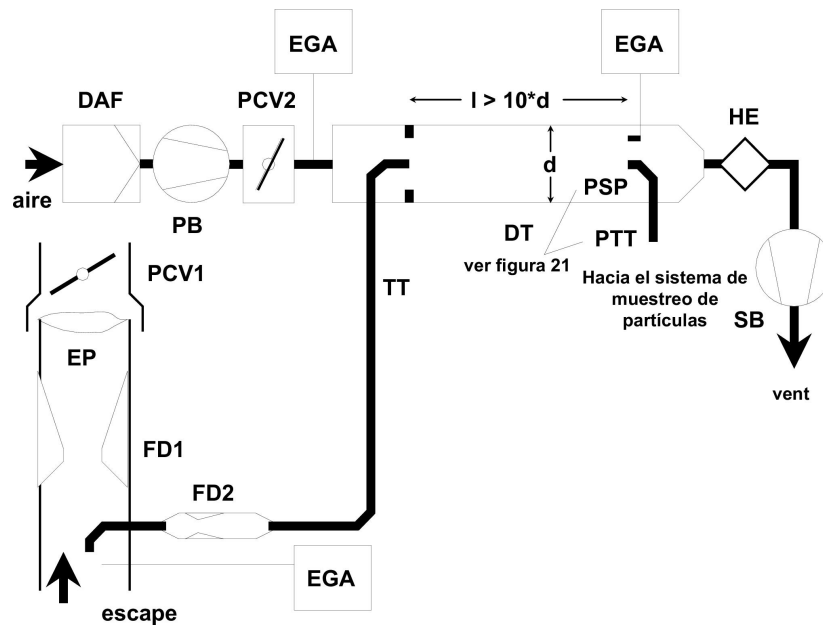


Figura 16 - Sistema de dilución de flujo parcial con doble venturi o doble orificio, medición de la concentración y muestreo fraccionado

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través de la sonda de muestreo SP y del tubo de transferencia TT, mediante un divisor del flujo que contiene varios orificios o venturis. El primer divisor de flujo (FD1) se encuentra en el EP y el segundo (FD2), en el TT. Se precisan además dos válvulas reguladoras de presión (PCV1 y PCV2) para mantener una división constante del gas de escape, controlando la contrapresión en el EP y la presión en el DT. La PCV1 está situada después de la bomba de muestreo en el tubo de escape, y la PCV2, entre el ventilador centrífugo PB y el túnel de dilución DT. Se miden las concentraciones del gas trazador ( $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_2$ ) en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el (los) analizador(es) de gas de escape EGA. Dichas concentraciones son necesarias para controlar la división del gas de escape, y pueden utilizarse para ajustar las válvulas PCV1 y PCV2 de cara a un control preciso de la división. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones del gas trazador.

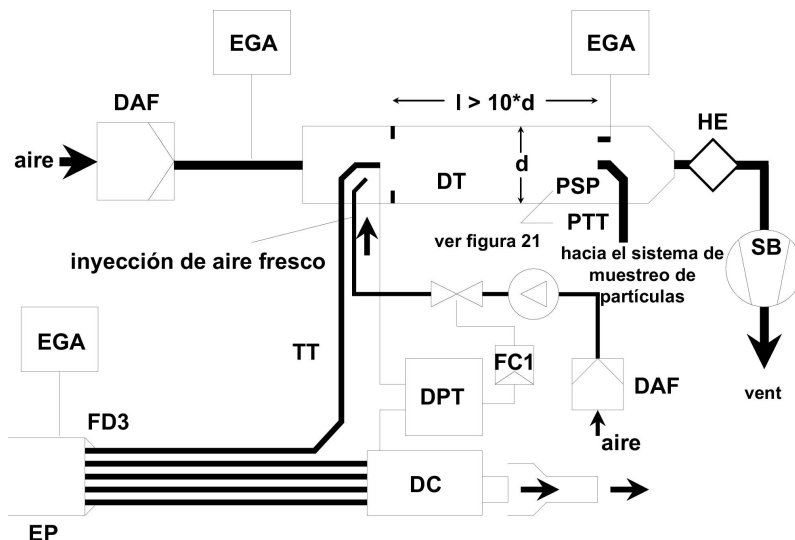


Figura 17 - Sistema de dilución de flujo parcial con división en tubos múltiples, medición de la concentración y muestreo fraccionado

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP hasta el túnel de dilución DT a través del tubo de transferencia TT, gracias al divisor de flujo FD3, que consiste en varios tubos de las mismas dimensiones (mismo diámetro, longitud y radio de curvatura) instalados en el tubo de escape EP. El gas de escape que pasa por uno de los tubos se conduce hasta el túnel de dilución DT, y el gas de escape que pasa por el resto de los tubos se hace pasar por la cámara amortiguadora DC. Por lo tanto, el número total de tubos determina la división del gas de escape. Para mantener un control constante de dicha división es preciso que la diferencia de presión entre la DC y la salida del TT, medida con el transductor de presión diferencial DPT, sea igual a cero. Para conseguir que dicha

diferencia de presión sea igual a cero, se inyecta aire fresco en el DT a la salida del TT. Se miden las concentraciones del gas trazador ( $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$ ) en el gas de escape bruto, en el gas de escape diluido y en el aire de dilución con el (los) analizador(es) de gas de escape EGA. Dichas concentraciones son necesarias para controlar la división del gas de escape y pueden utilizarse para controlar el caudal de inyección de aire de cara a un control preciso de la división. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones del gas trazador.

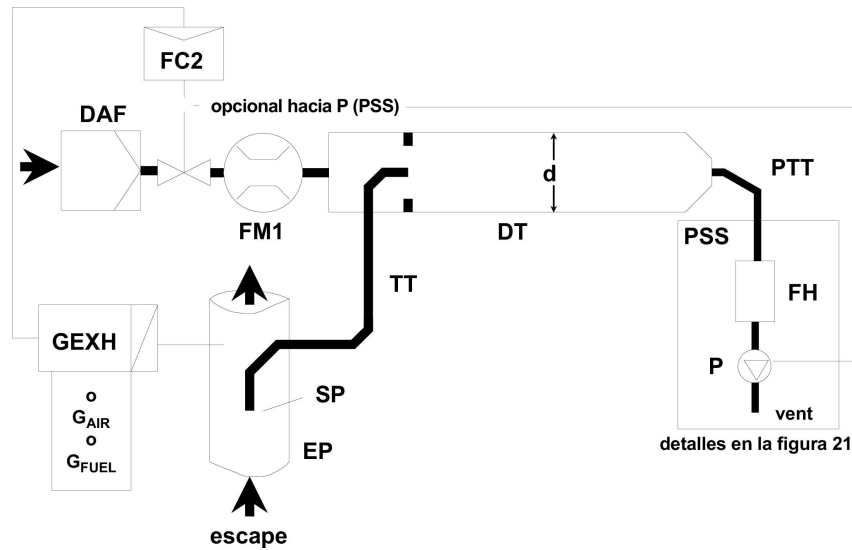


Figura 18 - Sistema de dilución de flujo parcial con control del flujo y muestreo total

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. El flujo total que circula por el túnel se regula con el regulador de caudal FC3 y la bomba de muestreo P del sistema de muestreo de partículas (véase la figura 18). El flujo de aire de dilución se controla mediante el regulador de caudal FC2, que puede utilizar  $G_{\text{EXHW}}$ ,  $G_{\text{AIRW}}$ , o  $G_{\text{FUEL}}$  como señales de mando, para conseguir la división deseada del gas de escape. El flujo de muestreo que entra en el DT es la diferencia entre el flujo total y el flujo del aire de dilución. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1, y el caudal total se mide con el dispositivo de medición de caudal FM3 del sistema de muestreo de partículas (véase la figura 21). La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales.

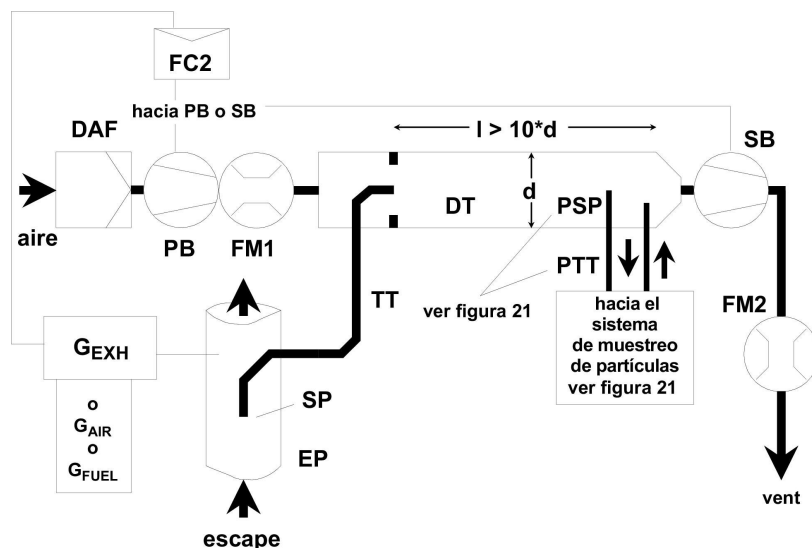


Figura 19 - Sistema de dilución de flujo parcial con control del flujo y muestreo fraccionado

El gas de escape bruto se transfiere desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de muestreo SP y el tubo de transferencia TT. La división del gas de escape y el flujo que entra en el DT se controlan mediante el regulador de caudal FC2, que regula por lo tanto los flujos (o velocidades) del ventilador centrífugo PB y del aspirador SB. Ello es posible gracias a que la muestra que se toma con el sistema de muestreo de partículas se devuelve al DT.  $G_{\text{EXHW}}$ ,  $G_{\text{AIRW}}$  o  $G_{\text{FUEL}}$  pueden utilizarse como señales de mando para el FC2. El caudal del aire de dilución se mide con el dispositivo de medición de caudal FM1 y el caudal total, con el dispositivo de medición de caudal FM2. La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales.

## 2.2.1. Elementos de las figuras 11 a 19

**EP** Tubo de escape

El tubo de escape podrá estar aislado. Para reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea como máximo de 0,015. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro máxima de 12. Se limitará al mínimo el número de curvas a fin de reducir la deposición inercial. Si el sistema incluye un silenciador del banco de pruebas, también podrá aislarse el silenciador.

Para un sistema isocinético, el tubo de escape no deberá tener codos, curvas ni cambios bruscos de diámetro en una distancia mínima equivalente a seis veces el diámetro del tubo antes de la extremidad de la sonda y tres veces el diámetro del tubo después de dicha extremidad. La velocidad del gas en la zona de muestreo deberá ser superior a 10 m/s excepto en la fase de ralentí. Las variaciones de presión del gas de escape no rebasarán  $\pm 500$  Pa de promedio. Cualquier medida que se adopte para reducir las oscilaciones de presión que exceda del uso de un sistema de escape tipo chasis (con inclusión del silenciador y de dispositivos de postratamiento) no deberá alterar el rendimiento del motor ni provocar la deposición de partículas.

Para los sistemas sin sonda isocinética, se recomienda utilizar un tubo recto de una longitud equivalente a seis veces el diámetro del tubo antes de la extremidad de la sonda y a tres veces el diámetro del tubo después de dicha extremidad.

**SP** Sonda de muestreo (figuras 10, 14, 15, 16, 18 y 19)

El diámetro interior mínimo será de 4 mm. La relación mínima entre el diámetro del tubo de escape y el diámetro de la sonda será de 4. La sonda consistirá en un tubo abierto orientado a contracorriente en el eje longitudinal del tubo de escape, o en una sonda de múltiples orificios tal como se describe la sección sobre la SP1 del punto 1.2.1, figura 5.

**ISP** Sonda de muestreo isocinética (figuras 11 y 12)

La sonda de muestreo isocinética estará orientada a contracorriente en el eje central del tubo de escape, en un punto donde se cumplan las condiciones de flujo especificadas en el punto EP, y estará diseñada para obtener una muestra proporcional del gas de escape bruto. El diámetro interior mínimo será de 12 mm.

Se precisa un sistema de control para la división isocinética del gas de escape manteniendo una diferencia de presión nula entre el EP y la ISP. En tales condiciones, la velocidad del gas de escape es idéntica en el EP y en la ISP, y el caudal másico que circula por la ISP es una fracción constante del caudal del gas de escape. La ISP debe estar conectada a un transductor de presión diferencial DPT. El regulador de caudal FCI permite mantener una diferencia de presión nula entre el EP y la ISP.

**FD1 y FD2** Divisores del flujo (figura 16)

Se monta un conjunto de venturis u orificios en el tubo de escape EP y en el tubo de transferencia TT para obtener una muestra proporcional del gas de escape bruto. Se precisa un sistema de control compuesto de dos válvulas reguladoras de presión PCV1 y PCV2 para efectuar una división proporcional controlando las presiones en el EP y el DT.

**FD3** Divisor del flujo (figura 17)

Se monta un conjunto de tubos (unidad de tubos múltiples) en el tubo de escape EP para obtener una muestra proporcional del gas de escape bruto. Uno de los tubos introduce gas de escape en el túnel de dilución DT, mientras que el resto de los tubos conducen el gas de escape a una cámara amortiguadora DC. Todos los tubos deberán tener las mismas dimensiones (diámetro, longitud, radio de curvatura), de manera que la división del gas de escape dependa del número total de tubos. Se precisa un sistema de control para obtener una división proporcional manteniendo una diferencia de presión nula entre la salida de la unidad de tubos múltiples que conduce a la DC y la salida del TT. En tales condiciones, las velocidades del gas de escape en el EP y el FD3 son proporcionales, y el caudal del TT es una fracción constante del caudal de gas de escape. Ambos puntos deberán estar conectados a un transductor de presión diferencial DPT. El regulador de caudal FCI permite mantener a cero la diferencia de presión.

**EGA** Analizador de gas de escape (figuras 13, 14, 15, 16 y 17)

Podrán utilizarse analizadores de CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> (sólo de CO<sub>2</sub> si se utiliza el método de equilibrio de carbono). Los analizadores se calibrarán como los analizadores que se emplean para la medición de las emisiones gaseosas. Podrán utilizarse uno o varios analizadores para determinar las diferencias de concentración. Los sistemas de medición deberán permitir una precisión en la medición del G<sub>EDFW,i</sub> de  $\pm 4$  %.

**TT** Tubo de transferencia (figuras 11 a 19)

El tubo de transferencia:

- será lo más corto posible y no rebasará los 5 m de longitud;
- tendrá un diámetro igual o mayor que el de la sonda, pero no superior a 25 mm;
- tendrá su salida en el eje central del túnel de dilución en dirección del flujo.

Si el tubo tiene una longitud de un metro o menos, deberá aislarse con un material que posea una conductividad térmica máxima de  $0,05 \text{ W/m} \times \text{K}$  y un grosor radial del aislante equivalente al diámetro de la sonda. Si la longitud del tubo es superior a un metro, deberá aislarse y calentarse hasta que alcance una temperatura de pared mínima de 523 K (250 °C).

**DPT** Transductor de presión diferencial (figuras 11, 12 y 17)

El transductor de presión diferencial deberá tener un rango máximo de  $\pm 500 \text{ Pa}$ .

**FC1** Regulador de caudal (figuras 11, 12 y 17)

En los sistemas isocinéticos (figuras 11 y 12), se precisa un regulador de caudal para mantener una diferencia de presión nula entre el EP y la ISP. El ajuste puede efectuarse:

- a) controlando la velocidad o el caudal del aspirador SB y manteniendo constante la velocidad o el caudal del ventilador centrífugo PB durante cada fase (figura 11),  
  
o bien
- b) ajustando el aspirador SB a un caudal másico constante del gas de escape diluido y controlando el caudal del ventilador centrífugo PB y, por lo tanto, el caudal de muestreo del gas de escape en una zona situada al final del tubo de transferencia TT (figura 12).

En el caso de un sistema de presión controlada, el error remanente en el bucle de control no deberá ser superior a  $\pm 3 \text{ Pa}$ . Las variaciones de presión en el túnel de dilución no deberán superar  $\pm 250 \text{ Pa}$  de media.

En un sistema de tubos múltiples (figura 17), se precisa un regulador de caudal para la división proporcional del gas de escape, a fin de mantener una diferencia de presión nula entre la salida de la unidad de tubos múltiples y la salida del TT. El ajuste se efectúa controlando el caudal de inyección de aire en el DT en la salida del TT.

**PCV1 y PCV2** Válvulas reguladoras de presión (figura 16)

Son necesarias dos válvulas reguladoras de presión en el sistema de doble venturi/orificio para una división proporcional del caudal controlando la contrapresión del EP y la presión en el DT. Las válvulas deberán situarse en el EP, después del SP, y entre el PB y el DT.

**DC** Cámara amortiguadora (figura 17)

Se instalará una cámara amortiguadora en la salida de la unidad de tubos múltiples para minimizar las variaciones de presión en el tubo de escape EP.

**VN** Venturi (figura 15)

Se instala un venturi en el túnel de dilución DT para crear una presión negativa en la zona de la salida del tubo de transferencia TT. El caudal de gas que pasa por el TT se determina mediante el intercambio de cantidades de movimiento en la zona del venturi, y básicamente es proporcional al caudal del ventilador centrífugo PB, lo que conduce a una relación de dilución constante. Como la temperatura en la salida del TT y la diferencia de presión entre el EP y el DT influyen en el intercambio de cantidades de movimiento, la relación de dilución real es ligeramente inferior con poca carga que con una mucha carga.

**FC2** Regulador de caudal (figuras 13, 14, 18 y 19; es opcional)

Podrá utilizarse un regulador de caudal para controlar el caudal del ventilador centrífugo PB o del aspirador SB. Dicho regulador podrá estar conectado a las señales de caudal de gas de escape, aire de admisión o carburante o a las señales diferenciales de CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>.

Si se utiliza un sistema de suministro de aire presurizado (figura 18), el FC2 controlará directamente el caudal de aire.

**FM1** Caudalímetro (figuras 11, 12, 18 y 19)

Un caudalímetro de gas u otro instrumento para medir el caudal del aire de dilución. El FM1 es opcional si el ventilador centrífugo PB se calibra para medir el caudal.

**FM2** Caudalímetro (figura 19)

Un caudalímetro de gas u otro instrumento para medir el caudal del gas de escape diluido. El FM2 es opcional si el aspirador SB se ha calibrado para medir el caudal.

**PB** Ventilador centrífugo (figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 19)

Para controlar el caudal del aire de dilución, podrá conectarse un PB a los reguladores de caudal FC1 o FC2. El PB no es necesario cuando se utiliza una válvula de mariposa. Si está calibrado, el PB puede utilizarse para medir el caudal del aire de dilución.

**SB** Aspirador (figuras 11, 12, 13, 16, 17 y 19)

Exclusivamente para un sistema de muestreo fraccionado. Si está calibrado, el SB podrá utilizarse para medir el caudal de gas de escape diluido.

**DAF** Filtro de aire de dilución (figuras 11 a 19)

Se recomienda filtrar el aire de dilución y limpiarlo con carbón para eliminar los hidrocarburos de fondo. A petición del fabricante del motor, se muestreará el aire de dilución siguiendo las buenas prácticas técnicas para determinar los niveles de partículas de fondo, que posteriormente pueden restarse de los valores medidos en el gas de escape diluido.

**DT** Túnel de dilución (figuras 11 a 19)

El túnel de dilución:

- tendrá una longitud suficiente para que el gas de escape y el aire de dilución se mezclen por completo en condiciones de flujo con turbulencias;
- será de acero inoxidable con:
  - una relación grosor/diámetro máximo de 0,025 para los túneles de dilución con un diámetro interior de más de 75 mm;
  - un grosor nominal mínimo de 1,5 mm para los túneles de dilución con un diámetro interior máximo de 75 mm;
- deberá tener un diámetro mínimo de 75 mm para el método de muestreo fraccionado;
- conviene que tenga un diámetro mínimo de 25 mm en el caso del método de muestreo total;
- podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- podrá estar aislado.

El gas de escape del motor se mezclará completamente con el aire de dilución. En los sistemas de muestreo fraccionado, se comprobará la calidad de la mezcla después de la puesta en servicio determinando el perfil de CO<sub>2</sub> del túnel con el motor en funcionamiento (se considerarán al menos cuatro puntos de medición equidistantes). Si es preciso, podrá utilizarse un orificio de mezclado.

*Nota:* Si la temperatura ambiente en las inmediaciones del túnel de dilución (DT) es inferior a 293 K (20 °C), se tomarán precauciones para evitar pérdidas de partículas en las paredes frías del túnel de dilución. Para ello, se recomienda calentar o aislar el túnel respetando los límites indicados anteriormente.

Cuando el motor esté sometido a cargas elevadas, se podrá refrigerar el túnel utilizando un medio no agresivo, como un ventilador de circulación, siempre que la temperatura del medio refrigerante no sea inferior a 293 K (20 °C).

**HE** Intercambiador de calor (figuras 16 y 17)

El intercambiador de calor deberá tener una capacidad suficiente para mantener la temperatura en la entrada del aspirador SB dentro de un margen de  $\pm 11\text{K}$  respecto a la temperatura media de funcionamiento observada durante el ensayo.

### 2.3. Sistema de dilución de flujo total

En la figura 20 se describe un sistema de dilución basado en la dilución de la totalidad del gas de escape aplicando el concepto de CVS (muestreo de volumen constante). Debe medirse el volumen total de la mezcla de gas de escape y aire de dilución. Podrá utilizarse una PDP o un sistema CFV.

Para la posterior recogida de partículas, se transfiere una muestra del gas de escape diluido al sistema de muestreo de partículas (punto 2.4, figuras 21 y 22). Si esta operación se realiza directamente, se denomina de dilución simple. Si la muestra se diluye una vez más en el túnel de dilución secundario, se denomina de dilución doble. Esta segunda opción es útil si no es posible alcanzar la temperatura preceptiva en la superficie del filtro con una dilución simple. Aunque se trata en parte de un sistema de dilución, el sistema de doble dilución se describe como una modificación de un sistema de muestreo de partículas en el punto 2.4, figura 22, dado que comparte la mayoría de los elementos de un sistema de muestreo de partículas típico.

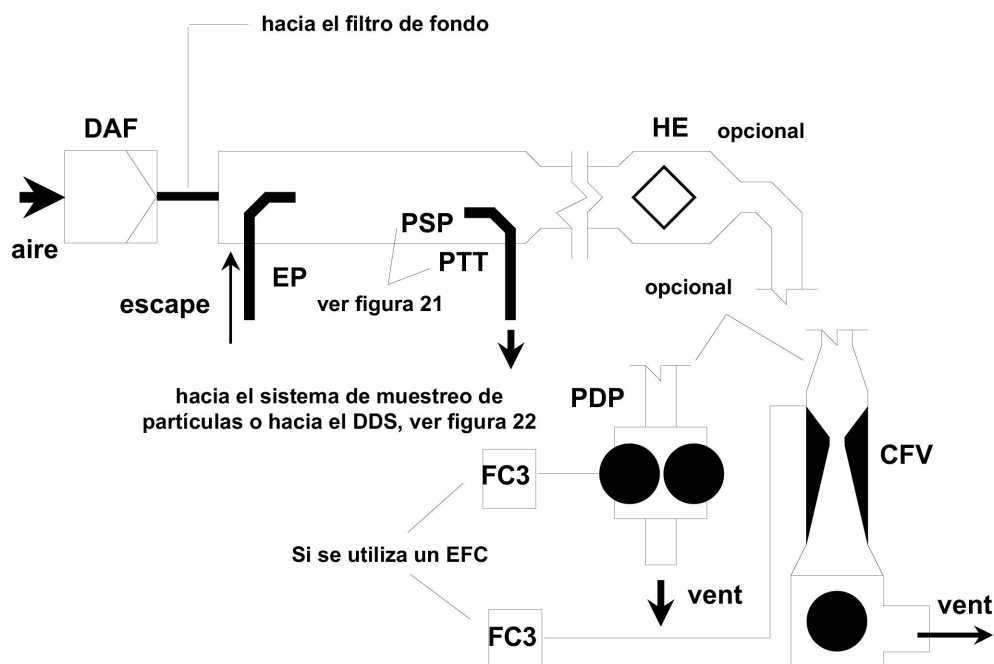


Figura 20 - Sistema de dilución de flujo total

La cantidad total de gas de escape bruto se mezcla en el túnel de dilución DT con el aire de dilución. El caudal de gas de escape diluido se mide con una bomba de desplazamiento positivo PDP o un venturi de flujo crítico CFV. Para el muestreo proporcional de partículas y la determinación del caudal podrá utilizarse un intercambiador de calor HE o un compensador electrónico de caudal EFC. Dado que la determinación de la masa de las partículas se basa en el caudal total de gas de escape diluido, no es preciso calcular la relación de dilución.

### 2.3.1. Elementos de la figura 20

**EP** Tubo de escape

La longitud del tubo de escape desde la salida del colector de escape del motor, del turbocompresor o del dispositivo de postratamiento hasta el túnel de dilución no deberá ser superior a 10 m. Si la longitud del tubo de escape después del colector de escape del motor, del turbocompresor o del dispositivo de postratamiento es superior a 4 m, deberá aislarse toda la longitud del tubo que exceda de los 4 m, salvo el medidor de humo en línea, si se utiliza. El grosor radial del aislante deberá ser de 25 mm como mínimo. La conductividad térmica del material aislante deberá tener un valor máximo de 0,1 W/mK medido a 673 K. Para reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda que su relación grosor/diámetro sea como máximo de 0,015. El empleo de secciones flexibles se limitará a una relación longitud/diámetro máxima de 12.

**PDP** Bomba de desplazamiento positivo

La PDP mide el caudal total de gas de escape diluido a partir del número de revoluciones y del desplazamiento de la bomba. La PDP o el sistema de admisión de aire de dilución no deberán reducir artificialmente la contrapresión del sistema de escape. La contrapresión estática del escape medida con el sistema PDP en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen  $\pm 1,5$  kPa del valor de la presión estática medido sin conexión a la PDP a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes de la PDP deberá encontrarse dentro de un margen  $\pm 6$  K de la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo, cuando no se utilice compensación de flujo. La compensación de flujo sólo podrá utilizarse si la temperatura en la entrada de la PDP no supera los 323 K (50 °C).

**CFV** Venturi de caudal crítico

El CFV mide el caudal total de gas de escape diluido manteniendo el flujo estrangulado (flujo crítico). La contrapresión estática del escape medida con el sistema CFV en funcionamiento deberá mantenerse dentro de un margen  $\pm 1,5$  kPa del valor de la presión estática medido sin conexión al CFV a idéntico régimen e idéntica carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente antes del CFV deberá encontrarse dentro de un margen  $\pm 11$  K de la temperatura de funcionamiento media observada durante el ensayo, cuando no se utilice compensación de flujo.

**HE** Intercambiador de calor (opcional, si se utiliza un EFC)

El intercambiador de calor deberá tener la capacidad suficiente para mantener la temperatura dentro de los límites indicados anteriormente.

**EFC** Compensador electrónico de caudal (opcional si se utiliza un HE)

Si la temperatura en la entrada de la PDP o del CFV no se mantiene dentro de los límites indicados anteriormente, deberá utilizarse un compensador de caudal para medir continuamente el caudal y controlar el muestreo proporcional en el sistema de muestreo de partículas. A tal fin, las señales de caudal medidas continuamente se utilizarán para corregir en consecuencia el caudal de muestreo que pasa por los filtros de partículas del sistema de muestreo de partículas (véase el punto 2.4, figuras 21 y 22).

**DT** Túnel de dilución

El túnel de dilución:

- tendrá un diámetro suficientemente pequeño para provocar un flujo turbulento (el número de Reynolds será superior a 4 000) y tendrá una longitud suficiente para que el gas de escape y el aire de dilución se mezclen completamente; podrá utilizarse un orificio de mezclado;
- tendrá un diámetro mínimo de 460 mm para un sistema de dilución simple;
- tendrá un diámetro mínimo de 210 mm para un sistema de dilución doble;
- podrá estar aislado.

El gas de escape del motor se llevará al punto de introducción en el túnel de dilución y se mezclará adecuadamente.

Si se emplea la dilución simple, se transferirá una muestra del túnel de dilución al sistema de muestreo de partículas (punto 2.4, figura 21). La capacidad de caudal de la PDP o del CFV deberá ser suficiente para mantener el gas de escape diluido a una temperatura igual o inferior a 325 K (52 °C) en un punto situado justo antes del filtro de partículas primario.

Si se emplea la doble dilución, se transferirá una muestra del túnel de dilución al túnel de dilución secundario, donde se seguirá diluyendo, y se pasará a continuación por los filtros de muestreo (punto 2.4, figura 22). La capacidad de caudal de la PDP o del CFV deberá ser suficiente para mantener el flujo de gas de escape diluido en el DT a una temperatura máxima de 464 K (191 °C) en la zona de muestreo. El sistema de dilución secundario deberá suministrar suficiente aire de dilución secundario para mantener el flujo de gas de escape doblemente diluido a una temperatura máxima de 325 K (52 °C) inmediatamente antes del filtro de partículas primario.

**DAF** Filtro de aire de dilución

Se recomienda filtrar el aire de dilución y limpiarlo con carbón para eliminar los hidrocarburos de fondo. A petición del fabricante del motor, se muestreará el aire de dilución siguiendo las buenas prácticas técnicas para determinar los niveles de partículas de fondo, que posteriormente pueden restarse de los valores medidos en el gas de escape diluido.

**PSP** Sonda de muestreo de partículas

La sonda constituye la parte delantera del PTT y:

- se situará a contracorriente, en un punto donde el aire de dilución y el gas de escape se mezclen adecuadamente, es decir, en la línea central del túnel de dilución (DT) a una distancia equivalente a unas diez veces el diámetro del túnel después del punto en el que el gas de escape penetra en el túnel de dilución;
- tendrá un diámetro interior mínimo de 12 mm;
- podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de que la temperatura del aire no supere 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- podrá estar aislado.

#### 2.4. Sistema de muestreo de partículas

Se precisa un sistema de muestreo para recoger las partículas en el filtro de partículas. En el caso del sistema de dilución de flujo parcial con muestreo total, que consiste en hacer pasar por los filtros la totalidad de la muestra de gas de escape diluido, el sistema de dilución (punto 2.2, figuras 14 y 18) y de muestreo suelen formar una unidad integral. En el caso del sistema de dilución de flujo parcial o flujo total con muestreo fraccionado, que consiste en hacer pasar por los filtros sólo una porción del gas de escape diluido, los sistemas de dilución (punto 2.2, figuras 11, 12, 13, 15, 16, 17 y 19; y punto 2.3, figura 20) y de muestreo suelen constituir unidades diferentes.

En el presente Reglamento, el sistema de doble dilución (figura 22) de un sistema de dilución de flujo total se considera una modificación específica de un sistema típico de muestreo de partículas, como se puede apreciar en la figura 21. El sistema de doble dilución comprende todos los elementos importantes del sistema de muestreo de partículas, como el portafiltros y la bomba de muestreo, así como algunos elementos de dilución, como un dispositivo de suministro de aire de dilución y un túnel de dilución secundario.

Para evitar todo impacto sobre los bucles de control, se recomienda que la bomba de muestreo se mantenga en funcionamiento durante todo el procedimiento de ensayo. Para el método de filtro simple, se utilizará un sistema de derivación que haga pasar la muestra por los filtros de muestreo en los momentos deseados. Debe minimizarse la interferencia del procedimiento de conmutación en los bucles de control.

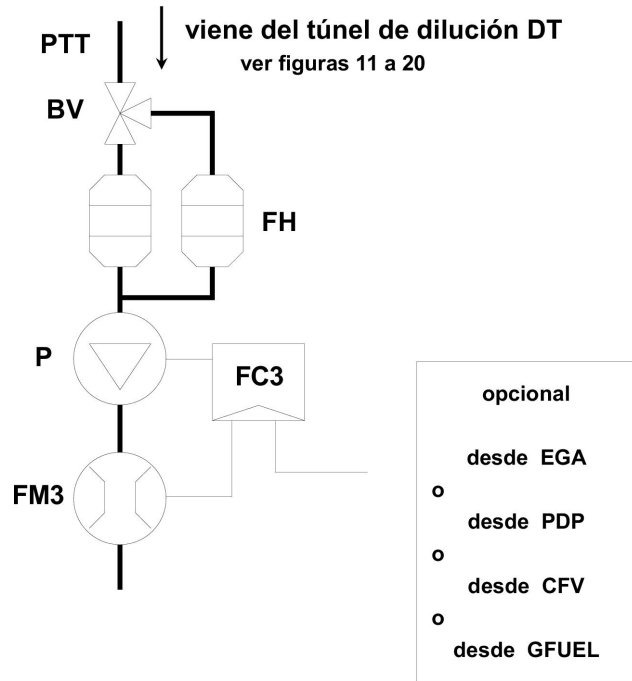


Figura 21 - Sistema de muestreo de partículas

Por medio de la bomba de muestreo P, se toma una muestra de gas de escape diluido en el túnel de dilución DT de un sistema de dilución de flujo parcial o total a través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT. La muestra se hace pasar por el (los) portafiltros FH que contiene(n) los filtros de muestreo de partículas. El caudal de muestreo se controlará con el regulador de caudal FC3. Si se emplea un compensador electrónico de caudal EFC (véase la figura 20), el caudal de gas de escape diluido se utilizará como señal de mando para el FC3.

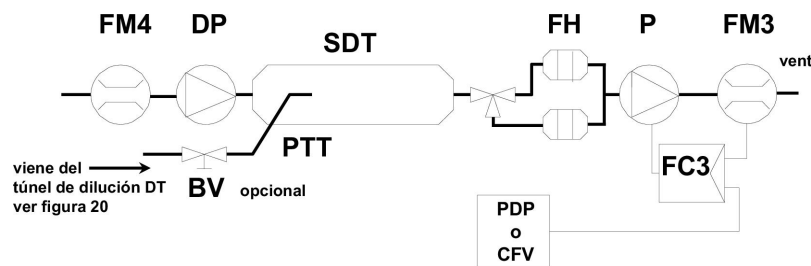


Figura 22 - Sistema de doble dilución (sólo para sistemas de flujo total)

A través de la sonda de muestreo de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT, se transfiere una muestra del gas de escape diluido desde el túnel de dilución DT de un sistema de dilución de flujo total hasta el túnel de dilución secundario SDT, donde se vuelve a diluir. A continuación, la muestra se hace pasar por el (los) portafiltros FH que contiene(n) los filtros de muestreo de partículas. El caudal del aire de dilución suele ser constante, mientras que el caudal de muestreo se controla con el regulador de caudal FC3. Si se emplea un compensador electrónico de caudal EFC (véase la figura 20), el flujo total de gas de escape diluido se utiliza como señal de mando para el FC3.

## 2.4.1. Elementos de las figuras 21 y 22

**PTT** Tubo de transferencia de partículas (figuras 21 y 22)

El tubo de transferencia de partículas, cuya longitud no excederá de 1 020 mm, deberá ser lo más corto posible. En su caso (es decir, para sistemas de muestreo fraccionado y dilución de flujo parcial y para sistemas de dilución de flujo total), se incluirá la longitud de las sondas de muestreo (SP, ISP y PSP, respectivamente; véanse los puntos 2.2 y 2.3).

Las dimensiones son válidas para:

- el sistema de muestreo fraccionado y dilución de flujo parcial y para el sistema de dilución simple de flujo total desde la extremidad de la sonda (SP, ISP y PSP, respectivamente) hasta el portafiltros;
- el método de muestreo total y dilución de flujo parcial desde el final del túnel de dilución hasta el portafiltros;
- el sistema de doble dilución de flujo total desde la extremidad de la sonda (PSP) hasta el túnel de dilución secundario.

El tubo de transferencia:

- podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no supere los 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- podrá estar aislado.

**SDT** Túnel de dilución secundario (figura 22)

El túnel de dilución secundario deberá tener un diámetro mínimo de 75 mm y una longitud suficiente para que el tiempo de residencia de la muestra doblemente diluida sea de al menos 0,25 segundos. El portafiltros primario FH estará situado a una distancia máxima de 300 mm de la salida del SDT.

Túnel de dilución secundario:

- podrá calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de que la temperatura del aire no supere los 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- podrá estar aislado.

**FH** Portafiltros (figuras 21 y 22)

Los filtros primario y secundario podrán ir en un mismo soporte o en soportes separados. Deberán cumplir los requisitos del anexo 4, apéndice 4, punto 4.1.3.

Los portafiltros:

- podrán calentarse hasta alcanzar una temperatura de pared máxima de 325 K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, a condición de que la temperatura del aire no supere los 325 K (52 °C) antes de que el gas de escape sea introducido en el túnel de dilución;
- podrán estar aislados.

**P** Bomba de muestreo (figuras 21 y 22)

La bomba de muestreo de partículas se situará a una distancia suficiente del túnel para que la temperatura del gas de admisión se mantenga constante ( $\pm 3$  K), si no se corrige el caudal mediante el FC3.

**DP** Bomba del aire de dilución (figura 22)

La bomba del aire de dilución se situará de manera que el aire de dilución secundario se suministre a una temperatura de  $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$  ( $25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ ), si el aire de dilución no se calienta previamente.

**FC3** Regulador de caudal (figuras 21 y 22)

Si no se dispone de otro medio, se utilizará un regulador de caudal para compensar las variaciones de temperatura y de contrapresión que pueda experimentar el caudal de muestreo de partículas en su recorrido. Se precisará un regulador de caudal si se utiliza un compensador de caudal electrónico EFC (véase la figura 20).

**FM3** Dispositivo de medición de caudal (figuras 21 y 22)

El caudalímetro de gas o dispositivo de medición del caudal de muestreo de partículas estará situado a una distancia suficiente de la bomba de muestreo P para que la temperatura del gas de admisión permanezca constante ( $\pm 3 \text{ K}$ ), si no se corrige el caudal mediante el FC3.

**FM4** Dispositivo de medición del caudal (figura 22)

El caudalímetro de gas o dispositivo de medición del caudal de aire de dilución se situará de manera que el gas de admisión permanezca a una temperatura de  $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$  ( $25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ ).

**BV** Válvula de bola (opcional)

La válvula de bola deberá tener un diámetro interior no inferior al diámetro interior del tubo de transferencia de partículas PTT y un tiempo de conmutación inferior a 0,5 segundos.

*Nota:* Si la temperatura ambiente en las inmediaciones de la PSP, el PTT, el SDT y el FH es inferior a  $293 \text{ K}$  ( $20 \text{ °C}$ ), deberían tomarse precauciones para evitar pérdidas de partículas en las paredes frías de estos elementos. En consecuencia, se recomienda calentar y/o aislar dichos elementos respetando los límites indicados en las descripciones respectivas. Se recomienda asimismo que la temperatura en la cara del filtro durante el muestreo no sea inferior a  $293 \text{ K}$  ( $20 \text{ °C}$ ).

Cuando el motor esté sometido a cargas elevadas, los citados elementos podrán refrigerarse con un medio no agresivo, tal como un ventilador de circulación, siempre que la temperatura del medio refrigerante no sea inferior a  $293 \text{ K}$  ( $20 \text{ °C}$ ).

### 3. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DEL HUMO

#### 3.1. Introducción

Los puntos 3.2 y 3.3 y las figuras 23 y 24 ofrecen descripciones detalladas de los opacímetros recomendados. Dado que es posible obtener resultados equivalentes con configuraciones distintas, no se precisa una conformidad exacta con las figuras 23 y 24. Podrán utilizarse elementos suplementarios, como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas e interruptores, para obtener información suplementaria y coordinar las funciones de los sistemas integrantes. Podrán excluirse otros elementos que no sean necesarios para mantener la precisión en determinados sistemas, si ello corresponde a buenas prácticas técnicas.

El principio de medición consiste en la transmisión de la luz en una longitud específica del humo que debe medirse y la utilización de la proporción de luz incidente que llega a un receptor para evaluar las propiedades de oscurecimiento de la luz que posee el medio. La medición del humo depende del diseño del aparato y puede efectuarse en el tubo de escape (opacímetro de flujo total dentro del tubo), al final del tubo de escape (opacímetro de flujo total al final del tubo) o tomando una muestra del tubo de escape (opacímetro de flujo parcial). Para determinar el coeficiente de absorción de luz a partir de la señal de opacidad, el fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico de éste.

#### 3.2. Opacímetro de flujo total

Podrán utilizarse dos tipos generales de opacímetros de flujo total (figura 23). Con el opacímetro en el tubo, la opacidad de todo el penacho de escape se mide en el interior del tubo de escape. Con este tipo de opacímetro, la longitud efectiva del camino óptico depende del diseño del opacímetro.

Con un opacímetro al final del tubo, la opacidad de todo el penacho de escape se mide cuando éste sale del tubo de escape. Con este tipo de opacímetro, la longitud efectiva del camino óptico depende del diseño del tubo de escape y de la distancia entre el final del tubo de escape y el opacímetro.

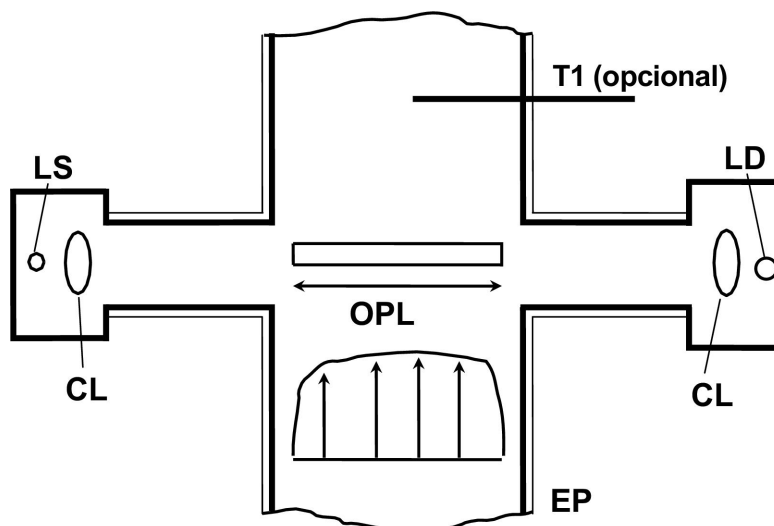


Figura 23 - Opacímetro de flujo total

### 3.2.1. Elementos de la figura 23

**EP** Tubo de escape

Si se instala un opacímetro dentro del tubo de escape, el diámetro del tubo no deberá variar en una distancia equivalente a tres veces su diámetro antes y después de la zona de medición. Si el diámetro de la zona de medición es mayor que el diámetro del tubo de escape, se recomienda utilizar un conducto que converja gradualmente antes de la zona de medición.

Si se instala un opacímetro al final del tubo, los últimos 0,6 m del tubo de escape tendrán una sección transversal circular y no tendrán codos ni curvas. El final del tubo de escape estará cortado en ángulo recto. El opacímetro se montará en el centro del penacho, dentro de un margen de  $25 \pm 5$  mm desde la extremidad del tubo de escape.

**OPL** Longitud del camino óptico

La longitud del camino óptico oscurecido por el humo, entre la fuente luminosa del opacímetro y el receptor, debe corregirse según proceda teniendo en cuenta la ausencia de uniformidad derivada de los gradientes de densidad y el efecto de borde. El fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico, teniendo en cuenta cualquier medida adoptada para evitar las deposiciones de hollín (por ejemplo, aire de purga). Si se desconoce la longitud del camino óptico, deberá determinarse de conformidad con la norma ISO IDS 11 614, punto 11.6.5. A fin de determinar correctamente la longitud del camino óptico, el gas de escape deberá tener una velocidad mínima de 20 m/s.

**LS** Fuente luminosa

La fuente luminosa será una lámpara incandescente con una temperatura de color de 2 800 a 3 250 K, o bien un diodo emisor de luz (LED) verde con un pico espectral de 550 a 570 nm. La fuente luminosa estará protegida contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

**LD** Detector de luz

El detector será una célula fotoeléctrica o un fotodiodo (con un filtro, si es preciso). En el caso de una fuente luminosa incandescente, el receptor deberá tener una respuesta de pico espectral similar a la curva fototópica del ojo humano (respuesta máxima) en el rango 550-570 nm, e inferior al 4 % de dicha respuesta máxima por debajo de 430 nm y por encima de 680 nm. El detector de luz estará protegido contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

**CL** Lente colimadora

El flujo luminoso se colimará en un haz de un diámetro máximo de 30 mm. Los rayos del haz de luz deberán ser paralelos, con una tolerancia de 3° respecto al eje óptico.

**T1** Sensor de temperatura (opcional)

La temperatura del gas de escape podrá controlarse durante el ensayo.

### 3.3. Opacímetro de flujo parcial

Si se utiliza un opacímetro de flujo parcial (figura 24), se tomará una muestra de gas de escape representativa en el tubo de escape y se conducirá por un tubo de transferencia hasta la cámara de medición. Con este tipo de opacímetro, la longitud efectiva del camino óptico depende del diseño del opacímetro. Los tiempos de respuesta que se mencionan en el punto siguiente son válidos para el caudal mínimo del opacímetro, especificado por el fabricante del instrumento.

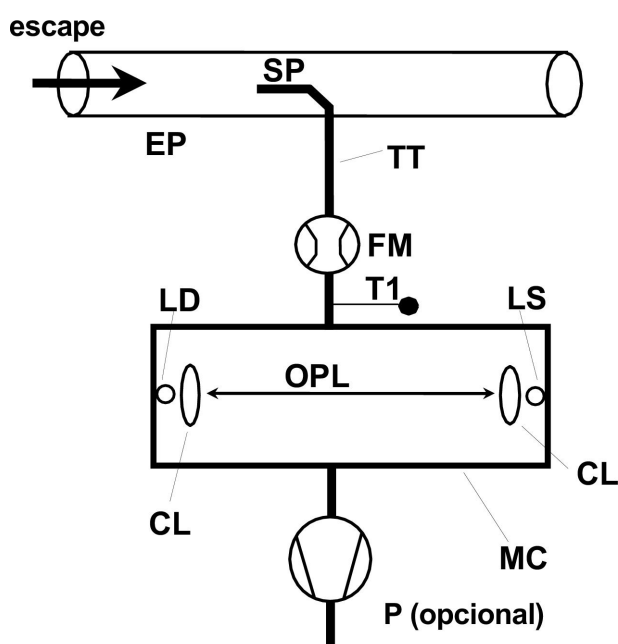


Figura 24 - Opacímetro de flujo parcial

#### 3.3.1. Elementos de la figura 24

**EP** Tubo de escape

El tubo de escape deberá ser recto y tener una longitud equivalente a un mínimo de seis y tres veces su diámetro antes y después de la extremidad de la sonda, respectivamente.

**SP** Sonda de muestreo

La sonda de muestreo será un tubo abierto orientado a contracorriente en el eje central del tubo de escape o cerca de él. El espacio respecto a la pared del tubo de escape será de al menos 5 mm. La sonda deberá tener un diámetro que garantice un muestreo representativo y un caudal suficiente en el opacímetro.

**TT** Tubo de transferencia

El tubo de transferencia:

- será lo más corto posible y deberá garantizar que el gas de escape esté a una temperatura de  $373 \pm 30$  K ( $100 \text{ °C} \pm 30 \text{ °C}$ ) en la entrada de la cámara de medición;
- tendrá una temperatura de pared que exceda suficientemente del punto de condensación del gas de escape para que no se produzca dicha condensación;

- tendrá, en toda su longitud, un diámetro equivalente al de la sonda de muestreo;
- tendrá un tiempo de respuesta inferior a 0,05 s al caudal mínimo del instrumento, determinado de acuerdo con el anexo 4, apéndice 4, punto 5.2.4;
- no tendrá ningún efecto significativo en el pico del humo.

**FM** Dispositivo de medición del caudal

El dispositivo de medición del caudal es un aparato que detecta el caudal correcto que entra en la cámara de medición. El fabricante del instrumento especificará los caudales máximo y mínimo, que deberán permitir el cumplimiento del requisito del tiempo de respuesta del TT y las especificaciones de longitud del camino óptico. El dispositivo de medición del caudal podrá estar cerca de la bomba de muestreo P, en caso de que se utilice.

**MC** Cámara de medición

La cámara de medición tendrá una superficie interna no reflectante o un entorno óptico equivalente. Se reducirá al mínimo la incidencia de luz parásita en el detector como consecuencia de reflejos internos de efectos de difusión.

La presión del gas en la cámara de medición no diferirá de la presión atmosférica en más de 0,75 kPa. Si no puede respetarse esta condición por motivos de diseño, el valor leído en el opacímetro deberá convertirse en presión atmosférica.

La temperatura de pared de la cámara de medición deberá estar entre 343 K (70 °C) y 373 K (100 °C), dentro de un margen de  $\pm 5$  K, y, en cualquier caso, deberá exceder suficientemente del punto de condensación del gas de escape para que no se produzca dicha condensación. La cámara de medición deberá disponer de dispositivos adecuados para medir la temperatura.

**OPL** Longitud del camino óptico

La longitud del camino óptico oscurecido por el humo, entre la fuente luminosa del opacímetro y el receptor, debe corregirse según proceda teniendo en cuenta la ausencia de uniformidad derivada de los gradientes de densidad y el efecto marginal. El fabricante del instrumento deberá facilitar la longitud del camino óptico, teniendo en cuenta cualquier medida adoptada para evitar las deposiciones de hollín (por ejemplo, aire de purga). Si se desconoce la longitud del camino óptico, deberá determinarse de conformidad con el punto 11.6.5 de la norma ISO IDS 11 614.

**LS** Fuente luminosa

La fuente de luz será una lámpara incandescente con una temperatura de color de 2 800 a 3 250 K, o bien un diodo emisor de luz (LED) verde con un pico espectral de 550 a 570 nm. La fuente luminosa estará protegida contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

**LD** Detector de luz

El detector será una célula fotoeléctrica o un fotodiodo (con un filtro, si es preciso). En el caso de una fuente luminosa incandescente, el receptor deberá tener una respuesta de pico espectral similar a la curva fototópica del ojo humano (respuesta máxima) en el rango 550-570 nm, e inferior al 4 % de dicha respuesta máxima por debajo de 430 nm y por encima de 680 nm. El detector de luz estará protegido contra las deposiciones de hollín por un medio que no influya en la longitud del camino óptico más de lo previsto por el fabricante.

**CL** Lente colimadora

El flujo luminoso se colimará en un haz de un diámetro máximo de 30 mm. Los rayos del haz de luz deberán ser paralelos, con una tolerancia de 3° respecto al eje óptico.

**T1** Sensor de temperatura

El sensor de temperatura sirve para controlar la temperatura del gas de escape en la entrada de la cámara de medición.

**P** Bomba de muestreo (opcional)

Podrá utilizarse una bomba de muestreo, situada después de la cámara de medición, para transferir la muestra de gas a través de la cámara de medición.

## ANEXO 5

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMBUSTIBLE DE REFERENCIA PARA MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN PRESCRITAS PARA LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y PARA VERIFICAR LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN**

1. GASÓLEO <sup>(1)</sup>

Parámetro	Unidad	Límites <sup>(1)</sup>		Método de ensayo <sup>(2)</sup>	Publicación
		Mínimo	Máximo		
Índice de cetano <sup>(3)</sup>		52	54	ISO 5165	1998 <sup>(4)</sup>
Densidad a 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	833	837	ISO 3675	1995
Destilación					
— punto 50 %	°C	245		ISO 3405	1998
— punto 95 %	°C	345	350	ISO 3405	1998
— punto de ebullición final	°C	—	370	ISO 3405	1998
Punto de inflamación	°C	55	—	EN 27719	1993
Punto de obstrucción del filtro en frío	°C	—	- 5	EN 116	1981
Viscosidad a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,5	3,5	EN-ISO 3104	1996
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	% m/m	3,0	6,0	IP 391 (*)	1995
Contenido de azufre <sup>(5)</sup>	mg/kg	—	300	PR. EN-ISO/DIS 14 596	1998 <sup>(4)</sup>
Corrosión del cobre		—	1	EN-ISO 2160	1995
Residuo de carbono Conradson (10 % de residuo de destilación)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10 370	
Contenido de cenizas	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245	1995
Contenido de agua	% m/m	—	0,05	EN-ISO 12 937	1995
Índice de neutralización (ácido fuerte)	mg OH/g	—	0,02	ASTM D 974-95	1998 <sup>(4)</sup>
Estabilidad de oxidación <sup>(6)</sup>	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12 205	1996

<sup>(1)</sup> Si es preciso calcular el rendimiento térmico de un motor o de un vehículo, el poder calorífico del combustible se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Energía específica (poder calorífico) (neta) en MJ/kg} = (46,423 - 8,792 d^2 + 3,170 d)[1 - (x + y + s)] + 9,420 s - 2,499 x$$

donde:

d = densidad a 15 °C

x = proporción por masa de agua (porcentaje dividido por 100)

y = proporción por masa de ceniza (porcentaje dividido por 100)

s = proporción por masa de azufre (porcentaje dividido por 100)

<sup>(2)</sup> Los valores indicados en la especificación son «valores verdaderos». Para determinar los límites de estos valores, se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 — Productos petrolíferos. Determinación y aplicación de los datos de precisión en relación con los métodos de ensayo —, y para determinar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R por encima de cero; para determinar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R — reproducibilidad). A pesar de esta medida, que es necesaria por razones estadísticas, el fabricante de un combustible debe procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea de 2R, y obtener el valor medio cuando se indiquen límites máximos y mínimos. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple las prescripciones de la especificación, deberían aplicarse los términos de la norma ISO 4259.

<sup>(3)</sup> El rango para el índice de cetano no cumple el requisito de un rango mínimo de 4R. No obstante, en caso de desacuerdo entre el proveedor y el usuario del combustible, podrán aplicarse los términos de la norma ISO 4259 para resolver dicho desacuerdo siempre que se dé preferencia a las repeticiones de mediciones en número suficiente para conseguir la precisión necesaria sobre las determinaciones únicas.

<sup>(4)</sup> El mes de la publicación se completará a su debido tiempo.

<sup>(5)</sup> Se comunicará el contenido efectivo de azufre del combustible utilizado. Además, el contenido efectivo de azufre del combustible de referencia utilizado para homologar un vehículo o motor en función de los valores límite establecidos en la fila B del cuadro del punto 5.2.1 del presente Reglamento deberá ser como máximo de 50 ppm.

<sup>(6)</sup> Aunque la estabilidad de oxidación esté controlada, es probable que la vida útil sea limitada. Es recomendable consultar al proveedor acerca de las condiciones y el periodo de conservación.

2. ETANOL PARA MOTORES DIÉSEL <sup>(1)</sup>

Parámetro	Unidad	Límites <sup>(2)</sup>		Método de ensayo <sup>(3)</sup>
		Mínimo	Máximo	
Alcohol, masa	% m/m	92,4	—	ASTM D 5501
Alcohol distinto del etanol contenido en el alcohol total, masa	% m/m	—	2	ASTM D 5501
Densidad a 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	795	815	ASTM D 4052
Contenido de cenizas	% m/m		0,001	ISO 6245
Punto de inflamación	°C	10		ISO 2719
Acidez, calculada como ácido acético	% m/m	—	0,0025	ISO 1388-2
Índice de neutralización (ácido fuerte)	KOH mg/l	—	1	
Color	Según la escala	—	10	ASTM D 1209
Residuo seco a 100 °C	mg/kg		15	ISO 759
Contenido de agua	% m/m		6,5	ISO 760
Aldehídos, calculados como ácido acético	% m/m		0,0025	ISO 1388-4
Contenido de azufre	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Ésteres, calculados como acetato de etilo	% m/m	—	0,1	ASTM D 1617

<sup>(1)</sup> Se puede utilizar un aditivo para mejorar el índice de cetano del combustible de etanol, de acuerdo con las especificaciones del fabricante del motor. La cantidad máxima permitida es 10 % m/m.

<sup>(2)</sup> Los valores indicados en las especificaciones son «valores verdaderos». Para determinar los límites de estos valores, se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 — Productos petrolíferos. Determinación y aplicación de los datos de precisión en relación con los métodos de ensayo —, y para determinar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R por encima de cero; para determinar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R: reproducibilidad). A pesar de esta medida, que es necesaria por razones estadísticas, el fabricante de un combustible debe procurar obtener un valor cero cuando el valor máximo establecido sea de 2R, y obtener el valor medio cuando se indiquen límites máximos y mínimos. Si fuera necesario aclarar si un combustible cumple las prescripciones de la especificación, deberían aplicarse los términos de la norma ISO 4259.

<sup>(3)</sup> Se adoptarán métodos ISO equivalentes una vez que se publiquen para todas las características indicadas anteriormente.

## ANEXO 6

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMBUSTIBLE DE GAS NATURAL DE REFERENCIA PRESCRITAS  
PARA LOS ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN Y LA VERIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LA  
PRODUCCIÓN**

Tipo: GAS NATURAL (GN)

En el mercado europeo hay dos grupos de combustibles:

- el grupo H, cuyos combustibles de referencia extremos son el GR y el G23;
- el grupo L, cuyos combustibles de referencia extremos son el G23 y el G25.

A continuación se resumen las características de los combustibles de referencia GR, G23 y G25:

*Combustible de referencia GR*

Características	Unidades	Base	Límites		Método de ensayo
			Mín.	Máx.	
Composición:					
Metano	% mol	87	84	89	
Etano	% mol	13	11	15	
Equilibrio (*)	% mol	—	—	1	ISO 6974
Contenido de azufre	mg/m <sup>3</sup> (**)	—	—	10	ISO 6326-5

(\*) Gases inertes + C<sub>2+</sub>

(\*\*) Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).

*Combustible de referencia G23*

Características	Unidades	Base	Límites		Método de ensayo
			Mín.	Máx.	
Composición:					
Metano	% mol	92,5	91,5	93,5	
Equilibrio (*)	% mol	—	—	1	ISO 6974
N <sub>2</sub>	% mol	7,5	6,5	8,5	
Contenido de azufre	mg/m <sup>3</sup> (**)	—	—	10	ISO 6326-5

(\*) Gases inertes (diferentes de N<sub>2</sub>) + C<sub>2</sub>/C<sub>2+</sub>

(\*\*) Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).

*Combustible de referencia G25*

Características	Unidades	Base	Límites		Método de ensayo
			Mín.	Máx.	
Composición:					
Metano	% mol	86	84	88	
Equilibrio (*)	% mol	—	—	1	ISO 6974
N <sub>2</sub>	% mol	14	12	16	
Contenido de azufre	mg/m <sup>3</sup> (**)	—	—	10	ISO 6326-5

(\*) Gases inertes (diferentes de N<sub>2</sub>) + C<sub>2</sub>/C<sub>2+</sub>

(\*\*) Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).

## ANEXO 7

## TIPO: GAS LICUADO DEL PETROLÉO (GLP)

Parámetro	Unidad	Límites	Combustible A	Límites	Combustible B	Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Índice de octano del motor		92,5 <sup>(1)</sup>		92,5		EN 589; anexo B
Composición:						
Contenido de C3	% vol	48	52	83	87	
Contenido de C4	% vol	48	52	13	17	ISO 7941
Olefinas	% vol		12		14	
Residuo de evaporación	mg/kg		50		50	NFM 41 015
Contenido total de azufre	ppm masa <sup>(1)</sup>		50		50	EN 24260
Sulfuro de hidrógeno	—		Ninguno		Ninguno	ISO 8819
Corrosión de la lámina de cobre	Clasificación		Clase 1		Clase 1	ISO 6251 <sup>(2)</sup>
Agua a 0 °C			Exento		Exento	Inspección visual

<sup>(1)</sup> Valor que debe determinarse en condiciones estándar (293,2 K [20 °C] y 101,3 kPa).

<sup>(2)</sup> Este método puede no determinar con precisión la presencia de materiales corrosivos si la muestra contiene inhibidores de corrosión u otras sustancias químicas que disminuyan la corrosividad de la muestra respecto a la lámina de cobre. En consecuencia, se prohíbe la adición de dichos compuestos con la única finalidad de sesgar el método de ensayo.

## ANEXO 8

## EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

## 1. ENSAYO ESC

## 1.1. Emisiones gaseosas

A continuación figuran los datos de medición para el cálculo de los resultados de cada fase. En el presente ejemplo, el CO y los NO<sub>x</sub> se miden en base seca y los HC, en base húmeda. La concentración de HC se indica en equivalente de propano (C3) y debe multiplicarse por 3 para obtener el equivalente de C1. El procedimiento de cálculo es idéntico para las otras fases.

P (kW)	T <sub>a</sub> (K)	H <sub>a</sub> (g/kg)	G <sub>EXH</sub> (kg)	G <sub>AIRW</sub> (kg)	G <sub>FUEL</sub> (kg)	HC (ppm)	CO (ppm)	NO <sub>x</sub> (ppm)
82,9	294,8	7,81	563,38	545,29	18,09	6,3	41,2	495

Cálculo del factor de corrección de base seca a húmeda K<sub>w,r</sub> (anexo 4, apéndice 1, punto 4.2):

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{18,09}{545,29}\right)} = 1,9058 \text{ y } K_{w2} = \frac{1,608 \times 7,81}{1\,000 + (1,608 \times 7,81)} = 0,0124$$

$$K_{w,r} = \left(1 - 1,9058 \times \frac{18,09}{541,06}\right) - 0,0124 = 0,9239$$

Cálculo de las concentraciones en base húmeda:

$$CO = 41,2 \times 0,9239 = 38,1 \text{ ppm}$$

$$NO_x = 495 \times 0,9239 = 457 \text{ ppm}$$

Cálculo del factor de corrección de humedad para NO<sub>x</sub> (K<sub>H,D</sub>) (anexo 4, apéndice 1, punto 4.3):

$$A = 0,309 \times 18,09 / 541,06 - 0,0266 = -0,0163$$

$$B = -0,209 \times 18,09 / 541,06 + 0,00954 = 0,0026$$

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0163 \times (7,81 - 10,71) + 0,0026 \times (294,8 - 298)} = 0,9625$$

Cálculo de los caudales máxicos de emisión (anexo 4, apéndice 1, punto 4.4):

$$NO_x = 0,001587 \times 457 \times 0,9625 \times 563,38 = 393,27 \text{ g/h}$$

$$CO = 0,000966 \times 38,1 \times 563,38 = 20,735 \text{ g/h}$$

$$HC = 0,000479 \times 6,3 \times 3 \times 563,38 = 5,100 \text{ g/h}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4, apéndice 1, punto 4.5):

El siguiente ejemplo de cálculo se refiere al CO; el procedimiento de cálculo es idéntico para los demás componentes.

Los caudales máxicos de emisión de las diferentes fases se multiplican por los respectivos factores de ponderación, indicados en el anexo 4, apéndice 1, punto 2.7.1, y se suman para obtener el caudal máxico de emisión medio a lo largo del ciclo:

$$CO = (6,7 \times 0,15) + (24,6 \times 0,08) + (20,5 \times 0,10) + (20,7 \times 0,10) + (20,6 \times 0,05) + (15,0 \times 0,05) + (19,7 \times 0,05) + (74,5 \times 0,09) + (31,5 \times 0,10) + (81,9 \times 0,08) + (34,8 \times 0,05) + (30,8 \times 0,05) + (27,3 \times 0,05) = 30,91 \text{ g/h}$$

La potencia del motor en las diferentes fases se multiplica por los respectivos factores de ponderación, indicados en el anexo 4, apéndice 1, punto 2.7.1, y se suman para obtener la potencia media del ciclo:

$$P(n) = (0,1 \times 0,15) + (96,8 \times 0,08) + (55,2 \times 0,10) + (82,9 \times 0,10) + (46,8 \times 0,05) + (70,1 \times 0,05) + (23,0 \times 0,05) + (114,3 \times 0,09) + (27,0 \times 0,10) + (122,0 \times 0,08) + (28,6 \times 0,05) + (87,4 \times 0,05) + (57,9 \times 0,05) = 60,006 \text{ kW}$$

$$\overline{\text{CO}} = \frac{30,91}{60,006} = 0,015 \text{ g/kWh}$$

Cálculo de la emisión específica de  $\text{NO}_x$  en un punto aleatorio (anexo 4, apéndice 1, punto 4.6.1):

Se supondrá que se han determinado los siguientes valores en el punto aleatorio:

$$\begin{aligned} n_Z &= 1\,600 \text{ min}^{-1} \\ M_Z &= 495 \text{ Nm} \\ \text{NO}_{x \text{ mass},Z} &= 487,9 \text{ g/h} \quad (\text{calculado según la fórmula anterior}) \\ P(n)_Z &= 83 \text{ kW} \\ \text{NO}_{x,Z} &= 487,9 / 83 = 5,878 \text{ g/kWh} \end{aligned}$$

Determinación del valor de emisión del ciclo de ensayo (anexo 4, apéndice 1, punto 4.6.2):

Se supondrá que en las cuatro fases envolventes del ensayo ESC se obtienen los valores siguientes:

$n_{RT}$	$n_{SU}$	$E_R$	$E_S$	$E_T$	$E_U$	$M_R$	$M_S$	$M_T$	$M_U$
1 368	1 785	5,943	5,565	5,889	4,973	515	460	681	610

$$E_{TU} = 5,889 + (4,973 - 5,889) \times (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 5,377 \text{ g/kWh}$$

$$E_{RS} = 5,943 + (5,565 - 5,943) \times (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 5,732 \text{ g/kWh}$$

$$M_{TU} = 681 + (601 - 681) \times (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 641,3 \text{ Nm}$$

$$M_{RS} = 515 + (460 - 515) \times (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 484,3 \text{ Nm}$$

$$E_Z = 5,732 + (5,377 - 5,732) \times (495 - 484,3) / (641,3 - 484,3) = 5,708 \text{ g/kWh}$$

Comparación de los valores de emisión de  $\text{NO}_x$  (anexo 4, apéndice 1, punto 4.6.3):

$$\text{NO}_{x \text{ diff}} = 100 \times (5,878 - 5,708) / 5,708 = 2,98 \%$$

## 1.2. Emisiones de partículas

La medición de partículas se basa en el principio del muestreo de partículas durante todo el ciclo y la determinación de la frecuencia de muestreo y el caudal ( $M_{SAM}$  y  $G_{EDF}$ ) durante las fases individuales. El cálculo de  $G_{EDF}$  depende del sistema que se utilice. En los ejemplos siguientes se utiliza un sistema con medición de  $\text{CO}_2$  y método de equilibrio de carbono y otro sistema con medición del caudal. Cuando se utilice un sistema de dilución de flujo total,  $G_{EDF}$  se mide directamente con el equipo CVS.

Cálculo de  $G_{EDF}$  (anexo 4, apéndice 1, puntos 5.2.3 y 5.2.4):

Se supondrá que en la fase 4 se obtienen los datos de medición siguientes. El procedimiento de cálculo es idéntico para las otras fases.

$G_{EXH}$ (kg/h)	$G_{FUEL}$ (kg/h)	$G_{DILW}$ (kg/h)	$G_{TOTW}$ (kg/h)	$\text{CO}_{2D}$ (%)	$\text{CO}_{2A}$ (%)
334,02	10,76	5,4435	6,0	0,657	0,040

a) método de equilibrio de carbono

$$G_{EDFW} = \frac{206,5 \times 10,76}{0,657 - 0,040} = 3\,601,2 \text{ kg/h}$$

b) método de medición del caudal

$$q = \frac{6,0}{(6,0 - 5,4435)} = 10,78$$

$$G_{EDFW} = 334,02 \times 10,78 = 3\,600,7 \text{ kg/h}$$

Cálculo del caudal másico (anexo 4, apéndice 1, punto 5.4):

Los caudales  $G_{EDFW}$  de las diferentes fases se multiplican por los respectivos factores de ponderación, indicados en el anexo 4, apéndice 1, punto 2.7.1, y se suman para obtener el  $G_{EDF}$  medio a lo largo del ciclo. El índice total de muestreo  $M_{SAM}$  se obtiene sumando los índices de muestreo de cada fase.

$$\overline{G_{EDFW}} = (3\,567 \times 0,15) + (3\,592 \times 0,08) + (3\,611 \times 0,10) + (3\,600 \times 0,10) + (3\,618 \times 0,05) + (3\,600 \times 0,05) + (3\,640 \times 0,05) + (3\,614 \times 0,09) + (3\,620 \times 0,10) + (3\,601 \times 0,08) + (3\,639 \times 0,05) + (3\,582 \times 0,05) + (3\,635 \times 0,05) = 3\,604,6 \text{ kg/h}$$

$$M_{SAM} = 0,226 + 0,122 + 0,151 + 0,152 + 0,076 + 0,076 + 0,076 + 0,136 + 0,151 + 0,121 + 0,076 + 0,076 + 0,075 = 1,515 \text{ kg}$$

Se supondrá que la masa de partículas en los filtros es de 2,5 mg, entonces:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} \times \frac{3\,604,6}{1\,000} = 5,948 \text{ g/h}$$

Corrección del fondo (opcional)

Se supondrá una medición del fondo con los valores siguientes. El procedimiento de cálculo del factor de dilución DF es idéntico al que se describe en el punto 3.1 del presente anexo, por lo que no se explica aquí.

$$M_d = 0,1 \text{ mg}; M_{DIL} = 1,5 \text{ kg}$$

Suma de DF =  $[(1^{-1} / 119,15) \times 0,15] + [(1^{-1} / 8,89) \times 0,08] + [(1^{-1} / 14,75) \times 0,10] + [(1^{-1} / 10,10) \times 0,10] + [(1^{-1} / 18,02) \times 0,05] + [(1^{-1} / 12,33) \times 0,05] + [(1^{-1} / 32,18) \times 0,05] + [(1^{-1} / 6,94) \times 0,09] + [(1^{-1} / 25,19) \times 0,10] + [(1^{-1} / 6,12) \times 0,08] + [(1^{-1} / 20,87) \times 0,05] + [(1^{-1} / 8,77) \times 0,05] + [(1^{-1} / 12,59) \times 0,05] = 0,923$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} - \left( \frac{0,1}{1,5} \times 0,923 \right) \times \frac{3\,604,6}{1\,000} = 5,726 \text{ g/h}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4, apéndice 1, punto 5.5):

$$P(n) = (0,1 \times 0,15) + (96,8 \times 0,08) + (55,2 \times 0,10) + (82,9 \times 0,10) + (46,8 \times 0,05) + (70,1 \times 0,05) + (23,0 \times 0,05) + (114,3 \times 0,09) + (27,0 \times 0,10) + (122,0 \times 0,08) + (28,6 \times 0,05) + (87,4 \times 0,05) + (57,9 \times 0,05) = 60,006 \text{ kW}$$

$$PT = \frac{5,948}{60,006} = 0,099 \text{ g/kWh, si se ha efectuado la corrección del fondo}$$

$$PT = \frac{5,726}{60,006} = 0,095 \text{ g/kWh}$$

Cálculo del factor de corrección específico (anexo 4, apéndice 1, punto 5.6):

Se supondrán los valores calculados anteriormente para la fase 4, entonces:

$$WF_{EI} = \frac{0,152 \times 3\,604,6}{1,515 \times 3600,7} = 0,1004$$

Este valor se encuentra dentro del límite especificado de  $0,10 \pm 0,003$ .

## 2. ENSAYO ELR

Dado que el filtrado de Bessel es un proceso de promediación totalmente nuevo en la normativa europea sobre emisiones de escape, a continuación se ofrece una explicación del filtro de Bessel, un ejemplo del diseño de un algoritmo de Bessel y un ejemplo de cálculo del valor del humo final. Las constantes del algoritmo de Bessel dependen exclusivamente del diseño del opacímetro y de la frecuencia de muestreo del sistema de adquisición de datos. Se recomienda que el fabricante del opacímetro facilite las constantes finales del filtro de Bessel para diferentes índices de muestreo y que el cliente utilice dichas constantes para diseñar el algoritmo de Bessel y calcular los valores del humo.

### 2.1. Observaciones generales sobre el filtro de Bessel

Debido a las distorsiones de alta frecuencia, la señal de opacidad en bruto suele tener una curva muy discontinua. Para eliminar dichas distorsiones de alta frecuencia es preciso utilizar un filtro de Bessel durante el ensayo ELR. El filtro de Bessel es un filtro recursivo de segundo orden y de paso bajo que garantiza la subida de señal más rápida sin rebasamiento.

Se supondrá un penacho de escape bruto en tiempo real en el tubo de escape, y que cada opacímetro indica una curva de opacidad retardada y medida de manera diferente. El retardo y la magnitud de la curva de opacidad medida dependen principalmente de la geometría de la cámara de medición del opacímetro, incluidos los conductos de muestreo del gas de escape, y del tiempo necesario para procesar la señal en los componentes electrónicos del opacímetro. Los valores que caracterizan estos dos efectos se denominan el tiempo de respuesta física y eléctrica, y representan un filtro individual para cada tipo de opacímetro.

El objetivo de la utilización de un filtro de Bessel es garantizar que todo el sistema del opacímetro posea una característica global de filtrado uniforme, consistente en:

- el tiempo de respuesta física del opacímetro ( $t_p$ );
- el tiempo de respuesta eléctrica del opacímetro ( $t_e$ );
- el tiempo de respuesta del filtro de Bessel utilizado ( $t_f$ ).

El tiempo de respuesta global del sistema  $t_{Aver}$  se calcula mediante la ecuación:

$$t_{Aver} = \sqrt{t_F^2 + t_p^2 + t_e^2},$$

y debe ser igual para todos los tipos de opacímetros, de manera que indiquen el mismo valor del humo. Por consiguiente, es preciso crear un filtro de Bessel de tal manera que el tiempo de respuesta del filtro ( $t_f$ ) junto con el tiempo de respuesta física ( $t_p$ ) y eléctrica ( $t_e$ ) del opacímetro individual permitan obtener el tiempo de respuesta global ( $t_{Aver}$ ) que se requiere. Puesto que  $t_p$  y  $t_e$  son valores dados para cada opacímetro individual, y el presente Reglamento establece que  $t_{Aver}$  es igual a 1,0 s,  $t_f$  se puede calcular de la manera siguiente:

$$t_f = \sqrt{t_{Aver}^2 + t_p^2 + t_e^2}$$

Por definición, el tiempo de respuesta del filtro  $t_f$  es el tiempo de subida de una señal de salida filtrada del 10 % al 90 % respecto a una señal de entrada escalonada. En consecuencia, la frecuencia de corte del filtro de Bessel debe iterarse de manera que el tiempo de respuesta del filtro de Bessel se ajuste al tiempo de subida requerido.

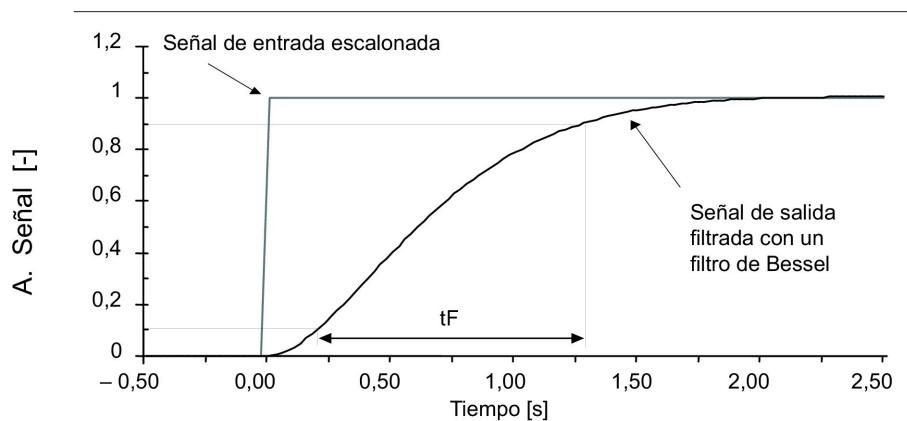
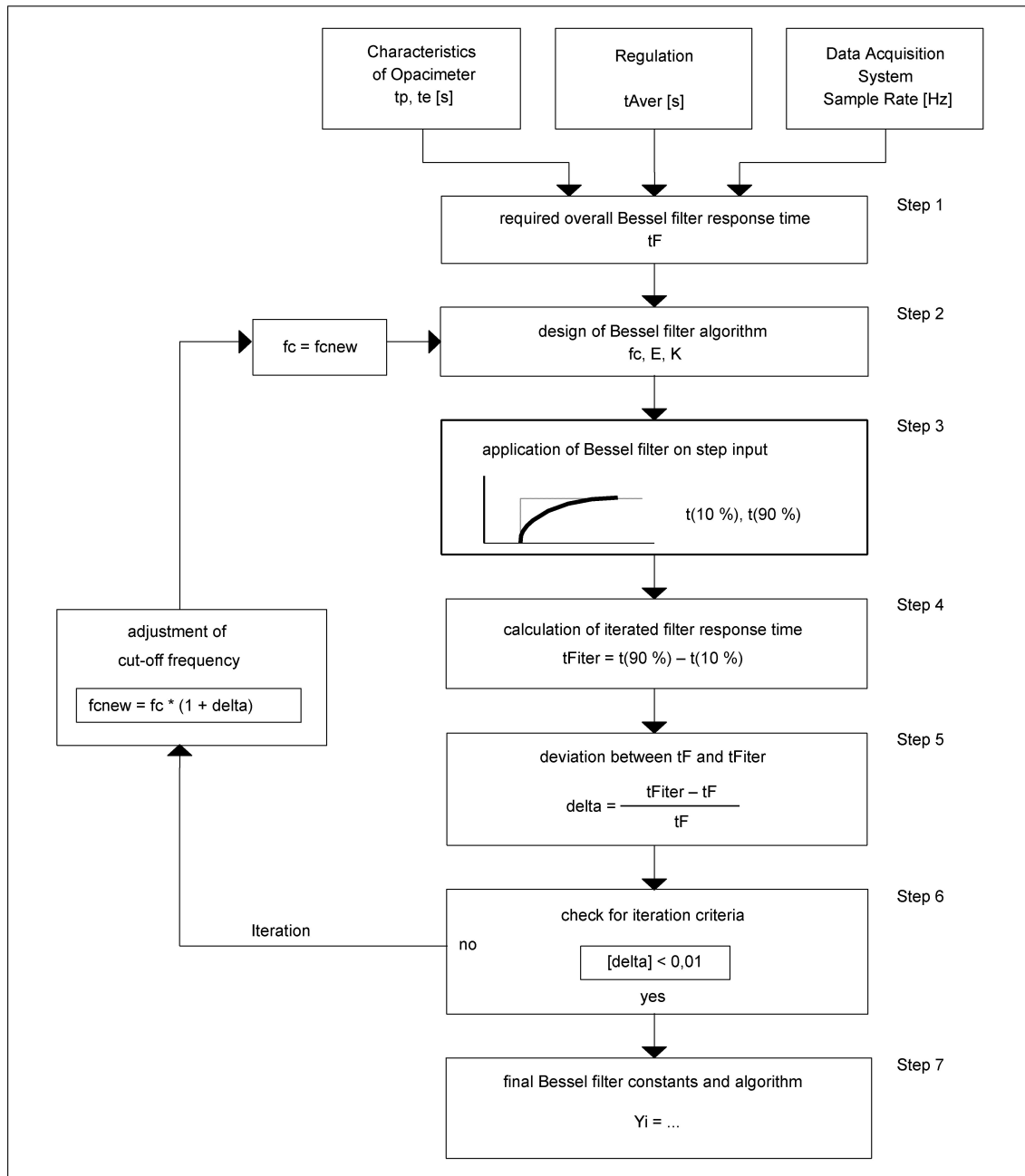


Figura a - Curvas de una señal de entrada escalonada y de la señal de salida filtrada

La figura a muestra las curvas de una señal de entrada escalonada y de una señal de salida filtrada con un filtro de Bessel, así como el tiempo de respuesta del filtro de Bessel ( $t_f$ ).

El diseño del algoritmo final del filtro de Bessel es un proceso de múltiples fases que precisa varios ciclos de iteración. A continuación se representa el esquema del procedimiento de iteración.



Characteristics of Opacimeter	= características del opacómetro
Regulation	= Regulation
Data acquisition system	= sistema de adquisición de datos
Sample rate	= tasa de muestreo
Required overall Bessel filter response time	= tiempo de respuesta global del filtro de Bessel requerido
Design of Bessel filter algorithm	= diseño del algoritmo del filtro de Bessel
Application of Bessel filter on step input	= aplicación del filtro de Bessel a la entrada escalonada
Calculation of iterated filter response time	= cálculo del tiempo de respuesta iterado del filtro
Deviation between $t_f$ and $t_{f,iter}$	= desvío entre $t_f$ y $t_{f,iter}$
Check for iteration criteria	= verificación de los criterios de iteración
Final Bessel filter constants and algorithm	= constantes y algoritmo finales del filtro de Bessel
Step 1	= fase 1
Adjustment of cut-off frequency	= ajuste de la frecuencia de corte
Iteration	= iteración

## 2.2. Cálculo del algoritmo de Bessel

En este ejemplo se diseña un algoritmo de Bessel en varias etapas, siguiendo el procedimiento de iteración indicado anteriormente, basado en el anexo 4, apéndice 1, punto 6.1.

Para el opacímetro y el sistema de adquisición de datos, se suponen las características siguientes:

- tiempo de respuesta física  $t_p$ : 0,15 s
- tiempo de respuesta eléctrica  $t_e$ : 0,05 s
- tiempo de respuesta global  $t_{Aver}$ : 1,00 s (tal como establece el presente Reglamento)
- frecuencia de muestreo: 150 Hz.

Etapla 1 Tiempo de respuesta requerido del filtro de Bessel  $t_f$ :

$$t_f = \sqrt{1^2 - (0,15^2 + 0,05^2)} = 0,987421 \text{ s}$$

Etapla 2 Estimación de la frecuencia de corte y cálculo de las constantes de Bessel E y K para la primera iteración:

$$f_c = 3,1415 / (10 \times 0,987421) = 0,318152 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 1 / 150 = 0,006667 \text{ s}$$

$$\Omega = 1 / [\tan(3,1415 \times 0,006667 \times 0,318152)] = 150,076644$$

$$E = \frac{1}{1 + 150,076644 \times \sqrt{3 \times 0,618034 + 0,618034 \times 150,076644^2}} = 7,07948 \times 10^{-5}$$

$$K = 2 \times 7,07948 \times 10^{-5} \times (0,618034 \times 150,076644 - 1) - 1 = 0,970783$$

Se obtiene así el algoritmo de Bessel:

$$Y_i = Y_{i-1}^{-1} + 7,07948 \times 10^{-5} \times (S_i + 2 \times S_{i-1}^{-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + 0,970783 \times (Y_{i-1}^{-1} - Y_{i-2})$$

donde  $S_i$  representa los valores de la señal de entrada escalonada (que pueden ser «0» o «1») e  $Y_i$  representa los valores filtrados de la señal de salida.

Etapla 3 Aplicación del filtro de Bessel a la entrada escalonada:

El tiempo de respuesta del filtro de Bessel  $t_f$  se define como el tiempo de subida de una señal de salida filtrada del 10 % al 90 % respecto a una señal de entrada escalonada. Para determinar los tiempos del 10 % ( $t_{10}$ ) y del 90 % ( $t_{90}$ ) de la señal de salida, es preciso aplicar un filtro de Bessel a una entrada escalonada utilizando los valores indicados anteriormente de  $f_c$ , E y K.

En el cuadro B figuran los índices, el tiempo y los valores de una señal de entrada escalonada y los valores resultantes de la señal de salida filtrada para la primera y la segunda iteración. Los puntos adyacentes a  $t_{10}$  y  $t_{90}$  se destacan con cifras en negrita. En el cuadro B, primera iteración, el valor del 10 % aparece entre los índices 30 y 31, y el valor del 90 % aparece entre los índices 191 y 192. Para el cálculo de  $t_{f,iter}$ , los valores exactos de  $t_{10}$  y  $t_{90}$  se determinan mediante interpolación lineal entre los puntos de medición adyacentes, de la manera siguiente:

$$t_{10} = t_{i_{lower}} + \Delta t \times (0,1 - out_{i_{lower}}) / (out_{i_{upper}} - out_{i_{lower}})$$

$$t_{90} = t_{i_{lower}} + \Delta t \times (0,9 - out_{i_{lower}}) / (out_{i_{upper}} - out_{i_{lower}})$$

donde  $out_{i_{upper}}$  y  $out_{i_{lower}}$  son los puntos adyacentes de la señal de salida filtrada con un filtro de Bessel, y  $t_{i_{lower}}$  es el punto de tiempo adyacente, indicado en el cuadro B.

$$t_{10} = 0,200000 + 0,006667 \times (0,1 - 0,099208) / (0,104794 - 0,099208) = 0,200945 \text{ s}$$

$$t_{90} = 1,273333 + 0,006667 \times (0,9 - 0,899147) / (0,901168 - 0,899147) = 1,276147 \text{ s}$$

Etapa 4 Tiempo de respuesta del filtro en el primer ciclo de iteración:

$$t_{fiter} = 1,276147 - 0,200945 = 1,075202 \text{ s}$$

Etapa 5 Desviación entre el tiempo de respuesta del filtro requerido y el obtenido en el primer ciclo de iteración:

$$\Delta = (1,075202 - 0,987421) / 0,987421 = 0,081641$$

Etapa 6 Comprobación de los criterios de iteración:

Se requiere que  $|\Delta| \leq 0,01$ . Puesto que  $0,081641 > 0,01$ , no se cumplen los criterios de iteración y debe iniciarse otro ciclo de iteración. Para este ciclo de iteración, se calcula una nueva frecuencia de corte de  $f_c$  y  $\Delta$  de la manera siguiente:

$$f_{c,new} = 0,318152 \times (1 + 0,081641) = 0,344126 \text{ Hz}$$

Esta nueva frecuencia de corte se utiliza en el segundo ciclo de iteración, que vuelve a comenzar en la etapa 2. La iteración se repetirá hasta que se cumplan los criterios de iteración. El cuadro A recoge los valores resultantes de la primera y la segunda iteración.

Cuadro A

Valores de la primera y la segunda iteración

Parámetro	1ª iteración	2ª iteración
$f_c$ (Hz)	0,318152	0,344126
E (-)	$7,07948 \times 10^{-5}$	$8,272777 \times 10^{-5}$
K (-)	0,970783	0,968410
$t_{10}$ (s)	0,200945	0,185523
$t_{90}$ (s)	1,276147	1,179562
$t_{fiter}$ (s)	1,075202	0,994039
$\Delta$ (-)	0,081641	0,006657
$f_{c,new}$ (Hz)	0,344126	0,346417

Etapa 7 Algoritmo de Bessel final:

En cuanto se cumplan los criterios de iteración, se calcularán las constantes finales del filtro de Bessel y el algoritmo final de Bessel de acuerdo con la etapa 2. En este ejemplo, los criterios de iteración se han cumplido después de la segunda iteración ( $\Delta = 0,006657 \leq 0,01$ ). El algoritmo final se utilizará para determinar los valores del humo promediados (véase el punto 2.3).

$$Y_1 = Y_{i-1}^{-1} + 8,272777 \times 10^{-5} \times (S_i + 2 \times S_{i-1}^{-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + 0,968410 \times (Y_{i-1}^{-1} - Y_{i-2})$$

Cuadro B

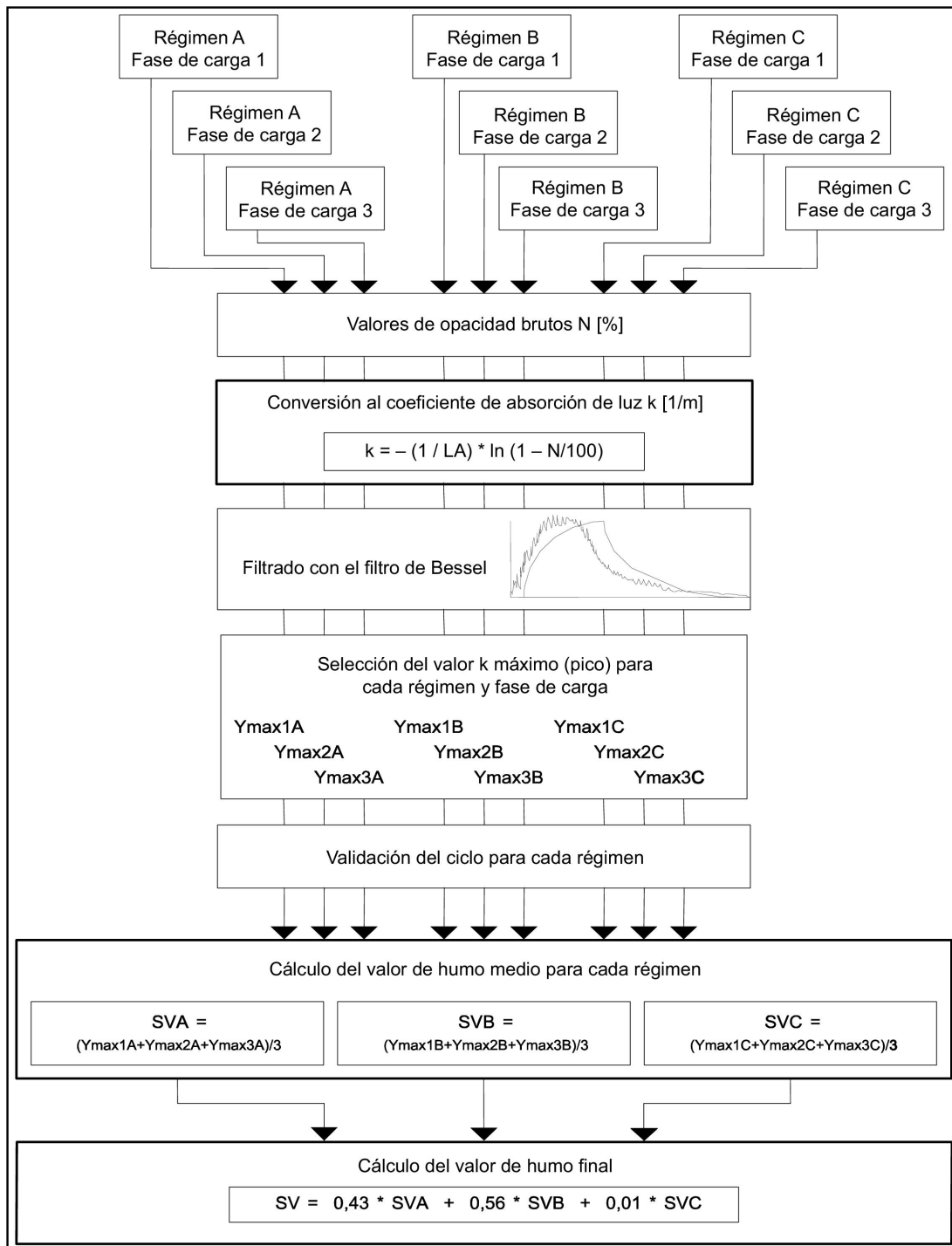
Valores de la señal de entrada escalonada y de la señal de salida filtrada con un filtro de Bessel para el primer y el segundo ciclo de iteración

Índice I [-]	Tiempo [s]	Señal de entrada esca- lonada $S_i$ [-]	Señal de salida filtrada $Y_i$ [-]	
			1ª iteración	2ª iteración
- 2	- 0,013333	0	0,000000	0,000000
- 1	- 0,006667	0	0,000000	0,000000
0	0,000000	1	0,000071	0,000083
1	0,006667	1	0,000352	0,000411
2	0,013333	1	0,000908	0,001060
3	0,020000	1	0,001731	0,002019

Índice I [-]	Tiempo [s]	Señal de entrada esca- lonada $S_i$ [-]	Señal de salida filtrada $Y_i$ [-]	
			1ª iteración	2ª iteración
4	0,026667	1	0,002813	0,003278
5	0,033333	1	0,004145	0,004828
~	~	~	~	~
24	0,160000	1	0,067877	0,077876
25	0,166667	1	0,072816	0,083476
26	0,173333	1	0,077874	0,089205
27	0,180000	1	0,083047	0,095056
28	0,186667	1	0,088331	0,101024
29	0,193333	1	0,093719	0,107102
30	0,200000	1	0,099208	0,113286
31	0,206667	1	0,104794	0,119570
32	0,213333	1	0,110471	0,125949
33	0,220000	1	0,116236	0,132418
34	0,226667	1	0,122085	0,138972
35	0,233333	1	0,128013	0,145605
36	0,240000	1	0,134016	0,152314
37	0,246667	1	0,140091	0,159094
~	~	~	~	~
175	1,166667	1	0,862416	0,895701
176	1,173333	1	0,864968	0,897941
177	1,180000	1	0,867484	0,900145
178	1,186667	1	0,869964	0,902312
179	1,193333	1	0,872410	0,904445
180	1,200000	1	0,874821	0,906542
181	1,206667	1	0,877197	0,908605
182	1,213333	1	0,879540	0,910633
183	1,220000	1	0,881849	0,912628
184	1,226667	1	0,884125	0,914589
185	1,233333	1	0,886367	0,916517
186	1,240000	1	0,888577	0,918412
187	1,246667	1	0,890755	0,920276
188	1,253333	1	0,892900	0,922107
189	1,260000	1	0,895014	0,923907
190	1,266667	1	0,897096	0,925676
191	1,273333	1	0,899147	0,927414
192	1,280000	1	0,901168	0,929121
193	1,286667	1	0,903158	0,930799
194	1,293333	1	0,905117	0,932448
195	1,300000	1	0,907047	0,934067
~	~	~	~	~

## 2.3. Cálculo de los valores del humo

El siguiente esquema describe el procedimiento general para determinar el valor final del humo.



La figura b muestra las curvas de la señal de opacidad medida en bruto y de los coeficientes de absorción de la luz filtrada y no filtrada (valor  $k$ ) de la primera fase de carga de un ensayo ELR, e indica el valor máximo  $Y_{max1,A}$  (pico) de la curva de representación del valor  $k$  filtrado. El cuadro C muestra los valores numéricos del índice  $i$ , el tiempo (frecuencia de muestreo de 150 Hz), la opacidad en bruto,  $k$  no filtrado y  $k$  filtrado. El filtrado se ha efectuado con las constantes del algoritmo de Bessel diseñado en el punto 2.2 del presente anexo. Debido a la gran cantidad de datos, únicamente se representan las secciones de la curva del humo en torno al inicio y al pico.

El pico se calcula ( $i = 272$ ) considerando los siguientes datos del cuadro C. Todos los demás valores de humo individuales se calculan de la misma manera. Para iniciar el algoritmo,  $S_{-1}$ ,  $S_{-2}$ ,  $Y_{-1}$  y  $Y_{-2}$  se ponen a cero.

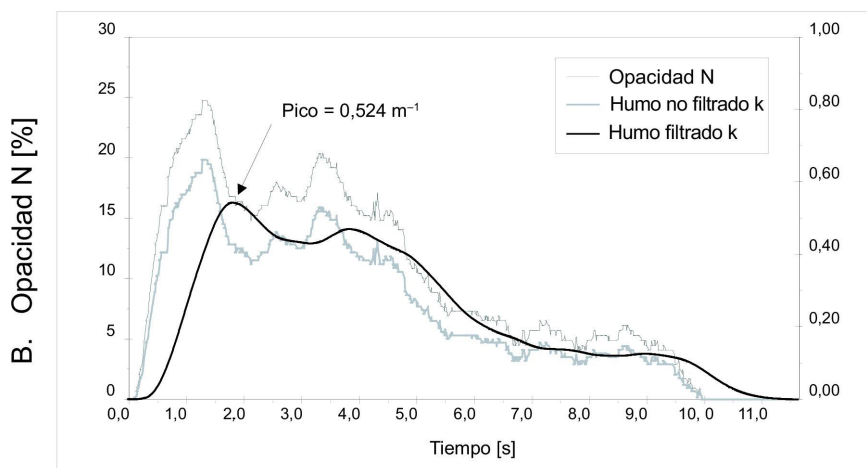


Figura b: Curvas de la opacidad medida N, del humo no filtrado k y del humo filtrado k

Cálculo del valor k (anexo 4, apéndice 1, punto 6.3.1):

$L_A$ (m)	0,430
Índice I	272
N (%)	16,783
$S_{271}$ ( $m^{-1}$ )	0,427392
$S_{270}$ ( $m^{-1}$ )	0,427532
$Y_{271}$ ( $m^{-1}$ )	0,542383
$Y_{270}$ ( $m^{-1}$ )	0,542337

$$k = -\frac{1}{0,430} \times \ln\left(1 - \frac{16,783}{100}\right) = 0,427252 \text{ m}^{-1}$$

Este valor corresponde a  $S_{272}$  en la ecuación indicada a continuación.

Cálculo del humo promediado de Bessel (anexo 4, apéndice 1, punto 6.3.1):

En la siguiente ecuación se utilizan las constantes de Bessel que figuran en el punto 2.2. El valor k no filtrado efectivo, calculado según el procedimiento anterior, corresponde a  $S_{272}$  ( $S_i$ ).  $S_{271}$  ( $S_{i-1}$ ) y  $S_{270}$  ( $S_{i-2}$ ) son los dos valores k precedentes no filtrados;  $Y_{271}$  ( $Y_{i-1}$ ) y  $Y_{270}$  ( $Y_{i-2}$ ) son los dos valores k precedentes filtrados.

$$Y_{272} = 0,542383 + 8,272777 \times 10^{-5} \times (0,427252 + 2 \times 0,427392 + 0,427532 - 4 \times 0,542337) + 0,968410 \times (0,542383 - 0,542337) = 0,542389 \text{ m}^{-1}$$

Este valor corresponde a  $Y_{\max 1, A}$  en la siguiente ecuación.

Cálculo del valor del humo final (anexo 4, apéndice 1, punto 6.3.3):

De cada curva del humo, se toma el valor k filtrado máximo para posteriores cálculos. Se supondrán los valores siguientes:

Régimen	$Y_{\max}$ ( $m^{-1}$ )		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
A	0,5424	0,5435	0,5587
B	0,5596	0,5400	0,5389
C	0,4912	0,5207	0,5177

$$\begin{aligned}
 SV_A &= (0,5424 + 0,5435 + 0,5587) / 3 &= 0,5482 \text{ m}^{-1} \\
 SV_B &= (0,5596 + 0,5400 + 0,5389) / 3 &= 0,5462 \text{ m}^{-1} \\
 SV_C &= (0,4912 + 0,5207 + 0,5177) / 3 &= 0,5099 \text{ m}^{-1} \\
 SV &= (0,43 \times 0,5482) + (0,56 \times 0,5462) + (0,01 \times 0,5099) &= 0,5467 \text{ m}^{-1}
 \end{aligned}$$

Validación del ciclo (anexo 4, apéndice 1, punto 3.4):

Antes de calcular la desviación estándar, es preciso validar el ciclo calculando las desviaciones estándar relativas del humo de los tres ciclos para cada régimen de motor.

Régimen	Desviación estándar media (m <sup>-1</sup> )	Desviación estándar absoluta (m <sup>-1</sup> )	Desviación estándar relativa (%)
A	0,5482	0,0091	1,7
B	0,5462	0,0116	2,1
C	0,5099	0,0162	3,2

En este ejemplo, se cumple el criterio de validación del 15 % para todos los regímenes.

Cuadro C

Valor de opacidad N, valor k filtrado y no filtrado al inicio de la fase de carga

Índice i [-]	Tiempo [s]	Opacidad N [%]	Valor k no filtrado [m <sup>-1</sup> ]	Valor k filtrado [m <sup>-1</sup> ]
- 2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
- 1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,006667	0,020000	0,000465	0,000000
2	0,013333	0,020000	0,000465	0,000000
3	0,020000	0,020000	0,000465	0,000000
4	0,026667	0,020000	0,000465	0,000001
5	0,033333	0,020000	0,000465	0,000002
6	0,040000	0,020000	0,000465	0,000002
7	0,046667	0,020000	0,000465	0,000003
8	0,053333	0,020000	0,000465	0,000004
9	0,060000	0,020000	0,000465	0,000005
10	0,066667	0,020000	0,000465	0,000006
11	0,073333	0,020000	0,000465	0,000008
12	0,080000	0,020000	0,000465	0,000009
13	0,086667	0,020000	0,000465	0,000011
14	0,093333	0,020000	0,000465	0,000012
15	0,100000	0,192000	0,004469	0,000014
16	0,106667	0,212000	0,004935	0,000018
17	0,113333	0,212000	0,004935	0,000022
18	0,120000	0,212000	0,004935	0,000028
19	0,126667	0,343000	0,007990	0,000036
20	0,133333	0,566000	0,013200	0,000047
21	0,140000	0,889000	0,020767	0,000061
22	0,146667	0,929000	0,021706	0,000082

Índice i [-]	Tiempo [s]	Opacidad N [%]	Valor k no filtrado [m <sup>-1</sup> ]	Valor k filtrado [m <sup>-1</sup> ]
23	0,153333	0,929000	0,021706	0,000109
24	0,160000	1,263000	0,029559	0,000143
25	0,166667	1,455000	0,034086	0,000185
26	0,173333	1,697000	0,039804	0,000237
27	0,180000	2,030000	0,047695	0,000301
28	0,186667	2,081000	0,048906	0,000378
29	0,193333	2,081000	0,048906	0,000469
30	0,200000	2,424000	0,057067	0,000573
31	0,206667	2,475000	0,058282	0,000693
32	0,213333	2,475000	0,058282	0,000827
33	0,220000	2,808000	0,066237	0,000977
34	0,226667	3,010000	0,071075	0,001144
35	0,233333	3,253000	0,076909	0,001328
36	0,240000	3,606000	0,085410	0,001533
37	0,246667	3,960000	0,093966	0,001758
38	0,253333	4,455000	0,105983	0,002007
39	0,260000	4,818000	0,114836	0,002283
40	0,266667	5,020000	0,119776	0,002587
~	~	~	~	~

Cuadro C (continuación)

Valores de opacidad N, valor k no filtrado y filtrado en torno a  $Y_{\max 1,A}$ 

(= valor máximo, indicado en negrita)

Índice i [-]	Tiempo [s]	Opacidad N [%]	Valor k no filtrado [m <sup>-1</sup> ]	Valor k filtrado [m <sup>-1</sup> ]
~	~	~	~	~
259	1,726667	17,182000	0,438429	0,538856
260	1,733333	16,949000	0,431896	0,539423
261	1,740000	16,788000	0,427392	0,539936
262	1,746667	16,798000	0,427671	0,540396
263	1,753333	16,788000	0,427392	0,540805
264	1,760000	16,798000	0,427671	0,541163
265	1,766667	16,798000	0,427671	0,541473
266	1,773333	16,788000	0,427392	0,541735
267	1,780000	16,788000	0,427392	0,541951
268	1,786667	16,798000	0,427671	0,542123
269	1,793333	16,798000	0,427671	0,542251
270	1,800000	16,793000	0,427532	0,542337
271	1,806667	16,788000	0,427392	0,542383
272	1,813333	16,783000	0,427252	0,542389
273	1,820000	16,780000	0,427168	0,542357
274	1,826667	16,798000	0,427671	0,542288
275	1,833333	16,778000	0,427112	0,542183

Índice i [-]	Tiempo [s]	Opacidad N [%]	Valor k no filtrado [m <sup>-1</sup> ]	Valor k filtrado [m <sup>-1</sup> ]
276	1,840000	16,808000	0,427951	0,542043
277	1,846667	16,768000	0,426833	0,541870
278	1,853333	16,010000	0,405750	0,541662
279	1,860000	16,010000	0,405750	0,541418
280	1,866667	16,000000	0,405473	0,541136
281	1,873333	16,010000	0,405750	0,540819
282	1,880000	16,000000	0,405473	0,540466
283	1,886667	16,010000	0,405750	0,540080
284	1,893333	16,394000	0,416406	0,539663
285	1,900000	16,394000	0,416406	0,539216
286	1,906667	16,404000	0,416685	0,538744
287	1,913333	16,394000	0,416406	0,538245
288	1,920000	16,394000	0,416406	0,537722
289	1,926667	16,384000	0,416128	0,537175
290	1,933333	16,010000	0,405750	0,536604
291	1,940000	16,010000	0,405750	0,536009
292	1,946667	16,000000	0,405473	0,535389
293	1,953333	16,010000	0,405750	0,534745
294	1,960000	16,212000	0,411349	0,534079
295	1,966667	16,394000	0,416406	0,533394
296	1,973333	16,394000	0,416406	0,532691
297	1,980000	16,192000	0,410794	0,531971
298	1,986667	16,000000	0,405473	0,531233
299	1,993333	16,000000	0,405473	0,530477
300	2,000000	16,000000	0,405473	0,529704
~	~	~	~	~

### 3. ENSAYO ETC

#### 3.1. Emisiones gaseosas (motor diésel)

Se supondrán los resultados de ensayo siguientes para un sistema PDP-CVS:

V <sub>0</sub>	(m <sup>3</sup> /rev)	0,1776
N <sub>p</sub>	(rev)	23 073
p <sub>B</sub>	(kPa)	98,0
p <sub>1</sub>	(kPa)	2,3
T	(K)	322,5
H <sub>a</sub>	(g/kg)	12,8
NO <sub>x conce</sub>	(ppm)	53,7
NO <sub>x concd</sub>	(ppm)	0,4
CO <sub>conce</sub>	(ppm)	38,9

CO <sub>concd</sub>	(ppm)	1,0
HC <sub>conce</sub>	(ppm) sin separador	9,00
HC <sub>concd</sub>	(ppm) sin separador	3,02
HC <sub>conce</sub>	(ppm) con separador	1,20
HC <sub>concd</sub>	(ppm) con separador	0,65
CO <sub>2,conce</sub>	(%)	0,723
W <sub>act</sub>	(kWh)	62,72

Cálculo del caudal de gas de escape diluido (anexo 4, apéndice 2, punto 4.1):

$$M_{\text{TORW}} = 1,293 \times 0,1776 \times 23\,073 \times (98,0 - 2,3) \times 273 / (101,3 \times 322,5) \\ = 4\,237,2 \text{ kg}$$

Cálculo del factor de corrección de NO<sub>x</sub> (anexo 4, apéndice 2, punto 4.2):

$$K_{\text{H,D}} = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (12,8 - 10,71)} = 1,039$$

Cálculo de la concentración de NMHC por el método NMC (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1), considerando que la eficacia del metano es de 0,04 y la del etano es de 0,98:

$$\text{NMHC}_{\text{conce}} = \frac{9,0 \times (1 - 0,04) - 1,2}{0,98 - 0,04} = 7,91 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{concd}} = \frac{3,02 \times (1 - 0,04) - 0,65}{0,98 - 0,04} = 2,39 \text{ ppm}$$

Cálculo de las concentraciones con corrección de fondo (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1.1):

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (1,8 / 2) + (3,76 \cdot (1 + (1,8 / 4)))} = 13,6$$

$$\text{DF} = \frac{13,6}{0,723 + (9,00 + 38,9) \cdot 10^{-4}} = 18,69$$

$$\begin{aligned} \text{NO}_{\text{x conc}} &= 53,7 - 0,4 \cdot (1 - (1 / 18,69)) &= 53,3 \text{ ppm} \\ \text{CO}_{\text{conc}} &= 38,9 - 1,0 \cdot (1 - (1 / 18,69)) &= 37,9 \text{ ppm} \\ \text{HC}_{\text{conc}} &= 9,00 - 3,02 \cdot (1 - (1 / 18,69)) &= 6,14 \text{ ppm} \\ \text{NMHC}_{\text{conc}} &= 7,91 - 2,39 \cdot (1 - (1 / 18,69)) &= 5,65 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Cálculo de los caudales máscicos de las emisiones (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1):

$$\begin{aligned} \text{NO}_{\text{x mass}} &= 0,001587 \cdot 53,3 \cdot 1,039 \cdot 4\,237,2 &= 372,391 \text{ g} \\ \text{CO}_{\text{mass}} &= 0,000966 \cdot 37,9 \cdot 4\,237,2 &= 155,129 \text{ g} \\ \text{HC}_{\text{mass}} &= 0,000479 \cdot 6,14 \cdot 4\,237,2 &= 12,462 \text{ g} \\ \text{NMHC}_{\text{mass}} &= 0,000479 \cdot 5,65 \cdot 4\,237,2 &= 11,467 \text{ g} \end{aligned}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4, apéndice 2, punto 4.4):

$$\overline{\text{NO}}_x = 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{HC}} = 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 11,467 / 62,72 = 0,183 \text{ g/kWh}$$

### 3.2. Emisiones de partículas (motor diésel)

Se considerarán los resultados de ensayo siguientes de un sistema PDP-CVS con doble dilución:

$M_{\text{TOTW}}$ (kg)	4 237,2
$M_{\text{f,p}}$ (mg)	3,030
$M_{\text{f,b}}$ (mg)	0,044
$M_{\text{TOT}}$ (kg)	2,159
$M_{\text{SEC}}$ (kg)	0,909
$M_{\text{d}}$ (mg)	0,341
$M_{\text{DIL}}$ (kg)	1,245
DF	18,69
$W_{\text{act}}$ (kWh)	62,72

Cálculo de las emisiones másicas (anexo 4, apéndice 2, punto 5.1):

$$M_{\text{f}} = 3,030 + 0,044 = 3,074 \text{ mg}$$

$$M_{\text{SAM}} = 2,159 - 0,909 = 1,250 \text{ kg}$$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{3,074}{1,250} \times \frac{4\ 237,2}{1\ 000} = 10,42\text{g}$$

Cálculo de las emisiones másicas con corrección de fondo (anexo 4, apéndice 2, punto 5.1):

$$PT_{\text{mass}} = \left[ \frac{3,074}{1,250} - \left( \frac{0,341}{1,245} \times \left( 1 - \frac{1}{18,69} \right) \right) \right] \times \frac{4\ 237,2}{1\ 000} = 9,32 \text{ g}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4, apéndice 2, punto 5.2):

$$\overline{\text{NO}}_x = 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{HC}} = 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

### 3.3. Emisiones gaseosas (motor GNC)

Se supondrán los resultados de ensayo siguientes para un sistema PDP-CVS:

$M_{\text{TOTW}}$ (kg)	4 237,2
$H_{\text{a}}$ (g/kg)	12,8
$\text{NO}_x_{\text{conce}}$ (ppm)	17,2
$\text{NO}_x_{\text{concd}}$ (ppm)	0,4
$\text{CO}_{\text{conce}}$ (ppm)	44,3
$\text{CO}_{\text{concd}}$ (ppm)	1,0
$\text{HC}_{\text{conce}}$ (ppm) sin separador	27,0

HC <sub>concd</sub>	(ppm) sin separador	2,02
HC <sub>conce</sub>	(ppm) con separador	18,0
HC <sub>concd</sub>	(ppm) con separador	0,65
CH <sub>4</sub> conce	(ppm)	18,0
CH <sub>4</sub> concd	(ppm)	1,1
CO <sub>2</sub> conce	(%)	0,723
W <sub>act</sub>	(kWh)	62,72

Cálculo del factor de corrección de NO<sub>x</sub> (anexo 4, apéndice 2, punto 4.2):

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 \times (12,8 - 10,71)} = 1,074$$

Cálculo de la concentración de NMHC (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1):

a) método GC

$$NMHC_{conce} = 27,0 - 18,0 = 9,0 \text{ ppm}$$

b) método NMC

Se considerará una eficacia del metano de 0,04 y una eficacia del etano de 0,98 (véase el anexo 4, apéndice 5, punto 1.8.4)

$$NMHC_{conce} = \frac{27,0 \cdot (1 - 0,04) - 18,0}{0,98 - 0,04} = 8,4 \text{ ppm}$$

$$NMHC_{concd} = \frac{2,02 \cdot (1 - 0,04) - 0,65}{0,98 - 0,04} = 1,37 \text{ ppm}$$

Cálculo de las concentraciones con corrección de fondo (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1.1):

Se considerará un combustible 100 % metano de composición C<sub>1</sub>H<sub>4</sub>

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (4/2) + (3,76 \times (1 + (4/4)))} = 9,5$$

$$DF = \frac{9,5}{0,723 + (27,0 + 44,3) \cdot 10^{-4}} = 13,01$$

Para NMHC con el método GC, la concentración de fondo es la diferencia entre HC<sub>concd</sub> y CH<sub>4</sub> concd

$$\begin{aligned} NO_{x \text{ conc}} &= 17,2 - 0,4 \cdot (1 - (1 / 13,01)) = 16,8 \text{ ppm} \\ CO_{\text{conc}} &= 44,3 - 1,0 \cdot (1 - (1 / 13,01)) = 43,4 \text{ ppm} \\ NMHC_{\text{conc}} &= 8,4 - 1,37 \cdot (1 - (1 / 13,01)) = 7,13 \text{ ppm} \quad (\text{método NMC}) \\ NMHC_{\text{conc}} &= 9,0 - 0,92 \cdot (1 - (1 / 13,01)) = 8,15 \text{ ppm} \quad (\text{método GC}) \\ CH_{4 \text{ conc}} &= 18,0 - 1,1 \cdot (1 - (1 / 13,01)) = 17,0 \text{ ppm} \quad (\text{método GC}) \end{aligned}$$

Cálculo del caudal másico de las emisiones (anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1):

$$\begin{aligned} NO_{x \text{ mass}} &= 0,001587 \cdot 16,8 \cdot 1,074 \cdot 4 \ 237,2 = 121,330 \text{ g} \\ CO_{\text{mass}} &= 0,000966 \cdot 43,4 \cdot 4 \ 237,2 = 177,642 \text{ g} \\ NMHC_{\text{mass}} &= 0,000516 \cdot 7,13 \cdot 4 \ 237,2 = 15,589 \text{ g} \quad (\text{método NMC}) \\ NMHC_{\text{mass}} &= 0,000516 \cdot 8,15 \cdot 4 \ 237,2 = 17,819 \text{ g} \quad (\text{método GC}) \\ CH_{4 \text{ mass}} &= 0,000552 \cdot 17,0 \cdot 4 \ 237,2 = 39,762 \text{ g} \quad (\text{método GC}) \end{aligned}$$

Cálculo de las emisiones específicas (anexo 4, apéndice 2, punto 4.4):

$\overline{\text{NO}}_x$	= 121,330 / 62,72	= 1,93 g/kWh	
$\overline{\text{CO}}$	= 177,642 / 62,72	= 2,83 g/kWh	
$\overline{\text{NMHC}}$	= 15,589 / 62,72	= 0,249 g/kWh	(método NMC)
$\overline{\text{NMHC}}$	= 17,819 / 62,72	= 0,284 g/kWh	(método GC)
$\overline{\text{CH}}_4$	= 39,762 / 62,72	= 0,634 g/kWh	(método GC)

#### 4. FACTOR DE DESPLAZAMIENTO $\lambda$ ( $S_\lambda$ )

##### 4.1. Cálculo del factor de desplazamiento $\lambda$ ( $S_\lambda$ ) <sup>(1)</sup>

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inertes \%}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}}$$

donde:

$S_\lambda$  = factor de desplazamiento  $\lambda$ ;

inertes % = % en volumen de gases inertes en el combustible ( $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , He, etc.);

$\text{O}_2^*$  = % en volumen de oxígeno original en el combustible;

n y m = se refieren al promedio de  $\text{C}_n\text{H}_m$  que representan los hidrocarburos del combustible, es decir:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{\text{CH}_4 \%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{\text{C}_2 \%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{\text{C}_3 \%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{\text{C}_4 \%}{100}\right] + 5 \times \left[\frac{\text{C}_5 \%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluyentes \%}}{100}}$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{\text{CH}_4 \%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_4 \%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_6 \%}{100}\right] + 8 \times \left[\frac{\text{C}_3\text{H}_8 \%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluyentes \%}}{100}}$$

donde:

$\text{CH}_4$  = % en volumen de metano en el combustible,

$\text{C}_2$  = % en volumen de todos los hidrocarburos de  $\text{C}_2$  ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , etc.) en el combustible,

$\text{C}_3$  = % en volumen de todos los hidrocarburos de  $\text{C}_3$  ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ , etc.) en el combustible,

$\text{C}_4$  = % en volumen de todos los hidrocarburos de  $\text{C}_4$  ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$ , etc.) en el combustible,

$\text{C}_5$  = % en volumen de todos los hidrocarburos de  $\text{C}_5$  ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$ , etc.) en el combustible,

diluyentes = % en volumen de los gases de dilución en el combustible ( $\text{O}_2^*$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , He, etc.).

<sup>(1)</sup> Relaciones estequiométricas aire/combustible de combustibles de automoción: SAE J1829, junio de 1987.

John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988, capítulo 3.4. «Combustion stoichiometry» (páginas 68 a 72).

4.2. Ejemplos para el cálculo del factor de desplazamiento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ ):Ejemplo 1: G<sub>25</sub>: CH<sub>4</sub> = 86 %, N<sub>2</sub> = 14 % (en vol.)

$$n = \frac{1 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 2 \times \left[ \frac{\text{C}_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluyentes \%}}{100}} = \frac{1 \times 0,86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0,86}{0,86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 4 \times \left[ \frac{\text{C}_2\text{H}_4 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluyentes \%}}{100}} = \frac{4 \times 0,86}{0,86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inertes \%}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1,16$$

Ejemplo 2: GR: CH<sub>4</sub> = 87 %, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> = 13 % (en vol.)

$$n = \frac{1 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 2 \times \left[ \frac{\text{C}_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluyentes \%}}{100}} = \frac{1 \times 0,87 + 2 \times 0,13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1,13}{1} = 1,13$$

$$m = \frac{4 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 6 \times \left[ \frac{\text{C}_2\text{H}_6 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluyentes \%}}{100}} = \frac{4 \times 0,87 + 6 \times 0,13}{1} = 4,26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inertes \%}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1,13 + \frac{4,26}{4}\right)} = 0,911$$

Ejemplo 3: EE UU: CH<sub>4</sub> = 89 %, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> = 4,5 %, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> = 2,3 %, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> = 0,2 %, O<sub>2</sub> = 0,6 %, N<sub>2</sub> = 4 %

$$n = \frac{1 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 2 \times \left[ \frac{\text{C}_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluyentes \%}}{100}} = \frac{1 \times 0,89 + 2 \times 0,045 + 3 \times 0,023 + 4 \times 0,002}{1 - \frac{(0,64 + 4)}{100}} = 1,11$$

$$m = \frac{4 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 4 \times \left[ \frac{\text{C}_2\text{H}_4 \%}{100} \right] + 6 \times \left[ \frac{\text{C}_2\text{H}_6 \%}{100} \right] + \dots + 8 \times \left[ \frac{\text{C}_3\text{H}_8 \%}{100} \right]}{1 - \frac{\text{diluyentes \%}}{100}} =$$

$$= \frac{4 \times 0,89 + 4 \times 0,045 + 8 \times 0,023 + 14 \times 0,002}{1 - \frac{0,6 + 4}{100}} = 4,24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inertes \%}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1,11 + \frac{4,24}{4}\right) - \frac{0,6}{100}} = 0,96$$

## ANEXO 9

**REQUISITOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS RELATIVOS A LOS MOTORES DIÉSEL ALIMENTADOS CON ETANOL**

En el caso de los motores diésel alimentados con etanol, las siguientes modificaciones específicas de los párrafos, las ecuaciones y los factores correspondientes serán aplicables a los procedimientos de ensayo definidos en el anexo 4 del presente Reglamento.

*En el anexo 4, apéndice 1***4.2. Corrección base seca/base húmeda**

$$F_{FH} = \frac{1,877}{\left(1 + 2,577 \cdot \frac{G_{FUUEL}}{G_{AIRW}}\right)}$$

**4.3. Corrección de NO<sub>x</sub> en función de la humedad y la temperatura**

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A \cdot (H_a - 10,71) + B \cdot (T_a - 298)}$$

donde:

$$A = 0,181 \cdot G_{FUUEL} / G_{AIRD} - 0,0266$$

$$B = -0,123 \cdot G_{FUUEL} / G_{AIRD} + 0,00954$$

$$T_a = \text{temperatura del aire, en K}$$

$$H_a = \text{humedad del aire de admisión, g de agua por kg de aire seco}$$

**4.4. Cálculo de los caudales máxicos de las emisiones**

Si consideramos que el gas de escape tiene una densidad de 1 272 kg/m<sup>3</sup> a 273 K (0 °C) y 101,3 kPa, el caudal máxico de emisión (g/h) para cada fase se calculará de la manera siguiente:

$$1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = 0,001613 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{EXHW}$$

$$2) \text{ CO}_{\text{mass}} = 0,000982 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot G_{EXHW}$$

$$3) \text{ HC}_{\text{mass}} = 0,000809 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{EXHW}$$

donde NO<sub>x conc</sub>, CO<sub>conc</sub>, HC<sub>conc</sub> (l) son las concentraciones medias (ppm) en el gas de escape bruto, tal como se establece en el punto 4.1.

En caso de que se haya optado por determinar las emisiones gaseosas con un sistema de dilución de flujo total, se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{TOTW}$$

$$2) \text{ CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot G_{TOTW}$$

$$3) \text{ HC}_{\text{mass}} = 0,000795 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot G_{TOTW}$$

donde NO<sub>x conc</sub>, CO<sub>conc</sub>, HC<sub>conc</sub> (l) son las concentraciones medias con corrección de fondo (ppm) de cada fase en el gas de escape diluido, como se indica en el anexo 4, apéndice 2, punto 4.3.1.1.

*En el anexo 4, apéndice 2*

Los puntos 3.1, 3.4, 3.8.3 y 5 del apéndice 2 se aplican a los motores diésel, así como a los motores diésel alimentados con etanol.

(l) Calculadas como equivalente de C1.

- 4.2. Las condiciones de ensayo deben organizarse de tal manera que la temperatura del aire y la humedad medidas en la admisión del motor correspondan a condiciones estándar durante el periodo de ensayo. El valor normal deberá ser  $6 \pm 0,5$  g de agua por kg de aire seco a un intervalo de temperatura de  $298 \pm 3$  K. Dentro de estos límites no debe hacerse ninguna otra corrección de  $\text{NO}_x$ . El ensayo se considerará nulo si no se cumplen estas condiciones.

#### 4.3. Cálculo del caudal másico de las emisiones

##### 4.3.1. Sistemas con caudal másico constante

Para sistemas con intercambiador de calor, la masa de los contaminantes (g/ensayo) se determinará mediante las ecuaciones siguientes:

- (1)  $\text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{\text{H,D}} \cdot M_{\text{TOTW}}$  (motores alimentados con etanol)  
 (2)  $\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot M_{\text{TOTW}}$  (motores alimentados con etanol)  
 (3)  $\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000794 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot M_{\text{TOTW}}$  (motores alimentados con etanol)

donde:

$\text{NO}_{x \text{ conc}}$ ,  $\text{CO}_{\text{conc}}$ ,  $\text{HC}_{\text{conc}}$  <sup>(1)</sup>,  $\text{NMHC}_{\text{conc}}$  = concentraciones medias con corrección de fondo a lo largo del ciclo, obtenidas mediante integración (obligatoria para  $\text{NO}_x$  y HC) o medición con bolsas, en ppm.

$M_{\text{TOTW}}$  = masa total del gas de escape diluido a lo largo del ciclo, como se indica en el punto 4.1, en kg.

##### 4.3.1.1. Determinación de las concentraciones con corrección de fondo

La concentración media de fondo de los contaminantes gaseosos en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas para obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones de fondo pueden determinarse mediante el método de las bolsas de muestreo o mediante medición continua con integración. Se empleará la fórmula siguiente:

$$\text{conc} = \text{conc}_e - \text{conc}_d \times (1 - (1 / \text{DF}))$$

donde:

- $\text{conc}$  = concentración del contaminante respectivo en el gas de escape diluido, corregida por la cantidad del contaminante respectivo en el aire de dilución, en ppm  
 $\text{conc}_e$  = concentración del contaminante respectivo medida en el gas de escape diluido, en ppm  
 $\text{conc}_d$  = concentración del contaminante respectivo medida en el aire de dilución, en ppm  
 $\text{DF}$  = factor de dilución

El factor de dilución se calculará de la manera siguiente:

$$\text{DF} = \frac{F_s}{\text{CO}_{2,\text{conce}} + (\text{HC}_{\text{conce}} + \text{CO}_{\text{conce}}) \times 10^{-4}}$$

donde:

- $\text{CO}_{2,\text{conce}}$  = concentración de  $\text{CO}_2$  en el gas de escape diluido, en % en volumen  
 $\text{HC}_{\text{conce}}$  = concentración de HC en el gas de escape diluido, en ppm C1  
 $\text{CO}_{\text{conce}}$  = concentración del CO en el gas de escape diluido, en ppm  
 $F_s$  = factor estequiométrico

Las concentraciones medidas en base seca se convertirán a base húmeda de conformidad con el anexo 4, apéndice 1, punto 4.2.

(1) Calculadas como equivalente de C1.

El factor estequiométrico, para la composición del combustible general  $\text{CH}_a\text{O}_b\text{N}_Y$ , se calculará de la manera siguiente:

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{a}{2} + 3,76 \cdot \left(1 + \frac{a}{4} - \frac{\beta}{2}\right) + \frac{Y}{2}}$$

Si se desconoce la composición del combustible, podrán utilizarse los siguientes factores estequiométricos:

$F_s$  (etanol) = 12,3

#### 4.3.2. Sistemas con compensación del caudal

Para los sistemas sin intercambiador de calor, la masa de los contaminantes (g/ensayo) se determinará calculando las emisiones máxicas instantáneas e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Asimismo, la corrección de fondo se aplicará directamente al valor de la concentración instantánea. Se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$\begin{aligned} (1) \quad \text{NO}_{x \text{ mass}} &= \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{NO}_{x \text{ conce},i} \cdot 0,001587) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{NO}_{x \text{ concd}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,001587) \\ (2) \quad \text{CO}_{\text{mass}} &= \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{CO}_{\text{conce},i} \cdot 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{CO}_{\text{concd}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,000966) \\ (3) \quad \text{HC}_{\text{mass}} &= \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{HC}_{\text{conce},i} \cdot 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{HC}_{\text{concd}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,000479) \end{aligned}$$

donde:

$\text{conc}_e$  = concentración del contaminante respectivo medida en el gas de escape diluido, en ppm

$\text{conc}_d$  = concentración del contaminante respectivo medida en el aire de dilución, en ppm

$M_{\text{TOTW},i}$  = masa instantánea del gas de escape diluido (véase el apartado 4.1), en kg

$M_{\text{TOTW}}$  = masa total de gas de escape diluido a lo largo del ciclo (véase punto 4.1), en kg

DF = factor de dilución, tal como se determina en el punto 4.3.1.1

#### 4.4. Cálculo de las emisiones específicas

Deberán calcularse las emisiones (g/kWh) de todos los componentes individuales de la manera siguiente:

$$\overline{\text{NO}_x} = \text{NO}_{x \text{ mass}} / W_{\text{act}}$$

$$\overline{\text{CO}} = \text{CO}_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

$$\overline{\text{HC}} = \text{HC}_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

donde:

$W_{\text{act}}$  = ciclo de trabajo efectivo, tal como se establece en el punto 3.9.2, en kWh.