

I

(Actos cuya publicación es una condición para su aplicabilidad)

DIRECTIVA 97/68/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 16 de diciembre de 1997

relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre medidas contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de los motores de combustión interna que se instalen en las máquinas móviles no de carretera

EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea y, en particular, su artículo 100 A,

Vista la propuesta de la Comisión⁽¹⁾,

Visto el dictamen del Comité Económico y Social⁽²⁾,

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 189 B del Tratado⁽³⁾, a la vista del texto conjunto aprobado por el Comité de conciliación el 11 de noviembre de 1997,

(1) Considerando que el Programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible⁽⁴⁾ reconoce como principio fundamental que todas las personas deben estar protegidas eficazmente contra los riesgos reconocidos que la contaminación atmosférica tiene para la salud; que, para ello, se necesita, en particular, controlar las emisiones de dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas (PT)-humos negros y otros contaminantes como monóxido de carbono (CO); que, a fin de evitar la formación de ozono troposférico (O₃) y sus consiguientes repercusiones sobre la salud y el medio ambiente, deben reducirse las emisiones de precursores de ozono, óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos (HC); que, a fin de evitar los daños causados al medio ambiente por la

acidificación, será necesario reducir también, entre otras, las emisiones de NO_x y HC;

- (2) Considerando que la Comunidad firmó en abril de 1992 el Protocolo de la CEPE sobre reducción de los compuestos orgánicos volátiles (COV) y se adhirió al Protocolo sobre reducción de NO_x en diciembre de 1993, relacionados ambos con el Convenio de 1979 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, que fue aprobado en julio de 1982;
- (3) Considerando que el objetivo de reducir el nivel de las emisiones contaminantes producidas por los motores de las máquinas móviles no de carretera y el establecimiento y funcionamiento del mercado interior en lo que respecta a los motores y las máquinas no pueden ser alcanzados suficientemente por los Estados miembros actuando por separado y que, por lo tanto, pueden conseguirse mejor aproximando las legislaciones de los Estados miembros relacionadas con las medidas que deben adoptarse contra la contaminación atmosférica causada por los motores que se instalan en máquinas móviles no de carretera;
- (4) Considerando que recientes investigaciones llevadas a cabo por la Comisión muestran que las emisiones producidas por motores de máquinas móviles no de carretera representan una proporción considerable de las emisiones totales de algunos contaminantes atmosféricos nocivos producidas por el hombre; que la categoría de motores de encendido por compresión que se regulará en la presente Directiva produce una gran parte de la contaminación atmosférica con NO_x y PT, sobre todo si se compara con la producida en el sector del transporte por carretera;
- (5) Considerando que las emisiones producidas por máquinas móviles no de carretera utilizadas sobre el terreno que están equipadas con motores de encendido por compresión, especialmente las emisiones de NO_x y PT, son una de las causas principales de inquietud; que es necesario regular dichas emisiones de manera prioritaria; que, no obstante,

⁽¹⁾ DO C 328 de 7.12.1995, p. 1.

⁽²⁾ DO C 153 de 28.3.1996, p. 2.

⁽³⁾ Dictamen del Parlamento Europeo de 25 de octubre de 1995 (DO C 308 de 20.11.1995, p. 29), Posición común del Consejo de 20 de enero de 1997 (DO C 123 de 21.4.1997, p. 1) y Decisión del Parlamento Europeo de 13 de mayo de 1997 (DO C 167 de 2.7.1997, p. 22). Decisión del Parlamento Europeo de 16 de diciembre de 1997. Decisión del Consejo de 4 de diciembre de 1997.

⁽⁴⁾ Resolución del Consejo y de los representantes de los gobiernos de los Estados miembros, reunidos en el seno del Consejo, de 1 de febrero de 1993 (DO C 138 de 17.5.1993, p. 1).

también será adecuado ampliar más adelante el ámbito de la Directiva al control de las emisiones producidas por otros motores de máquinas móviles no de carretera, incluidos los equipos generadores portátiles, mediante los ciclos de ensayo oportunos y, en particular, los motores de gasolina; que puede lograrse una reducción considerable de las emisiones de CO y HC con la ampliación prevista del ámbito de aplicación de la presente Directiva a los motores de gasolina;

- (6) Considerando que debería introducirse lo antes posible una legislación para el control de las emisiones de los motores de los tractores agrícolas y forestales, equivalente al nivel que establece la presente Directiva, junto con normas y requisitos plenamente coherentes con la misma;
- (7) Considerando que, en cuanto a los procedimientos de certificación, el método de homologación que se ha adoptado como método europeo ha superado la prueba del tiempo con las homologaciones de vehículos de carretera y de sus componentes; que se ha introducido, como un elemento nuevo, la homologación de un prototipo en nombre de un grupo de motores (familia de motores) fabricado con componentes similares y aplicando principios similares de fabricación;
- (8) Considerando que los motores fabricados de conformidad con los requisitos de la presente Directiva deberán estar marcados como corresponda y ser notificados a los organismos de homologación como esté establecido; que, a fin de no complicar los trámites administrativos, no se establece ningún control directo de las fechas de fabricación de motores correspondientes a los requisitos más estrictos por parte del organismo competente; que, al disponer de esta libertad, los fabricantes deben facilitar la preparación de inspecciones al azar por parte del organismo competente así como, a intervalos regulares, la información oportuna sobre la planificación de la producción; que no es obligatorio ajustarse de manera absoluta al procedimiento de notificación, pero que un elevado grado de cumplimiento facilitaría la planificación de las evaluaciones por parte de los organismos de homologación y contribuiría a que hubiera una mayor confianza en las relaciones entre los fabricantes y los organismos de homologación;
- (9) Considerando que las homologaciones concedidas de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 88/77/CEE del Consejo⁽¹⁾ y en la serie 02 del Reglamento 49 de la CEPE que figura en el apéndice II del Anexo IV de la Directiva 92/53/CEE del

Consejo⁽²⁾ se consideran equivalentes a las concedidas con arreglo a la presente Directiva en su primera fase;

- (10) Considerando que debe permitirse la puesta en el mercado en los Estados miembros de los motores que cumplan los requisitos de la presente Directiva y entren dentro de su ámbito de aplicación; que dichos motores no deben cumplir ningún otro requisito nacional sobre emisiones; que el Estado miembro que conceda homologaciones deberá adoptar las medidas de control necesarias;
- (11) Considerando que, al establecer los nuevos procedimientos de ensayo y valores límite, es necesario tener en cuenta los usos específicos de estos tipos de motores;
- (12) Considerando que es apropiado introducir estas nuevas normas aplicando el principio de eficacia demostrada consistente en la realización de dos fases;
- (13) Considerando que parece más fácil conseguir una reducción considerable de emisiones en el caso de los motores potentes, ya que se puede utilizar la tecnología existente de los motores de los vehículos de carretera; que, por esa razón, se ha previsto aplicar de manera escalonada los requisitos, comenzando por la más elevada de las tres bandas de potencia pensadas para la fase I; que se ha escogido este mismo principio para la fase II, en la que se ha incluido una cuarta banda de potencia inexistente en la fase I;
- (14) Considerando que puede esperarse de la aplicación de la presente Directiva una considerable reducción de emisiones en este sector de las máquinas móviles no de carretera que se regula ahora y que, junto al de los tractores agrícolas, es el más importante respecto a las emisiones si se compara con el transporte por carretera; que, debido al rendimiento en general muy bueno de los motores diesel respecto a las emisiones de CO y HC, el margen de mejora de la cantidad total de emisiones es muy pequeño;
- (15) Considerando que, para el caso de que se den circunstancias técnicas o económicas excepcionales, se han incluido procedimientos que pueden eximir a los fabricantes de las obligaciones derivadas de la presente Directiva;
- (16) Considerando que, una vez que se conceda la homologación de un motor, los fabricantes deben adoptar las medidas necesarias para garantizar la «conformidad de la producción»; que, para el caso de que se observe una falta de conformidad, se han incluido disposiciones que establecen procedimien-

⁽¹⁾ Directiva 88/77/CEE del Consejo, de 3 de diciembre de 1987, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las medidas que deben adoptarse contra la emisión de gases contaminantes procedentes de motores diesel destinados a la propulsión de vehículos (DO L 36 de 9.2.1988, p. 33); Directiva cuya última modificación la constituye la Directiva 96/1/CE (DO L 40 de 17.2.1996, p. 1).

⁽²⁾ Directiva 92/53/CEE del Consejo, de 18 de junio de 1992, por la que se modifica la Directiva 70/156/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la homologación de los vehículos a motor y de sus remolques (DO L 225 de 10.8.1992, p. 1).

tos de información, medidas correctivas y un procedimiento de cooperación que puede ayudar a resolver las posibles diferencias de opinión existentes entre los Estados miembros respecto a la «conformidad» de los motores certificados;

- (17) Considerando que la presente Directiva no deberá afectar al derecho de los Estados miembros a establecer normas que garanticen la protección de los trabajadores que utilicen máquinas móviles no de carretera;
- (18) Considerando que las disposiciones técnicas de determinados Anexos de la presente Directiva deben completarse y, cuando proceda, adaptarse al progreso técnico con arreglo a un procedimiento de Comité;
- (19) Considerando que se deben establecer disposiciones cuyo objetivo sea garantizar que los ensayos de motores se ajustan a las prácticas correctas de laboratorio;
- (20) Considerando que es necesario fomentar el comercio mundial en este sector armonizando, en la mayor medida posible, las normas de emisiones de la Comunidad con las aplicadas o previstas en terceros países;
- (21) Considerando, por consiguiente, que es necesario prever la posibilidad de revisar la situación según la disponibilidad y la viabilidad económica de las nuevas tecnologías y teniendo en cuenta los avances logrados en la aplicación de la segunda fase,
- (22) Considerando que el 20 de diciembre de 1994⁽¹⁾ se concluyó un acuerdo acerca de un *modus vivendi* entre el Parlamento Europeo, el Consejo y la Comisión relativo a las medidas de ejecución de los actos adoptados según el procedimiento contemplado en el artículo 189 B del Tratado CE,

HAN ADOPTADO LA PRESENTE DIRECTIVA:

Artículo 1

Objetivos

La presente Directiva tiene por objetivo aproximar las legislaciones de los Estados miembros relativas a las normas de emisión y a los procedimientos de homologación de los motores que se instalen en máquinas móviles no de carretera. Contribuirá al buen funcionamiento del mercado interior, protegiendo simultáneamente la salud humana y el medio ambiente.

⁽¹⁾ DO C 102 de 4.4.1996, p. 1.

Artículo 2

Definiciones

A los efectos de la presente Directiva, se entenderá por:

- «máquina móvil no de carretera»: cualquier máquina móvil, equipo industrial portátil o vehículo con o sin carrocería, no destinado al transporte de pasajeros o mercancías por carretera, en el que esté instalado un motor de combustión interna tal como se especifica en la sección 1 del Anexo I de la presente Directiva;
- «homologación»: el procedimiento por el que un Estado miembro certifica que un tipo de motor de combustión interna o una familia de motores en lo que se refiere al nivel de emisión de gases y partículas contaminantes procedentes del motor o motores, cumple los requisitos técnicos correspondientes de la presente Directiva;
- «tipo de motor»: una categoría de motores que no difieren en las características esenciales especificadas en el apéndice 1 del Anexo II;
- «familia de motores»: un conjunto de motores definido por el fabricante, que cumplen los requisitos de la presente Directiva y respecto de los cuales, por su diseño, se espera que tengan características similares respecto a las emisiones;
- «prototipo»: un motor seleccionado de una familia de motores y que cumple los requisitos establecidos en las secciones 6 y 7 del Anexo I;
- «potencia del motor»: la potencia neta como se especifica en el punto 2.4 del Anexo I;
- «fecha de producción del motor»: la fecha en que el motor pasa el último ensayo, una vez que ha salido de la línea de producción. En esta fase, el motor está listo para ser entregado o almacenado;
- «comercialización»: la acción de poner a disposición en el mercado comunitario, mediante pago o gratuitamente, uno de los productos regulados en la Directiva, con vistas a su distribución o utilización en la Comunidad;
- «fabricante»: la persona física o jurídica responsable ante el organismo de homologación de todos los aspectos del proceso de homologación y de la garantía de conformidad de la producción. No es preciso que dicha persona intervenga directamente en todas las fases de fabricación del motor;
- «organismo de homologación»: la autoridad o autoridades competentes de un Estado miembro responsables de todos los aspectos de la homologación de un motor o una familia de motores y de la expedición y retirada de los certificados de homologación, que sirven de contacto con los organismos de homologación de los demás Estados miembros y están encargadas de comprobar las medidas adoptadas por el fabricante para garantizar la conformidad de la producción;

- «servicio técnico»: la organización u organismo, u organizaciones u organismos, acreditados como laboratorio de ensayo para llevar a cabo ensayos o inspecciones en nombre del organismo de homologación de un Estado miembro. Esta función la podrá desempeñar también el propio organismo de homologación;
- «ficha de características»: la ficha que figura en el Anexo II en la que se establecen los datos que debe facilitar el solicitante de la homologación;
- «expediente del fabricante»: el conjunto de datos, dibujos, fotografías, etc., suministrados por el solicitante al servicio técnico o al organismo de homologación de acuerdo con lo indicado en la ficha de características;
- «expediente de homologación»: el expediente del fabricante más los informes sobre los ensayos u otros documentos que el servicio técnico o el organismo de homologación hayan añadido al expediente del fabricante durante el desempeño de sus funciones;
- «índice del expediente de homologación»: la relación del contenido del expediente de homologación, cuyas páginas deberán estar convenientemente numeradas o marcadas para permitir una fácil localización.

Artículo 3

Solicitud de homologación

1. La solicitud de homologación de un motor o una familia de motores será presentada por el fabricante al organismo de homologación de un Estado miembro. La solicitud irá acompañada del expediente del fabricante, cuyo contenido se indica en la ficha de características del Anexo II. Deberá presentarse a los servicios técnicos encargados de realizar los ensayos de homologación un motor que se ajuste a las características del tipo de motor que se describen en el apéndice 1 del Anexo II.
2. Cuando se trate de una solicitud de homologación de una familia de motores, en caso de que el organismo de homologación considere, teniendo en cuenta el prototipo seleccionado, que la solicitud presentada no representa plenamente a la familia de motores descrita en el apéndice 2 del Anexo II, se facilitará para la homologación conforme a lo dispuesto en el apartado 1 otro motor y, si es necesario, un prototipo adicional seleccionado por el organismo de homologación.
3. Las solicitudes de homologación de un tipo de motor o una familia de motores no podrán presentarse en más de un Estado miembro. Deberá presentarse una solicitud separada por cada tipo de motor o familia de motores que se desee homologar.

Artículo 4

Procedimiento de homologación

1. El Estado miembro que reciba la solicitud concederá la homologación a todos los tipos o familias de motores

que se ajusten a la información facilitada en el expediente del fabricante y cumplan los requisitos de la presente Directiva.

2. El Estado miembro cumplimentará todas las secciones pertinentes del certificado de homologación, cuyo modelo figura en el Anexo VI, por cada tipo de motor o familia de motores que homologue y confeccionará o comprobará el contenido del índice del expediente de homologación. Los certificados de homologación se numerarán según el método indicado en el Anexo VII. El certificado de homologación cumplimentado y sus anexos se entregarán al solicitante.

3. En caso de que el motor que se homologue desempeñe su función o tenga características específicas sólo en conjunción con otras partes de una máquina móvil no de carretera y, por tanto, sólo pueda comprobarse el cumplimiento de uno o más requisitos cuando el motor que se homologue funcione en conjunción con otras partes de dicha máquina, ya sea de forma real o simulada, el alcance de la homologación del motor o motores se limitará en consecuencia. En ese caso, el certificado de homologación de un tipo o familia de motores incluirá todas las restricciones de uso e indicará las condiciones de instalación.

4. El organismo de homologación de cada uno de los Estados miembros:

- a) enviará cada mes a los organismos de homologación de los demás Estados miembros una lista (con la información indicada en el Anexo VIII) de las homologaciones de motores o familias de motores que haya concedido, denegado o retirado durante el mes de que se trate;
- b) cuando reciba una solicitud del organismo de homologación de otro Estado miembro, enviará inmediatamente:
 - una copia del certificado de homologación del motor o familia de motores acompañado o no del expediente de homologación de cada tipo de motor o familia de motores que haya homologado, denegado o retirado, y/o
 - la lista de motores fabricados de conformidad con las homologaciones concedidas, como se indica en el apartado 3 del artículo 6, con la información indicada en el Anexo IX, y/o
 - una copia de la declaración a que hace referencia el apartado 4 del artículo 6.

5. El organismo de homologación de cada Estado miembro enviará a la Comisión, anualmente o cuando reciba una solicitud en tal sentido, una copia de la hoja de datos que figura en el Anexo X relativa a los motores homologados desde la última notificación.

Artículo 5

Modificación de homologaciones

1. El Estado miembro que haya concedido la homologación deberá adoptar las medidas necesarias para garan-

tizar que se le informa de cualquier cambio de los datos facilitados en el expediente de homologación.

2. La solicitud de modificación o ampliación de una homologación se presentará únicamente al organismo de homologación del Estado miembro que haya concedido la homologación inicial.

3. En caso de que cambien los datos facilitados en el expediente de homologación, el organismo de homologación del Estado miembro correspondiente:

- expedirá las páginas modificadas del expediente de homologación, marcando cada una de ellas de manera que se indique claramente el tipo de cambio y la fecha de la nueva expedición. Cada vez que se reelaboren páginas, deberá modificarse también el índice del expediente de homologación (adjunto al certificado de homologación) de manera que consten las últimas fechas de modificación; y
- expedirá un certificado de homologación modificado (indicado por un número adicional) en caso de que haya cambiado alguno de los datos contenidos en el mismo (excluidos los anexos) o hayan cambiado los requisitos de la presente Directiva después de la fecha que figure en la homologación. El certificado modificado señalará claramente la razón de la modificación y la fecha de la nueva expedición.

Si el organismo de homologación del Estado miembro correspondiente considera que una modificación de un expediente de homologación justifica la realización de nuevos ensayos o comprobaciones, informará de ello al fabricante y no expedirá los documentos mencionados anteriormente hasta que se hayan efectuado los nuevos ensayos o comprobaciones con resultados satisfactorios.

Artículo 6

Conformidad

1. El fabricante deberá colocar en cada unidad fabricada de conformidad con el tipo homologado las marcas indicadas en la sección 3 del Anexo I, incluido el número de homologación.

2. En caso de que, de acuerdo con el apartado 3 del artículo 4, el certificado de homologación incluya restricciones de uso, el fabricante deberá facilitar con cada unidad fabricada información detallada sobre las restricciones e indicar las condiciones de instalación. Si se entrega una serie de tipos de motor a un único fabricante de máquinas, es suficiente que se le facilite una única ficha de características (a más tardar en la fecha de entrega del primer motor) en que figuren los números de identificación de los motores correspondientes.

3. El fabricante enviará al organismo de homologación que haya concedido la homologación, previa petición del

mismo en un plazo de cuarenta y cinco días desde el final de cada año natural, y sin dilación después de cada fecha de aplicación cuando los requisitos de la presente Directiva cambien, e inmediatamente después de cada fecha adicional que dicho organismo pueda disponer, una lista con la serie de números de identificación de cada tipo de motor fabricado según los requisitos de la presente Directiva desde la última fecha de notificación o desde que dichos requisitos sean aplicables. Si no quedan aclaradas con el sistema de codificación de los motores, la lista deberá especificar las correlaciones existentes entre los números de identificación y los tipos o familias de motores correspondientes y los números de homologación. Además, en la lista deberá figurar información específica al respecto, en caso de que el fabricante deje de producir un tipo o familia de motores homologados. En caso de que no sea preciso que la lista se envíe regularmente al organismo de homologación, el fabricante deberá conservar la información durante un período mínimo de veinte años.

4. El fabricante enviará al organismo de homologación que haya concedido la homologación, en un plazo de cuarenta y cinco días después del final de cada año natural y en cada fecha de aplicación a que se refiere el artículo 9, una declaración en la que se especifiquen los tipos y familias de motores, junto con los códigos correspondientes de identificación de los motores que tenga la intención de fabricar a partir de dicha fecha.

Artículo 7

Aceptación de homologaciones equivalentes

1. A propuesta de la Comisión, el Parlamento Europeo y el Consejo podrán reconocer la equivalencia de las condiciones y disposiciones de homologación de motores establecidas en la presente Directiva con los procedimientos establecidos en reglamentaciones internacionales o normativas de terceros países, en el marco de acuerdos multilaterales o bilaterales entre la Comunidad y terceros países.

2. Las homologaciones con arreglo a la Directiva 88/77/CEE que cumplan con las fases A o B, previstas en el artículo 2 y en el punto 6.2.1 del Anexo I de la Directiva 91/542/CEE del Consejo⁽¹⁾, y, en su caso, las marcas de homologación correspondientes se aceptarán en la fase I prevista en el apartado 2 del artículo 9 de la presente Directiva. Esta validez expirará en la fecha de aplicación obligatoria de la fase II prevista en el apartado 3 del artículo 9 de la presente Directiva.

Artículo 8

Matriculación y comercialización

1. Los Estados miembros no podrán denegar la matriculación, cuando proceda, o la comercialización de nue-

⁽¹⁾ DO L 295 de 25.10.1991, p. 1.

vos motores, estén o no instalados ya en máquinas, que cumplan con los requisitos de la presente Directiva.

2. Los Estados miembros sólo autorizarán la matriculación, cuando proceda, o la comercialización de nuevos motores, estén o no instalados ya en máquinas, que cumplan con lo dispuesto en la presente Directiva.

3. El organismo de homologación del Estado miembro que conceda una homologación adoptará las medidas necesarias de matriculación y control, si es necesario en cooperación con los organismos de homologación de los demás Estados miembros, de los números de identificación de los motores correspondientes fabricados de conformidad con los requisitos de la presente Directiva.

4. Podrá realizarse un control suplementario de los números de identificación que podrá añadirse a las medidas de control de conformidad de la producción a que hace referencia el artículo 11.

5. En lo que se refiere al control de los números de identificación, el fabricante o los representantes del mismo establecidos en la Comunidad facilitarán, previa petición y sin dilación, al organismo de homologación responsable toda la información necesaria sobre sus compradores directos, así como los números de identificación de los motores que se hayan notificado como fabricados de conformidad con el apartado 3 del artículo 6. Si los motores se venden a un fabricante de máquinas, no será necesario facilitar más información.

6. Si, previa solicitud del organismo de homologación, el fabricante no está en condiciones de cumplir los requisitos indicados en el artículo 6, sobre todo considerados conjuntamente con los del apartado 5 del presente artículo, la homologación concedida al tipo o familia de motores en virtud de la presente Directiva podrá ser retirada. Si se produce la retirada, se llevará a cabo el procedimiento de información según lo dispuesto en el apartado 4 del artículo 12.

Artículo 9

Calendario

1. CONCESIÓN DE HOMOLOGACIONES

Después del 30 de junio de 1998, los Estados miembros no podrán denegar la homologación a un tipo de motor o familia de motores ni negarse a expedir el documento a que se refiere el Anexo VI y no podrán imponer ningún otro tipo de requisitos de homologación en materia de contaminación atmosférica a las máquinas móviles no de carretera en las que esté instalado un motor, cuando éste cumpla los requisitos especificados en la presente Directiva en relación con la emisión de gases y partículas contaminantes.

2. HOMOLOGACIONES DE LA FASE I (CATEGORÍAS DE MOTORES A, B Y C)

Los Estados miembros denegarán la homologación CE para un tipo de motor o familia de motor, y la expedición del documento a que se refiere el Anexo VI y cualquier otra homologación para la maquinaria móvil no de carretera en la que esté instalado un motor:

después del 30 de junio de 1998 en el caso de los motores con la potencia siguiente:

- A: $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$,
- B: $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$,
- C: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$,

si los motores no cumplen los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de gases y partículas contaminantes del motor no se ajusten a los valores límite indicados en el cuadro del punto 4.2.1 del Anexo I.

3. HOMOLOGACIONES DE LA FASE II (CATEGORÍAS DE MOTORES D, E, F Y G)

Los Estados miembros denegarán la homologación CE para un tipo de motor o familia de motores, y la expedición del documento a que se refiere el Anexo VI y cualquier otra homologación para la maquinaria móvil no de carretera en la que esté instalado un motor:

- D: después del 31 de diciembre de 1999 en el caso de los motores con la potencia siguiente: $18 \text{ kW} \leq P < 37 \text{ kW}$,
- E: después del 31 de diciembre de 2000 en el caso de los motores con la potencia siguiente: $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$,
- F: después del 31 de diciembre de 2001 en el caso de los motores con la potencia siguiente: $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$,
- G: después del 31 de diciembre de 2002 en el caso de los motores con la potencia siguiente: $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$,

si los motores no cumplen los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de gases y partículas contaminantes del motor no se ajusten a los valores límite indicados en el cuadro del punto 4.2.3 del Anexo I.

4. REGISTRO Y COMERCIALIZACIÓN; FECHAS PARA LA FABRICACIÓN DE MOTORES

Después de las fechas citadas a continuación, salvo en el caso de la maquinaria y de los motores destinados a la exportación a terceros países, los Estados miembros sólo autorizarán el registro, cuando proceda, y la comercialización de nuevos motores, estén o no instalados en máquinas, si cumplen los requisitos de la presente Directiva y si el motor que se homologue se ajusta a una de las categorías indicadas en los apartados 2 y 3.

Fase I

- categoría A: 31 de diciembre de 1998
- categoría B: 31 de diciembre de 1998
- categoría C: 31 de marzo de 1999

Fase II

- categoría D: 31 de diciembre de 2000
- categoría E: 31 de diciembre de 2001
- categoría F: 31 de diciembre de 2002
- categoría G: 31 de diciembre de 2003

No obstante, los Estados miembros podrán aplazar, para cada categoría de vehículos, la aplicación del requisito arriba citado durante un período de dos años en lo que se refiere a los motores cuya fecha de producción sea anterior a las fechas mencionadas en el presente apartado.

Los permisos concedidos para los motores de la fase I expirarán en la fecha de aplicación obligatoria de la fase II.

*Artículo 10***Exenciones y procedimientos alternativos**

1. Los requisitos de los apartados 1 y 2 del artículo 8 y del apartado 4 del artículo 9 no se aplicarán a:

- los motores para el uso de las fuerzas armadas,
- los motores exentos con arreglo al apartado 2 siguiente.

2. A petición del fabricante, los Estados miembros podrán eximir del cumplimiento de las fechas límite de comercialización indicadas en el apartado 4 del artículo 9 a los motores de fin de serie que estén en existencia o a las máquinas móviles no de carretera que estén en existencia respecto a sus motores, con las siguientes condiciones:

- el fabricante deberá presentar una solicitud a los órganos de homologación del Estado miembro que hayan homologado los tipos o familias de motores correspondientes antes de la entrada en vigor de la fecha o fechas límite;
- la solicitud del fabricante deberá incluir una lista, que se ajuste a la definición dada en el apartado 3 del artículo 6, de los nuevos motores que no se hayan comercializado antes de la fecha o fechas límite; cuando se trate de motores incluidos por primera vez en la presente Directiva, deberá presentar la solicitud a la autoridad de homologación del Estado miembro en que se encuentren almacenados los motores;
- en la solicitud deberán señalarse las razones técnicas o económicas de la misma;
- los motores deberán corresponder a un tipo o familia cuya homologación ya no sea válida o que anteriormente no necesitaba homologación, pero que se hayan fabricado antes de la fecha o fechas límite;
- los motores deberán haber estado almacenados físicamente en el territorio de la Comunidad antes de la fecha o fechas límite;

- el número máximo de nuevos motores de uno o más tipos comercializados en un Estado miembro gracias a la aplicación de la presente exención no superará el 10% de los nuevos motores correspondientes de todos los tipos comercializados en dicho Estado miembro durante el año anterior;
- si la solicitud es aceptada por el Estado miembro correspondiente, éste enviará a los órganos de homologación de los demás Estados miembros en el plazo de un mes información sobre las exenciones concedidas al fabricante y señalará las razones de la concesión de las exenciones;
- el Estado miembro que conceda las exenciones a que se refiere el presente artículo será responsable de garantizar que el fabricante cumpla todas las obligaciones correspondientes;
- el órgano de homologación entregará por cada motor en esta situación un certificado de conformidad en el que se haya colocado una mención especial. En su caso, podrá utilizarse un documento recapitulativo que contenga todos los números de identificación de motores en esta situación;
- los Estados miembros enviarán anualmente a la Comisión una lista de las exenciones concedidas, señalando las razones de la concesión.

Esta posibilidad quedará limitada a un período de doce meses desde la fecha en la que se aplique a los motores por primera vez la fecha límite de comercialización.

*Artículo 11***Medidas de garantía de la conformidad de la producción**

1. Antes de conceder una homologación, el Estado miembro que la conceda adoptará las medidas necesarias para comprobar, respecto a las especificaciones establecidas en la sección 5 del Anexo I y, si es necesario, en cooperación con los organismos de homologación de los demás Estados miembros, que se han adoptado las medidas adecuadas para garantizar un control eficaz de la conformidad de la producción.

2. El Estado miembro que haya concedido una homologación adoptará las medidas necesarias para comprobar, respecto a las especificaciones establecidas en la sección 5 del Anexo I y, si es necesario, en cooperación con los organismos de homologación de los demás Estados miembros, que las medidas a que se refiere el apartado 1 siguen siendo adecuadas y que cada motor de la producción que lleve un número de homologación CE que se ajuste a la presente Directiva siga correspondiendo a la descripción del tipo o familia de motor homologado dada en el certificado de homologación y en sus anexos.

*Artículo 12***No conformidad con el tipo o familia homologado**

1. No habrá conformidad con el tipo o familia homologado en caso de que se observen diferencias respecto a

la información incluida en el certificado de homologación o en el expediente de homologación y que dichas diferencias no hayan sido autorizadas, según lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 5, por el Estado miembro que haya concedido la homologación.

2. En caso de que un Estado miembro que haya concedido una homologación considere que los motores con un certificado de conformidad o una marca de homologación no corresponden al tipo o familia homologados, adoptará las medidas necesarias para garantizar que los motores que se estén fabricando se ajusten de nuevo al tipo o familia homologados. Los organismos de homologación de dicho Estado miembro notificarán a los de los demás Estados miembros las medidas adoptadas, que, llegado el caso, podrán dar lugar a la retirada de la homologación.

3. En caso de que un Estado miembro demuestre que determinados motores que lleven un número de homologación CE no corresponden al tipo o familia homologados, podrá solicitar al Estado miembro que haya concedido la homologación que compruebe que los motores de ese tipo que se estén fabricando corresponden al tipo o familia homologados. Esa comprobación deberá realizarse en un plazo de seis meses desde la fecha de la solicitud.

4. Los organismos de homologación de los Estados miembros se informarán mutuamente en el plazo de un mes de todas las retiradas de homologaciones y de las razones de dichas retiradas.

5. Cuando un Estado miembro que haya concedido una homologación cuestione la no conformidad que se le haya notificado, los Estados miembros implicados procurarán resolver el conflicto. La Comisión será informada al respecto y, en caso necesario, realizará las consultas oportunas para llegar a un acuerdo.

Artículo 13

Requisitos en materia de protección de los trabajadores

Lo dispuesto en la presente Directiva no interferirá en el derecho de los Estados miembros de establecer, con pleno respeto del Tratado, aquellos requisitos que juzguen necesarios para que los trabajadores que utilicen la maquinaria a que se refiere la presente Directiva cuenten con la protección necesaria, siempre que ello no afecte a la comercialización de los motores en cuestión.

Artículo 14

Adaptación al progreso técnico

Cualquier modificación que sea necesaria para adaptar los Anexos de la presente Directiva, excepto en lo que se refiere a los requisitos especificados en la sección 1, en

los puntos 2.1 a 2.8 y en la sección 4 del Anexo I, a fin de tener en cuenta el progreso técnico será adoptada por la Comisión, asistida por el Comité establecido de acuerdo con el artículo 13 de la Directiva 92/53/CEE y de acuerdo con los procedimientos descritos en el artículo 15 de la presente Directiva.

Artículo 15

Procedimiento de Comité

1. El Representante de la Comisión presentará al Comité un proyecto de las medidas que deban tomarse. El Comité emitirá su dictamen sobre dicho proyecto en un plazo que el presidente podrá determinar en función de la urgencia de la cuestión de que se trate. El dictamen se emitirá según la mayoría prevista en el apartado 2 del artículo 148 del Tratado para adoptar aquellas decisiones que el Consejo deba tomar a propuesta de la Comisión. Con motivo de la votación en el Comité, los votos de los representantes de los Estados miembros se ponderarán de la manera definida en el artículo anteriormente citado. El presidente no tomará parte en la votación.

2. a) La Comisión adoptará medidas que serán inmediatamente aplicables.

b) No obstante, cuando no sean conformes al dictamen emitido por el Comité, la Comisión comunicará inmediatamente dichas medidas al Consejo. En este caso:

— la Comisión aplazará la aplicación de las medidas que haya decidido por un período que no podrá sobrepasar los tres meses a partir de la fecha de la comunicación,

— el Consejo, por mayoría cualificada, podrá tomar una decisión diferente dentro del plazo previsto en el primer guión.

Artículo 16

Organismos de homologación y servicios técnicos

Los Estados miembros notificarán a la Comisión y a los demás Estados miembros los nombres y direcciones de los organismos de homologación y servicios técnicos responsables a los fines de la presente Directiva. Los servicios notificados deberán cumplir los requisitos establecidos en el artículo 14 de la Directiva 92/53/CEE.

Artículo 17

Transposición al Derecho nacional

1. Los Estados miembros pondrán en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo dispuesto en la presente Directiva a más tardar el 30 de junio de 1998. Informarán de ello inmediatamente a la Comisión.

Cuando los Estados miembros adopten dichas disposiciones, éstas harán referencia a la presente Directiva o irán

acompañadas de dicha referencia en su publicación oficial. Los Estados miembros establecerán las modalidades de la mencionada referencia.

2. Los Estados miembros comunicarán a la Comisión el texto de las disposiciones básicas de Derecho interno que adopten en el ámbito regulado por la presente Directiva.

Artículo 18

Entrada en vigor

La presente Directiva entrará en vigor el vigésimo día siguiente al de su publicación en el *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*.

Artículo 19

Nueva reducción de los valores límites de emisión

El Parlamento Europeo y el Consejo se pronunciarán antes de que finalice el año 2000 sobre una propuesta,

que presentará la Comisión antes de que finalice 1999, sobre una nueva reducción de los valores límites de emisión, teniendo en cuenta la disponibilidad global de técnicas de control de las emisiones contaminantes de los motores de encendido por compresión y la situación de la calidad del aire.

Artículo 20

Destinatarios

Los destinatarios de la presente Directiva serán los Estados miembros.

Hecho en Bruselas, el 16 de diciembre de 1997.

Por el Parlamento Europeo

El Presidente

J. M. GIL-ROBLES

Por el Consejo

El Presidente

J. LAHURE

ANEXO I

**ÁMBITO DE APLICACIÓN, DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS, MARCAS,
ESPECIFICACIONES Y ENSAYOS DE LOS MOTORES, ESPECIFICACIÓN DE LAS EVALUACIONES
DE CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN, PARÁMETROS PARA LA DEFINICIÓN DE LA
FAMILIA DE MOTORES, ELECCIÓN DEL PROTOTIPO**

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Directiva se aplicará a los motores que se instalen en máquinas móviles no de carretera.

La presente Directiva no se aplicará a los motores para propulsión de:

- los vehículos a los que se refieren la Directiva 70/156/CEE del Consejo⁽¹⁾ y la Directiva 92/61/CEE del Consejo⁽²⁾,
- los tractores agrícolas a los que se refiere la Directiva 74/150/CEE del Consejo⁽³⁾.

Además, para estar regulados por la presente Directiva, los motores deberán estar instalados en maquinaria que cumpla los requisitos específicos que se indican seguidamente:

- A. Maquinaria destinada y apta para desplazarse o ser desplazada sobre el suelo, con o sin carretera, y equipada con un motor de encendido por compresión con una potencia neta instalada, de conformidad con el punto 2.4, superior a 18 kW pero no mayor de 560 kW⁽⁴⁾, y utilizada a velocidad intermitente en lugar de a velocidad constante única

Entre la maquinaria cuyos motores se ajustan a esta definición se incluye, aunque sin carácter restrictivo, la siguiente:

- sondas de perforación industriales, compresores, etc.,
- maquinaria de construcción, como cargadoras sobre neumáticos, bulldozers, tractores oruga, cargadoras sobre orugas, cargadoras tipo camión, camiones todoterreno, excavadoras hidráulicas, etc.,
- maquinaria agrícola y cultivadores rotativos,
- maquinaria forestal,
- vehículos agrícolas autopropulsados (excepto los tractores anteriormente definidos),
- maquinaria de manipulación de materiales,
- carretillas elevadoras,
- maquinaria de mantenimiento de carreteras (motoniveladoras, compactadoras, asfaltadoras),
- máquinas quitanieves,
- equipos auxiliares de tierra en los aeropuertos,
- plataformas de trabajo aéreas,
- grúas móviles.

Esta Directiva no es aplicable a:

- B. Barcos
- C. Locomotoras de ferrocarril
- D. Aeronaves
- E. Equipos generadores.

⁽¹⁾ DO L 42 de 23.2.1970, p. 1; Directiva cuya última modificación la constituye la Directiva 93/81/CEE (DO L 264 de 23.10.1993, p. 49).

⁽²⁾ DO L 225 de 10.8.1992, p. 72.

⁽³⁾ DO L 84 de 28.3.1974, p. 10; Directiva cuya última modificación la constituye la Directiva 88/297/CEE (DO L 126 de 20.5.1988, p. 52).

⁽⁴⁾ La homologación concedida de conformidad con el Reglamento 49 de la Comisión Económica para Europa, Serie de enmiendas 02, Corrigenda 1/2, se considerará equivalente a la homologación concedida de conformidad con la Directiva 88/77/CEE (véase la sección II del Anexo IV de la Directiva 92/53/CEE).

2. DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

A los efectos de la presente Directiva, se entenderá por:

- 2.1. «motor de encendido por compresión»: un motor que funcione según el principio de «encendido por compresión» (por ejemplo, un motor diesel);
- 2.2. «gases contaminantes»: el monóxido de carbono, los hidrocarburos (supuesta una relación de $C_1:H_{1,85}$) y los óxidos de nitrógeno, estos últimos expresados en equivalencia de dióxido de nitrógeno (NO_2);
- 2.3. «partículas contaminantes»: cualquier material recogido en un medio filtrante especificado después de diluir los gases de escape del motor de encendido por compresión con aire limpio filtrado de manera que la temperatura no exceda de 325 K (52 °C);
- 2.4. «potencia neta»: la potencia en «kW CEE» obtenida en el banco de ensayos, en el extremo del cigüeñal, o su equivalente, medida de conformidad con el método CEE para medición de la potencia de los motores de combustión interna para vehículos de carretera tal como se señala en la Directiva 80/1269/CEE del Consejo⁽¹⁾, pero excluyendo la potencia del ventilador de refrigeración del motor⁽²⁾ y respetando las condiciones de ensayo y el combustible de referencia prescritos en la presente Directiva;
- 2.5. «velocidad de giro nominal»: la velocidad de giro máxima a plena carga permitida por el regulador de acuerdo con lo especificado por el fabricante;
- 2.6. «porcentaje de carga»: la fracción del par máximo disponible a una determinada velocidad de giro del motor;
- 2.7. «velocidad de giro de par máximo»: la velocidad de giro del motor a la que se obtiene el par máximo de acuerdo con lo especificado por el fabricante;
- 2.8. «velocidad de giro intermedia»: la velocidad de giro del motor que cumple uno de los requisitos siguientes:
- para los motores destinados a funcionar dentro de un determinado intervalo de velocidades de giro, en una curva de par a plena carga, la velocidad de giro intermedia será la velocidad de par máximo declarada si ésta se encuentra entre el 60 % y el 75 % de la velocidad de giro nominal;
 - si la velocidad de par máximo declarada es inferior al 60 % de la velocidad de giro nominal, la velocidad de giro intermedia será el 60 % de la velocidad de giro nominal;
 - si la velocidad de par máximo declarada es superior al 75 % de la velocidad de giro nominal, la velocidad de giro intermedia será el 75 % de la velocidad de giro nominal.

2.9. Símbolos y abreviaturas

2.9.1. Símbolos para los parámetros de prueba

Símbolo	Unidad	Término
A_p	m^2	Área de la sección transversal de la sonda de toma isocinética
A_T	m^2	Área de la sección transversal del tubo de escape
aver	m^3/h kg/h	Valores medios ponderados de: gasto volumétrico gasto másico
C_1	—	Hidrocarburo expresado en equivalencia carbono 1
conc	ppm vol %	Concentración (con el sufijo del componente de designación)
conc _c	ppm vol %	Concentración de fondo corregida
conc _d	ppm vol %	Concentración del aire de dilución

⁽¹⁾ DO L 375 de 31.12.1980, p. 46; Directiva cuya última modificación la constituye la Directiva 89/491/CEE (DO L 238 de 15.8.1989, p. 43).

⁽²⁾ Esto significa que, contrariamente a los requisitos del punto 5.1.1.1 del Anexo I de la Directiva 80/1269/CEE, el ventilador de refrigeración del motor no debe estar montado durante el ensayo de comprobación de la potencia neta del motor; si, por el contrario, el fabricante lleva a cabo el ensayo con el ventilador montado en el motor, la potencia absorbida por el ventilador mismo deberá sumarse a la potencia así medida.

DF	—	Factor de dilución
f_a	—	Factor atmosférico del laboratorio
F_{FH}	—	Factor específico del combustible utilizado para los cálculos de las concentraciones húmedas a partir de la relación de hidrógeno a carbono en las concentraciones secas
G_{AIRW}	kg/h	Gasto másico de aire de admisión en húmedo
G_{AIRD}	kg/h	Gasto másico de aire de admisión en seco
G_{DILW}	kg/h	Gasto másico de aire de dilución en húmedo
G_{EDFW}	kg/h	Gasto másico de gases de escape diluidos equivalentes en húmedo
G_{EXHW}	kg/h	Gasto másico de gases de escape en húmedo
G_{FUEL}	kg/h	Gasto másico de combustible
G_{TOTW}	kg/h	Gasto másico de gases de escape diluidos en húmedo
H_{REF}	g/kg	Valor de referencia de humedad absoluta 10,71 g/kg para el cálculo de los factores de corrección de humedad del NO_x y las partículas
H_a	g/kg	Humedad absoluta del aire de admisión
H_d	g/kg	Humedad absoluta del aire de dilución
i	—	Subíndice que denota un modo individual
K_H	—	Factor de corrección de humedad para NO_x
K_p	—	Factor de corrección de humedad para partículas
$K_{w,a}$	—	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 los gases de escape diluidos
$K_{w,r}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para los gases de escape en bruto
L	%	Porcentaje de par referido al par máximo para la velocidad de prueba
mass	g/h	Subíndice que denota el gasto másico de emisiones
M_{DIL}	kg	Masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de toma de muestras de partículas
M_{SAM}	kg	Masa de la muestra de gases de escape diluidos pasada por los filtros de toma de muestras 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
p_a	kPa	Presión de vapor de saturación del aire de admisión del motor (ISO 3046: P_{sy} = ambiente de prueba PSY)
P_B	kPa	Presión barométrica total (ISO 3046: P_x = presión total ambiente <i>in situ</i> PX; P_y = presión total ambiente de la prueba PY)
P_d	kPa	Presión de vapor de saturación del aire diluido
P_s	kPa	Presión atmosférica seca
P	kW	Potencia al freno no corregida
P_{AE}	kW	Potencia total declarada absorbida por los equipos auxiliares montados para la prueba que no se requieren según el punto 2.4 del presente Anexo

P_M	kW	Potencia máxima debida a la velocidad de prueba en las condiciones de la prueba (véase el apéndice 1 del Anexo VI)
P_m	kW	Potencia medida a los diferentes modos de prueba
q	—	Relación de dilución
r	—	Relación de áreas de sección transversal de la sonda isocinética y del tubo de escape
R_a	%	Humedad relativa del aire de emisión
R_d	%	Humedad relativa del aire de dilución
R_f	—	Factor de respuesta FID
S	kW	Ajuste del dinamómetro
T_a	K	Temperatura absoluta del aire de admisión
T_D	K	Temperatura de rocío absoluta
T_{ref}	K	Temperatura de referencia (del aire de combustión: 298 K)
V_{AIRD}	m ³ /h	Gasto volumétrico de aire de admisión en seco
V_{AIRW}	m ³ /h	Gasto volumétrico de aire de admisión en húmedo
V_{DIL}	m ³	Volumen de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de toma de muestra de partículas
V_{DILW}	m ³ /h	Gasto volumétrico de aire de dilución en húmedo
V_{EDFW}	m ³ /h	Gasto volumétrico equivalente de gases de escape diluidos en húmedo
V_{EXHD}	m ³ /h	Gasto volumétrico de gases de escape en seco
V_{EXHW}	m ³ /h	Gasto volumétrico de gases de escape en húmedo
V_{SAM}	m ³	Volumen de muestra que pasa por los filtros de toma de muestras de partículas
V_{TOTW}	m ³ /h	Gasto volumétrico de gases de escape en húmedo
WF	—	Factor de ponderación
WF _E	—	Factor de ponderación efectivo

2.9.2. Símbolos de componentes químicos

CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
HC	Hidrocarburos
NO _x	Óxidos de nitrógeno
NO	Óxido nítrico
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
O ₂	Oxígeno
C ₂ H ₆	Etano
PT	Partículas
DOP	Diociltalato
CH ₄	Metano
C ₃ H ₈	Propano
H ₂ O	Agua
PTFE	Politetrafluoroetileno

2.9.3. Abreviaturas

FID	Detector de ionización de llama
HFID	Detector de ionización de llama caldeado
NDIR	Analizador de infrarrojos no dispersivo

CLD	Detector quimioluminiscente
HCLD	Detector quimioluminiscente caldeado
PDP	Bomba volumétrica
CFV	Venturi de flujo crítico

3. MARCAS DEL MOTOR

- 3.1. El motor homologado como unidad técnica deberá llevar las marcas siguientes:
- 3.1.1. la marca o el nombre registrados del fabricante del motor;
- 3.1.2. el tipo de motor, familia de motores (si procede) y un número de identificación exclusivo del motor;
- 3.1.3. el número de homologación CE tal como se describe en el Anexo VII.
- 3.2. Estas marcas deberán durar toda la vida útil del motor y ser claramente legibles e indelebles. Si se utilizan etiquetas o placas, deberán fijarse de manera que, además de durar la fijación toda la vida útil del motor, no puedan retirarse sin destruirlas o desfigurarlas.
- 3.3. La marca deberá colocarse en una pieza del motor necesaria para su normal funcionamiento y que normalmente no haya que sustituir durante la vida útil del motor.
- 3.3.1. Dichas marcas deberán estar situadas de manera que sean fácilmente visibles para una persona corriente una vez terminado de montar el motor con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento.
- 3.3.2. Todos los motores deberán estar provistos de una placa complementaria móvil hecha de un material duradero, en la que deberán constar todos los datos mencionados en el punto 3.1, la cual se colocará, cuando sea necesario, para que las marcas mencionadas en el punto 3.1 sean visibles para una persona corriente y fácilmente accesibles con el motor montado en una máquina.
- 3.4. La codificación de los motores en el contexto de los números de identificación deberá ser tal que permita la determinación inequívoca de la secuencia de producción.
- 3.5. Los motores deberán ir provistos de todas las marcas antes de abandonar la cadena de producción.
- 3.6. La localización exacta de las marcas del motor se declarará en la sección I del Anexo VI.

4. ESPECIFICACIONES Y PRUEBAS

4.1. Generalidades

Los componentes que puedan afectar a la emisión de gases y partículas contaminantes deberán estar diseñados, contruidos y montados de manera que permitan al motor, en utilización normal y a pesar de las vibraciones a que pueda estar sometido, cumplir las disposiciones de esta Directiva.

El fabricante deberá adoptar medidas técnicas que garanticen la limitación efectiva de las mencionadas emisiones, de acuerdo con esta Directiva, durante la vida útil normal de motor y en condiciones normales de utilización. Estas disposiciones se considerarán cumplidas si se cumplen las de los puntos 4.2.1, 4.2.3 y 5.3.2.1 respectivamente.

Si se utiliza un convertidor catalítico o una trampa de partículas, el fabricante deberá demostrar mediante pruebas de duración, que él mismo podrá realizar por los métodos técnicos adecuados, y mediante los correspondientes registros, que cabe esperar el correcto funcionamiento de estos dispositivos de postratamiento durante toda la vida útil del motor. Los registros deberán realizarse de conformidad con los requisitos del punto 5.2 y en particular con los del punto 5.2.3. Se otorgará al cliente la correspondiente garantía. Es admisible la sustitución sistemática del dispositivo tras un determinado período de funcionamiento del motor. Cualquier ajuste, reparación, desmontaje, limpieza o sustitución de componentes o sistemas del motor que se realice

periódicamente para prevenir el mal funcionamiento del motor en relación con el dispositivo postratamiento sólo se llevará a cabo en la medida en que sea tecnológicamente necesario para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de control de emisiones. De acuerdo con lo anterior, los requisitos de mantenimiento programado se incluirán tanto en el manual del cliente, como en las cláusulas de la garantía antes mencionada y se aprobarán antes de la homologación. En la ficha de características descrita en el Anexo II de la presente Directiva se incluirá el correspondiente extracto del manual con respecto al mantenimiento y sustituciones del dispositivo o dispositivos de tratamiento y a las condiciones de la garantía.

4.2. Especificaciones relativas a las emisiones contaminantes

Los gases y partículas emitidos por el motor presentado para su verificación se medirán por los métodos descritos en el Anexo V.

Se aceptarán otros sistemas o analizadores si proporcionan resultados equivalentes a los de los siguientes sistemas de referencia:

- para las emisiones gaseosas medidas en el escape bruto, el sistema representado en la figura 2 del Anexo V;
- para las emisiones gaseosas medidas en el escape diluido de un sistema de dilución de flujo total, el sistema representado en la figura 3 del Anexo V;
- para las emisiones de partículas, el sistema de dilución de flujo total, operando con un filtro separado en cada modo o por el método del filtro único, representado en la figura 13 del Anexo V.

La determinación de la equivalencia de sistemas se basará en un ciclo de siete pruebas (como mínimo) para un estudio de correlación entre el sistema considerado y uno o varios de los sistemas de referencia anteriores.

El criterio de equivalencia se define como una coincidencia de $\pm 5\%$ entre los promedios de los valores ponderados de las emisiones del ciclo. Se utilizará el ciclo señalado en el punto 3.6.1 del Anexo III.

Para la introducción de un nuevo sistema en la Directiva, la determinación de la equivalencia se basará en el cálculo de la repetibilidad y la reproducibilidad, tal como se definen en la norma ISO 5725.

4.2.1. Las emisiones de monóxido de carbono, de hidrocarburos, de óxidos de nitrógeno y de partículas obtenidas, no deberán sobrepasar, en la fase I, el valor indicado en el cuadro siguiente:

Potencia neta (P) (kW)	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Hidrocarburos (HC) (g/kWh)	Óxidos de nitrógeno (NO _x) (g/kWh)	Partículas (PT) (g/kWh)
130 ≤ P ≤ 560	5,0	1,3	9,2	0,54
75 ≤ P < 130	5,0	1,3	9,2	0,70
37 ≤ P < 75	6,5	1,3	9,2	0,85

4.2.2. Los límites de emisión señalados en el punto 4.2.1 son los límites a la salida del motor y deberán conseguirse antes de cualquier dispositivo de postratamiento del escape.

4.2.3. Las emisiones de monóxido de carbono, de hidrocarburos, de óxidos de nitrógeno y de partículas obtenidas no deberán sobrepasar, en la fase II, el valor indicado en el cuadro siguiente:

Potencia neta (P) (kW)	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Hidrocarburos (HC) (g/kWh)	Óxidos de nitrógeno (NO _x) (g/kWh)	Partículas (PT) (g/kWh)
130 ≤ P ≤ 560	3,5	1,0	6,0	0,2
75 ≤ P < 130	5,0	1,0	6,0	0,3
37 ≤ P < 75	5,0	1,3	7,0	0,4
18 ≤ P < 37	5,5	1,5	8,0	0,8

4.2.4. Cuando una familia de motores abarque más de una banda de potencia, tal como se define en la sección 6 conjuntamente con el apéndice 2 del Anexo II, los valores de emisión del motor base (homologación) y de todos los tipos de motor comprendidos en la misma familia (COP) deberán cumplir los requisitos, más exigentes, de la banda de potencia superior. El solicitante podrá optar libremente por restringir la definición de las familias de motores a bandas de potencia individuales y presentar en consecuencia la solicitud de certificación.

4.3. Montaje en las máquinas móviles

El montaje del motor en las máquinas móviles deberá cumplir las restricciones señaladas en el ámbito de aplicación de la homologación. Asimismo deberán cumplirse siempre las siguientes características en lo que respecta a la homologación del motor:

4.3.1. La depresión de admisión no deberá sobrepasar el valor prescrito para el motor homologado en los apéndices 1 o 3, respectivamente, del Anexo II.

4.3.2. La contrapresión de escape no deberá sobrepasar el valor prescrito para el motor homologado en los apéndices 1 o 3, respectivamente, del Anexo II.

5. ESPECIFICACIÓN DE LAS EVALUACIONES DE CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN

5.1. En lo que se refiere a la comprobación de la existencia de disposiciones y procedimientos satisfactorios para garantizar el control eficaz de la conformidad de la producción antes de conceder la homologación, las autoridades competentes para la concesión de la homologación deberán aceptar también el registro del fabricante de conformidad con la norma armonizada EN 29002 (cuyo ámbito de aplicación abarca los motores contemplados) o una norma equivalente que acredite el cumplimiento de los requisitos. El fabricante deberá facilitar datos del registro y comprometerse a informar a las autoridades competentes para la concesión de la homologación de cualquier revisión de su validez o ámbito de aplicación. Con el fin de verificar que se mantiene el cumplimiento de los requisitos del punto 4.2, se llevarán a cabo controles adecuados de la producción.

5.2. El titular de la homologación estará obligado, en particular, a lo siguiente:

5.2.1. garantizar la existencia de los procedimientos necesarios para el control eficaz de la calidad del producto;

5.2.2. tener acceso al equipo de control necesario para comprobar la conformidad de cada tipo homologado;

5.2.3. asegurarse de que se registren los resultados de las pruebas y de que los documentos anexos permanezcan disponibles durante un período que se determinará de acuerdo con las autoridades competentes para la concesión de la homologación;

5.2.4. analizar los resultados de cada tipo de prueba para verificar y garantizar la estabilidad de las características de los motores, dejando el margen necesario para las variaciones que se produzcan en el proceso de producción industrial;

5.2.5. asegurarse de que cualquier toma de muestras de motores o componentes en la que se evidencie falta de conformidad con el tipo de prueba considerado dé lugar a otra toma de muestra y otra prueba. Se deberán adoptar todas las medidas necesarias para restablecer la conformidad de la producción correspondiente.

5.3. Las autoridades competentes que hayan concedido la homologación podrán verificar en cualquier momento los métodos de control de la conformidad aplicables a cada unidad de producción.

5.3.1. En todas las inspecciones se presentarán al inspector visitante los libros de pruebas y el registro de supervisión de la producción.

5.3.2. Cuando el nivel de calidad parezca insatisfactorio o se considere necesario verificar la validez de los datos presentados en aplicación del punto 4.2, se adoptará el procedimiento siguiente:

5.3.2.1. se tomará un motor de la serie y se le someterá a la prueba descrita en el Anexo III. Las emisiones de monóxido de carbono, las emisiones de hidrocarburos, las emisiones de óxidos de nitrógeno y las emisiones de partículas obtenidas no deberán sobrepasar, respectivamente, las cantidades indicadas en el cuadro del punto 4.2.1, con sujeción a los requisitos del punto 4.2.2, o las indicadas en el cuadro del punto 4.2.3.

5.3.2.2. Si el motor tomado de la serie no satisface los requisitos del punto 5.3.2.1, el fabricante podrá solicitar que se realicen mediciones en una muestra de motores de la misma especificación tomada de la serie y que incluya el motor tomado inicialmente. El fabricante determinará el tamaño n de la muestra, de acuerdo con el servicio técnico. Los motores que no sean el tomado inicialmente se

someterán a una prueba. A continuación se determinará para cada contaminante la media aritmética (\bar{x}) de los resultados obtenidos con la muestra. La producción de la serie se considerará conforme si se cumple la condición siguiente:

$$\bar{x} + k \cdot S_t \leq L^{(1)}$$

siendo:

L = valor límite prescrito en el punto 4.2.1/4.2.3 para cada contaminante considerado;

k = factor estadístico dependiente de n, dado en el cuadro siguiente:

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	0,973	0,613	0,489	0,421	0,376	0,342	0,317	0,296	0,279
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k	0,265	0,253	0,242	0,233	0,224	0,216	0,210	0,203	0,198

$$\text{si } n \geq 20, \quad k = \frac{0,860}{\sqrt{n}}$$

5.3.3. Las autoridades competentes para la concesión de la homologación o el servicio técnico encargado de controlar la conformidad de la producción efectuarán, de acuerdo con las prescripciones del fabricante, pruebas en los motores que hayan realizado el rodaje parcial o completamente.

5.3.4. La frecuencia normal de las inspecciones autorizadas por las autoridades competentes será de una al año. Si no se cumplen las prescripciones del punto 5.3.2, las autoridades competentes se asegurarán de que se adopten todas las medidas necesarias para restablecer la conformidad de la producción lo antes posible.

6. PARÁMETROS PARA LA DEFINICIÓN DE LA FAMILIA DE MOTORES

La familia de motores puede definirse mediante parámetros de diseño básicos que deberán ser comunes a los motores de la familia. En algunos casos podrá existir interacción de parámetros. Estos efectos también deberán tenerse en cuenta para garantizar que sólo se incluyan en una familia de motores de características análogas en cuanto a emisiones de escape.

Para que se considere que los motores pertenecen a la misma familia, deberán tener en común la siguiente lista de parámetros básicos:

6.1. Ciclo de combustión:

- 2 tiempos,
- 4 tiempos.

6.2. Medio refrigerante:

- aire,
- agua,
- aceite.

6.3. Cilindrada:

- los motores deberán estar dentro de un intervalo total del 15 %,
- número de cilindros en motores con dispositivo de postratamiento.

6.4. Método de aspiración del aire:

- aspiración natural,
- sobrealimentación.

⁽¹⁾ $S_t^2 = \sum \frac{(x - \bar{x})^2}{n - 1}$, siendo x cualquiera de los resultados obtenidos con la muestra n.

- 6.5. Tipo/diseño de la cámara de combustión:
- precámara,
 - cámara de turbulencia,
 - cámara abierta.
- 6.6. Configuración, tamaño y número de válvulas y lumbreras:
- culata,
 - pared del cilindro,
 - cárter del cigüeñal.
- 6.7. Sistema de alimentación de combustible:
- bomba-tubo-inyector,
 - bomba en línea,
 - bomba distribuidora,
 - elemento único,
 - inyector unitario.
- 6.8. Características diversas:
- recirculación de gases de escape,
 - inyección o emulsión de agua,
 - inyección de aire,
 - sistema de refrigeración del aire de admisión.
- 6.9. Postratamiento del escape:
- catalizador de oxidación,
 - catalizador de reducción,
 - reactor térmico,
 - trampa de partículas.

7. ELECCIÓN DEL PROTOTIPO

- 7.1. El prototipo de la familia se seleccionará utilizando los criterios primarios de máxima cantidad de combustible alimentado por carrera a la velocidad de par máximo declarada. En el caso de que dos o más motores compartan estos criterios primarios, el prototipo se seleccionará utilizando los criterios secundarios de máxima cantidad de combustible alimentado por carrera a la velocidad de giro nominal. En determinadas circunstancias, las autoridades competentes para la concesión de la homologación podrán decidir que la mejor manera de caracterizar la tasa de emisión más desfavorable de la familia sea probando un segundo motor. Por lo tanto, las autoridades podrán seleccionar un motor adicional para probarlo sobre la base de características que indiquen que puede tener los niveles de emisión más elevados de los motores de esa familia.
- 7.2. Si los motores de la familia poseen otras características variables que puedan afectar a las emisiones de escape, dichas características también deberán determinarse y tomarse en consideración al seleccionar el prototipo.
-

ANEXO II

FICHA DE CARACTERÍSTICAS Nº ...

en materia de homologación y referente a las medidas contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de los motores de combustión interna que se instalen en las máquinas móviles no de carretera

(Directiva 97/68/CE, cuya última modificación la constituye la Directiva .../CE)

Prototipo/tipo de motor⁽¹⁾:

0. Datos generales

0.1. Marca (nombre de la empresa):

0.2. Tipo y denominación comercial del prototipo de motor y (si procede) del motor o de los motores de la familia⁽¹⁾:

0.3. Código de tipo del fabricante indicado en las marcas del motor o motores⁽¹⁾:

0.4. Especificación de la maquinaria que será propulsada por el motor⁽²⁾:

0.5. Nombre y dirección del fabricante:

Nombre y dirección del representante autorizado del fabricante (si lo hubiere):

0.6. Localización, código y método de colocación del número de identificación del motor:

0.7. Localización y método de colocación de la marca de homologación CE:

0.8. Dirección o direcciones de la planta o plantas de montaje:

Anexos

1.1. Características esenciales del prototipo (véase el apéndice 1)

1.2. Características esenciales de la familia de motores (véase el apéndice 2)

1.3. Características esenciales de los tipos de motores de la familia (véase el apéndice 3)

2. Características de los componentes de las máquinas móviles relacionados con el motor (si procede)

3. Fotografías del prototipo

4. Relaciónense otros anexos (si procede)

Fecha, fichero

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.

⁽²⁾ Tal como se define en el punto 1 del Anexo I, (por ejemplo: A).

Apéndice 1

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DEL MOTOR O PROTOTIPO⁽¹⁾

1. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR
 - 1.1. Fabricante:.....
 - 1.2. Código de motor del fabricante:.....
 - 1.3. Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos⁽²⁾
 - 1.4. Diámetro: mm
 - 1.5. Carrera: mm
 - 1.6. Número y disposición de los cilindros:.....
 - 1.7. Cilindrada del motor:..... cm³
 - 1.8. Velocidad de giro nominal:.....
 - 1.9. Velocidad de giro correspondiente al par máximo:.....
 - 1.10. Relación volumétrica de compresión⁽³⁾:.....
 - 1.11. Descripción del sistema de combustión:.....
 - 1.12. Dibujo o dibujos de la cámara de combustión y de la corona del pistón:.....
 - 1.13. Área mínima de la sección transversal de las aberturas de admisión y escape:.....
 - 1.14. Sistema de refrigeración
 - 1.14.1. Líquido
 - 1.14.1.1. Naturaleza del líquido:.....
 - 1.14.1.2. Bomba o bombas de circulación: sí/no⁽²⁾
 - 1.14.1.3. Características o marcas y tipos (si procede):.....
 - 1.14.1.4. Relación o relaciones de transmisión del accionamiento (si procede):.....
 - 1.14.2. Aire
 - 1.14.2.1. Ventilador: sí/no⁽²⁾
 - 1.14.2.2. Características o marcas y tipos (si procede):.....
 - 1.14.2.3. Relación o relaciones de transmisión del accionamiento (si procede):.....
 - 1.15. Temperatura permitida por el fabricante
 - 1.15.1. Refrigeración líquida: temperatura máxima a la salida: °K
 - 1.15.2. Refrigeración por aire: punto de referencia:.....
Temperatura máxima en el punto de referencia: °K
 - 1.15.3. Máxima temperatura de salida del aire de sobrealimentación en el intercooler de admisión (si procede): °K
 - 1.15.4. Máxima temperatura del escape en el punto del tubo o tubos de escape contiguo a la brida o bridas exteriores del colector o colectores de escape: °K
 - 1.15.5. Temperatura del lubricante: mínima:..... °K
máxima: °K

⁽¹⁾ En el caso de varios motores base deberán presentarse para cada uno de ellos.

⁽²⁾ Táchese lo que no proceda.

⁽³⁾ Indíquese la tolerancia.

- 1.16. Sobrealimentador: *sí/no*⁽¹⁾
- 1.16.1. Marca:
- 1.16.2. Tipo:
- 1.16.3. Descripción del sistema (por ejemplo, máxima presión de sobrealimentación, salida de gases sobrantes del turbocompresor, si procede):
- 1.16.4. Intercooler: *sí/no*⁽¹⁾
- 1.17. Sistema de admisión: máxima depresión admisible a la velocidad de giro nominal del motor y al 100 % de carga: kPa
- 1.18. Sistema de escape: máxima contrapresión de escape admisible a la velocidad de giro nominal del motor y al 100 % de carga: kPa
2. DISPOSITIVOS ADICIONALES DE ANTICONTAMINACIÓN (si existen y no están comprendidos en otra rúbrica) — Descripción y/o esquemas:
3. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE
- 3.1. **Bomba de alimentación**
- Presión⁽²⁾ o diagrama característico: kPa
- 3.2. **Sistema de inyección**
- 3.2.1. *Bomba*
- 3.2.1.1. Marca(s):
- 3.2.1.2. Tipo(s):
- 3.2.1.3. Caudal: ... y ... mm³⁽²⁾ por embolada o ciclo en máxima inyección y a una velocidad de giro de la bomba de ... rpm (nominal) y ... rpm (par máximo) respectivamente, o diagrama característico.
- Indíquese el método utilizado: instalada en el motor/en el banco de pruebas⁽¹⁾
- 3.2.1.4. Avance a la inyección
- 3.2.1.4.1. Curva de avance a la inyección⁽²⁾:
- 3.2.1.4.2. Calaje⁽²⁾:
- 3.2.2. *Tuberías de inyección*
- 3.2.2.1. Longitud: mm
- 3.2.2.2. Diámetro interior: mm
- 3.2.3. *Inyector(es)*
- 3.2.3.1. Marca(s):
- 3.2.3.2. Tipo(s):
- 3.2.3.3. Presión de apertura⁽²⁾ o diagrama característico: kPa
- 3.2.4. *Regulador de velocidad*
- 3.2.4.1. Marca(s):
- 3.2.4.2. Tipo(s):
- 3.2.4.3. Velocidad de comienzo de corte a plena carga⁽²⁾: rpm
- 3.2.4.4. Velocidad máxima en vacío⁽²⁾: rpm
- 3.2.4.5. Velocidad de ralentí⁽²⁾: rpm
- 3.3. **Sistema de arranque en frío**
- 3.3.1. Marca(s):
- 3.3.2. Tipo(s):
- 3.3.3. Descripción:

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.

⁽²⁾ Indíquese la tolerancia.

4. DISTRIBUCIÓN

4.1. Levantamientos máximos de las válvulas y ángulos de apertura y de cierre referidos a los puntos muertos o datos equivalentes:.....

4.2. Juegos de referencia y/o de reglaje⁽¹⁾

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.

Apéndice 2

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LA FAMILIA DE MOTORES

1. PARÁMETROS EN COMÚN⁽¹⁾:
 - 1.1. Ciclo de combustión:
 - 1.2. Medio refrigerante:
 - 1.3. Método de aspiración del aire:
 - 1.4. Tipo/diseño de la cámara de combustión:
 - 1.5. Configuración, tamaño y número de las válvulas y lumbreras:
 - 1.6. Sistema de alimentación de combustible:
 - 1.7. Sistemas de gestión del motor
 - Prueba de identidad según número(s) de dibujo:
 - sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación:
 - recirculación de gases de escape⁽²⁾:
 - inyección/emulsión de agua⁽²⁾:
 - inyección de aire⁽²⁾:
 - 1.8. Postratamiento del sistema de escape⁽²⁾:
 Demostración de idéntica capacidad (o mínima, si se trata del prototipo) por cantidad de combustible suministrada por carrera según número(s) de esquema:
2. RELACIÓN DE LA FAMILIA DE MOTORES
 - 2.1. Denominación de la familia de motores:
 - 2.2. Características de los motores de esta familia:

					Prototipo ⁽¹⁾
Tipo de motor					
Número de cilindros					
Velocidad de giro nominal (rpm)					
Cantidad de combustible suministrada por carrera (mm ³)					
Potencia neta nominal (kW)					
Velocidad de giro correspondiente al par máximo (rpm)					
Cantidad de combustible suministrada por carrera (mm ³)					
Par máximo (Nm)					
Velocidad de ralentí (rpm)					
Cilindrada (en % del prototipo)					100

⁽¹⁾ Para más detalles véase el apéndice 1.

⁽¹⁾ Cumpliméntese conjuntamente con las especificaciones indicadas en los puntos 6 y 7 del Anexo I.
⁽²⁾ Si no es aplicable, indíquese «n.a.».

Apéndice 3

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LOS TIPOS DE MOTOR DE LA FAMILIA⁽¹⁾

1. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR
 - 1.1. Fabricante:
 - 1.2. Código de motor del fabricante:.....
 - 1.3. Ciclo: cuatro tiempos/dos tiempos⁽²⁾
 - 1.4. Diámetro: mm
 - 1.5. Carrera:..... mm
 - 1.6. Número y disposición de los cilindros:.....
 - 1.7. Cilindrada del motor:..... cm³
 - 1.8. Velocidad de giro nominal:.....
 - 1.9. Velocidad de giro correspondiente al par máximo:.....
 - 1.10. Relación volumétrica de compresión⁽³⁾:.....
 - 1.11. Descripción del sistema de combustión:.....
 - 1.12. Dibujo o dibujos de la cámara de combustión y de la corona del pistón:
 - 1.13. Área mínima de la sección transversal de las aberturas de admisión y escape:.....
 - 1.14. Sistema de refrigeración
 - 1.14.1. Líquido
 - 1.14.1.1. Naturaleza del líquido:.....
 - 1.14.1.2. Bomba o bombas de circulación: *sí/no*⁽²⁾
 - 1.14.1.3. Características o marcas y tipos (si procede):
 - 1.14.1.4. Relación o relaciones de transmisión del accionamiento (si procede):.....
 - 1.14.2. Aire
 - 1.14.2.1. Ventilador: *sí/no*⁽²⁾
 - 1.14.2.2. Características o marcas y tipos (si procede):
 - 1.14.2.3. Relación o relaciones de transmisión del accionamiento (si procede):.....
 - 1.15. Temperatura permitida por el fabricante
 - 1.15.1. Refrigeración líquida: temperatura máxima a la salida: °K
 - 1.15.2. Refrigeración por aire: punto de referencia:.....
Temperatura máxima en el punto de referencia: °K
 - 1.15.3. Máxima temperatura de salida del aire de sobrealimentación en el intercooler de admisión (si procede): °K
 - 1.15.4. Máxima temperatura del escape en el punto del tubo o tubos de escape contiguo a la brida o bridas exteriores del colector o colectores de escape: °K

⁽¹⁾ Deberán presentarse para cada motor de la familia.⁽²⁾ Táchese lo que no proceda.⁽³⁾ Indíquese la tolerancia.

- 1.15.5. Temperatura del lubricante: mínima: °K
 máxima: °K
- 1.16. Sobrealimentador: *sí/no*⁽¹⁾
- 1.16.1. Marca:
- 1.16.2. Tipo:
- 1.16.3. Descripción del sistema (por ejemplo, máxima presión de sobrealimentación, salida de gases sobrantes del turbocompresor, si procede):
- 1.16.4. Intercooler: *sí/no*⁽¹⁾
- 1.17. Sistema de admisión: máxima depresión admisible a la velocidad de giro nominal del motor y al 100 % de carga: kPa
- 1.18. Sistema de escape: máxima contrapresión de escape admisible a la velocidad de giro nominal del motor y al 100 % de carga: kPa
2. DISPOSITIVOS ADICIONALES DE ANTICONTAMINACIÓN (si existen y no están comprendidos en otra rúbrica)
- Descripción y/o esquemas:
3. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE
- 3.1. **Bomba de alimentación**
- Presión⁽²⁾ o diagrama característico: kPa
- 3.2. **Sistema de inyección**
- 3.2.1. *Bomba*
- 3.2.1.1. Marca(s):
- 3.2.1.2. Tipo(s):
- 3.2.1.3. Caudal: ... y ... mm³ (2) por embolada o ciclo en máxima inyección y a una velocidad de giro de la bomba de ... rpm (nominal) y ... rpm (par máximo) respectivamente, o diagrama característico.
- Indíquese el método utilizado: instalada en el motor/en el banco de pruebas⁽¹⁾
- 3.2.1.4. Avance a la inyección
- 3.2.1.4.1. Curva de avance a la inyección⁽²⁾:
- 3.2.1.4.2. Calaje⁽²⁾:
- 3.2.2. *Tuberías de inyección*
- 3.2.2.1. Longitud: mm
- 3.2.2.2. Diámetro interior: mm
- 3.2.3. *Inyector(es)*
- 3.2.3.1. Marca(s):
- 3.2.3.2. Tipo(s):
- 3.2.3.3. Presión de apertura⁽²⁾ o diagrama característico: kPa
- 3.2.4. *Regulador de velocidad*
- 3.2.4.1. Marca(s):
- 3.2.4.2. Tipo(s):
- 3.2.4.3. Velocidad de comienzo de corte a plena carga⁽²⁾: rpm
- 3.2.4.4. Velocidad máxima en vacío⁽²⁾: rpm
- 3.2.4.5. Velocidad de ralentí⁽²⁾: rpm

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.

⁽²⁾ Indíquese la tolerancia.

- 3.3. Sistema de arranque en frío
 - 3.3.1. Marca(s):
 - 3.3.2. Tipo(s):
 - 3.3.3. Descripción:

- 4. DISTRIBUCIÓN
 - 4.1. Levantamientos máximos de las válvulas y ángulos de apertura y de cierre referidos a los puntos muertos o datos equivalentes:
.....

 - 4.2. Juegos de referencia y/o de reglaje⁽¹⁾:

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.

ANEXO III

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. El presente Anexo describe el método para determinar las emisiones de gases y partículas contaminantes procedentes de los motores que se van a comprobar.
- 1.2. La prueba se efectuará con el motor montado en un banco de pruebas y conectado a un dinamómetro.

2. CONDICIONES DE PRUEBA

2.1. Prescripciones generales

Todos los volúmenes y gastos volumétricos estarán referidos a 273 °K (0 °C) y 101,3 kPa.

2.2. Condiciones de prueba del motor

- 2.2.1. Se medirá la temperatura absoluta T_a del aire de admisión del motor, expresada en K, y la presión atmosférica seca p_s , expresada en kPa, y se procederá al cálculo del factor f_a , definido por las fórmulas siguientes:

Motores atmosféricos y con sobrealimentación mecánica:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \left(\frac{T}{298}\right)^{0,7}$$

Motor sobrealimentado por turbocompresor con o sin refrigeración del aire de admisión:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T}{298}\right)^{1,5}$$

2.2.2. Validez de la prueba

Para que una prueba se considere válida, el factor f_a deberá ser tal que:

$$0,98 \leq f_a \leq 1,02$$

2.2.3. Motores con refrigeración del aire de sobrealimentación

Se deberá registrar la temperatura del medio refrigerante y la del aire de sobrealimentación.

2.3. Sistema de admisión del motor

El motor deberá estar equipado con un sistema de admisión que presente una restricción a la entrada del aire en el límite superior prescrito por el fabricante para un filtro de aire limpio en las condiciones de funcionamiento del motor previstas por el fabricante que produzcan el máximo caudal de aire.

Podrá utilizarse un sistema de taller de pruebas, siempre que reproduzca las condiciones reales de funcionamiento del motor.

2.4. Sistema de escape del motor

El motor deberá estar equipado con un sistema de escape que presente una contrapresión en el límite superior prescrito por el fabricante para las condiciones de funcionamiento del motor que produzca la potencia máxima declarada.

2.5. Sistema de refrigeración

Un sistema de refrigeración del motor con suficiente capacidad para mantener el motor a las temperaturas de funcionamiento normales prescritas por el fabricante.

2.6. Aceite lubricante

Se anotarán las características del aceite lubricante utilizado para la prueba y se presentarán con los resultados de la prueba.

2.7. Combustible de prueba

El combustible será el combustible de referencia cuyas características se definen en el Anexo IV.

El número de cetano y el contenido de azufre del combustible de referencia utilizado para la prueba se registrarán, respectivamente, en los puntos 1.1.1 y 1.1.2 del apéndice 1 del Anexo VI.

La temperatura del combustible a la entrada en la bomba de inyección deberá ser de 306-316 °K (33-43 °C).

2.8. Determinación de los ajustes del dinamómetro

Los valores de restricción de admisión y de contrapresión en el tubo de escape se ajustarán a los límites superiores previstos por el fabricante, de acuerdo con los puntos 2.3 y 2.4.

Los valores de par máximo a las velocidades de prueba prescritas se determinarán por experimentación con el fin de calcular los valores de par para las modalidades de prueba prescritas. Para los motores que no estén destinados a funcionar dentro de un determinado intervalo de velocidades de giro en una curva de par a plena carga, el par máximo a los regímenes de prueba será el declarado por el fabricante.

El reglaje del motor para cada modalidad de prueba se calculará utilizando la fórmula siguiente:

$$S = \left((P_M + P_{AE}) \times \frac{L}{100} \right) - P_{AE}$$

Si se cumple la relación

$$\frac{P_{AE}}{P_M} \geq 0,03$$

el valor de P_{AE} podrá ser comprobado por las autoridades técnicas competentes para la concesión de la homologación.

3. REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

3.1. Preparación de los filtros de toma de muestras

Una hora antes de la prueba, como mínimo, se colocará cada pareja de filtros en una placa petri cerrada pero no sellada y el conjunto se introducirá en una cámara de pesaje para su estabilización. Al finalizar el período de estabilización se pesará cada pareja de filtros y se anotará la tara. A continuación, la pareja de filtros se guardará en la placa petri cerrada o en un portafiltros hasta que se necesite para la prueba. Si la pareja de filtros no se utiliza dentro de las ocho horas siguientes a su extracción de la cámara de pesaje, deberá pesarse de nuevo antes de utilizarla.

3.2. Instalación del equipo de medida

Se instalará la instrumentación y las sondas de toma según se requiera. Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total para la dilución de los gases de escape, se conectará al sistema el extremo posterior del tubo de escape.

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 se establezcan todas las temperaturas y presiones a plena carga y a la velocidad de giro nominal (punto 3.6.2).

3.4. Ajuste de la relación de dilución

Para el método con un solo filtro se pondrá en marcha y se utilizará en «bypass» el sistema de toma de muestras de partícula (esto es opcional cuando se utiliza el método de múltiples filtros). El nivel básico 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 realizarse una sola medición en cualquier momento antes, durante o después de la prueba. Si el aire de dilución no está filtrado, se realizarán mediciones en tres puntos como mínimo, después del arranque, antes de la parada y en un punto próximo a la mitad del ciclo, y se calculará la media de los valores obtenidos.

Se ajustará el aire de dilución para obtener una temperatura máxima igual o inferior a 325 °K (52 °C) en la superficie frontal del filtro en cada modalidad. La relación de dilución total no deberá ser inferior a 4.

Para el método del filtro único, el gasto másico de muestra que pase por el filtro se deberá mantener en una proporción constante del gasto másico de gases de escape diluidos correspondiente a los sistemas de flujo total en todas las modalidades. En los sistemas sin «bypass», esta

relación másica deberá cumplirse con una tolerancia de $\pm 5\%$ excepto durante los 10 primeros segundos de cada modalidad. En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial, cuando se utilice el método del filtro único, el gasto másico de paso por el filtro deberá ser constante con una tolerancia de $\pm 5\%$ durante cada modalidad, excepto durante los 10 primeros segundos de cada modalidad en los sistemas sin «bypass».

En los sistemas controlados por concentración de CO₂ o NO_x, el contenido de CO₂ o NO_x del aire de dilución deberá medirse al comienzo y al final de cada prueba. Los valores de concentración básica de CO₂ o NO_x del aire de dilución medidos antes y después de la prueba no deberán diferir entre sí en más de 100 ppm o 5 ppm respectivamente.

Cuando se utilice un sistema de análisis de gases de escape diluidos, las concentraciones básicas correspondientes se determinarán recogiendo la muestra de aire de dilución en una bolsa de muestras durante toda la secuencia de pruebas.

La concentración básica continua (sin bolsa) se tomará en tres puntos como mínimo, al comienzo y al final y en un punto próximo a la mitad del ciclo, y se promediarán los valores obtenidos. Las mediciones de nivel básico podrán omitirse si lo solicita el fabricante.

3.5. Comprobación de los analizadores

Los analizadores de emisiones se ajustarán a cero y se comprobarán con gas de «span».

3.6. Ciclo de prueba

3.6.1. Especificación A de la maquinaria de acuerdo con el punto 1 del Anexo I.

3.6.1.1. Cuando la prueba del motor se realice con dinamómetro, se efectuará el siguiente ciclo⁽¹⁾ de ocho modalidades:

Número de modalidad	Velocidad de giro del motor	Porcentaje de carga	Factor de ponderación
1	Nominal	100	0,15
2	Nominal	75	0,15
3	Nominal	50	0,15
4	Nominal	10	0,1
5	Intermedia	100	0,1
6	Intermedia	75	0,1
7	Intermedia	50	0,1
8	Ralentí	—	0,15

3.6.2. Acondicionamiento del motor

El calentamiento del motor y el sistema se efectuarán a los valores máximos de velocidad de giro y de par, a fin de estabilizar los parámetros del motor de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Nota: El período de acondicionamiento deberá evitar también la influencia de los depósitos formados en el sistema de escape en una prueba anterior. Asimismo se requiere un período de estabilización entre puntos de prueba, que se ha incluido para reducir al mínimo las influencias de cada punto sobre el siguiente.

3.6.3. Secuencia de prueba

Se iniciará la secuencia de la prueba. La prueba se realizará por el orden numérico de modalidades señalado anteriormente para el ciclo de prueba.

Durante cada modalidad del ciclo de prueba, después del período de transición inicial, se deberá mantener la velocidad de giro prescrita con una tolerancia de $\pm 1\%$ de la velocidad nominal o de $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, debiendo tenerse en cuenta el más elevado de estos dos valores, excepto en lo que se refiere a la velocidad de ralentí, que deberá estar dentro de las tolerancias declaradas por el fabricante. El par prescrito se deberá mantener de manera que el valor medio del período durante el cual se realicen las mediciones esté dentro de una tolerancia de $\pm 2\%$ del par máximo a la velocidad de giro de la prueba.

⁽¹⁾ Idéntico al ciclo C1 del proyecto de norma ISO 8178-4.

Para cada punto de medición se requiere un tiempo de 10 minutos como mínimo. Si en la prueba de un motor fuesen necesarios tiempos más largos para la recogida de muestras con objeto de obtener una masa de partículas suficiente en el filtro de medida, se podrá prolongar el período de la modalidad de prueba según se requiera.

Se anotará la duración de la modalidad y se incluirá en el informe.

Los valores de concentración en las emisiones de gases de escape se medirán y anotarán durante los tres últimos minutos de la modalidad.

La toma de muestras de partículas y la medición de emisiones gaseosas no deberán comenzar hasta que se haya conseguido la estabilización del motor, tal como la define el fabricante, y su finalización deberá ser simultánea.

La temperatura del combustible se medirá a la entrada en la bomba de inyección de combustible o en la zona que especifique el fabricante y se anotará el lugar de medición.

3.6.4. *Respuesta de los analizadores*

La salida de los analizadores se registrará en un registrador gráfico de banda de papel o se medirá con un sistema de adquisición de datos equivalente, con los gases de escape circulando por los analizadores, como mínimo durante los tres últimos minutos de cada modalidad. Si se utiliza la toma de muestras en bolsas para la medición del CO y el CO₂ diluidos (véase el punto 1.4.4 del apéndice 1), se recogerá una muestra en una bolsa durante los tres últimos minutos de cada modalidad y se analizará y registrará la muestra.

3.6.5. *Toma de muestras de partículas*

La toma de muestras de partículas puede efectuarse por el método del filtro único o por el de filtros múltiples (véase el punto 1.5 del apéndice 1). Dado que los resultados de uno y otro método pueden diferir ligeramente, se deberá declarar, junto con los resultados, el método utilizado.

Para el método del filtro único se tendrán en cuenta durante la toma de muestras los factores de ponderación según modalidad señalados en el procedimiento del ciclo de prueba, ajustando el caudal de la muestra con el tiempo de toma de muestra, según el caso.

La toma de muestras deberá realizarse lo más tarde posible dentro de cada modalidad. El tiempo de toma por modalidad deberá ser de 20 segundos como mínimo para el método del filtro único y de 60 segundos como mínimo para el de filtros múltiples. En el caso de los sistemas sin posibilidad de «bypass», el tiempo de toma de muestra por modalidad deberá ser como mínimo de 60 segundos, tanto para el método del filtro sencillo como para el de filtros múltiples.

3.6.6. *Condiciones del motor*

En cada modalidad se medirán la velocidad de giro y la carga del motor, la temperatura del aire de admisión, el caudal de combustible y el caudal de aire o de gases de escape, una vez estabilizado el motor.

Si no fuese posible medir el caudal de gases de escape o el aire de combustión y el consumo de combustible, podrá calcularse utilizando el método del balance de carbono y oxígeno (véase el punto 1.2.3 del apéndice 1).

Se anotará cualquier dato adicional que sea necesario para el cálculo (véanse los puntos 1.1 y 1.2 del apéndice 3).

3.7. **Repetición de la comprobación de los analizadores**

Después de la prueba de emisiones se repetirá la comprobación utilizando un gas de cero y el mismo gas de «span». La prueba se considerará válida si la diferencia entre los resultados de las dos mediciones es inferior al 2 %.

Apéndice 1

1. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y TOMA DE MUESTRAS

Los gases y partículas emitidos por el motor sometido a prueba se medirán por los métodos señalados en el Anexo V. Los métodos del Anexo V describen los sistemas de análisis recomendados para las emisiones gaseosas (punto 1.1) y los sistemas recomendados para la dilución y toma de muestras de partículas (punto 1.2).

1.1. Características del dinamómetro

Se utilizará un dinamómetro para motores con características adecuadas para realizar el ciclo de prueba descrito en el punto 3.6.1 del Anexo III. Los instrumentos de medida del par y de la velocidad de giro deberán permitir la medición de la potencia en el eje dentro de los límites señalados. Puede ser necesario efectuar cálculos adicionales.

La precisión del equipo de medida deberá ser tal que no se sobrepasen las tolerancias máximas de las cifras indicadas en el punto 1.3.

1.2. Caudal de gases de escape

El caudal de gases de escape se determinará por uno de los métodos indicados en los puntos 1.2.1 a 1.2.4.

1.2.1. *Método de medición directa*

Medición directa del caudal de escape mediante boquilla o sistema de medida equivalente (para más detalles véase la norma ISO 5167).

Nota: La medición directa de caudales de gas es una tarea difícil. Se deberán adoptar precauciones para evitar errores de medición que afectarían a los errores en los valores de las emisiones.

1.2.2. *Método de medición de aire y combustible*

Medición del caudal de aire y del caudal de combustible.

Se utilizarán caudalímetros de aire y caudalímetros de combustible con la precisión definida en el punto 1.3.

El cálculo del caudal de gases de escape se realiza como sigue:

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

o:

$$V_{EXHD} = V_{AIRD} - 0,766 \times G_{FUEL} \quad (\text{para el volumen de escape seco})$$

o:

$$V_{EXHW} = V_{AIRW} + 0,746 \times G_{FUEL} \quad (\text{para el volumen de escape húmedo})$$

1.2.3. *Método del balance de carbono*

Cálculo de la masa de escape a partir del consumo de combustible y de las concentraciones de los gases de escape utilizando el método del balance de carbono (apéndice 3 del Anexo III).

1.2.4. *Caudal total de gases de escape diluidos*

Cuando se utilice un sistema de dilución de flujo total, se medirá el flujo total del escape diluido (G_{TOTW} , V_{TOTW}) con un PDP o un CFV (punto 1.2.1.2 del Anexo V). La precisión deberá cumplir las prescripciones del punto 2.2 del apéndice 2 del Anexo III.

1.3. Precisión

El calibrado de todos los instrumentos de medida deberá ser conforme con las normas nacionales (internacionales) pertinentes y cumplir los siguientes requisitos:

Número	Magnitud	Desviación admisible (valores de tolerancia basados en los valores máximos de los motores)	Desviación admisible (valores de tolerancia según la norma ISO 3046)	Intervalos de calibración (en meses)
1	Velocidad de giro del motor	2 %	2 %	3
2	Par	2 %	2 %	3
3	Potencia	2 % ⁽¹⁾	3 %	no procede
4	Consumo de combustible	2 % ⁽¹⁾	3 %	6
5	Consumo específico de combustible	no procede	3 %	no procede
6	Consumo de aire	2 % ⁽¹⁾	5 %	6
7	Caudal de gases de escape	4 % ⁽¹⁾	no procede	6
8	Temperatura del refrigerante	2 °K	2 °K	3
9	Temperatura del lubricante	2 °K	2 °K	3
10	Presión de los gases de escape	5 % del valor máximo	5 %	3
11	Depresiones en el colector de admisión	5 % del valor máximo	5 %	3
12	Temperatura de los gases de escape	15 °K	15 °K	3
13	Temperatura de admisión del aire (aire de combustión)	2 °K	2 °K	3
14	Presión atmosférica	0,5 % de la lectura	0,5 %	3
15	Humedad (relativa) del aire de admisión	3 %	no procede	1
16	Temperatura del combustible	2 °K	5 °K	3
17	Temperaturas del túnel de dilución	1,5 °K	no procede	3
18	Humedad del aire de dilución	3 %	no procede	1
19	Caudal de gases de escape diluidos	2 % de la lectura	no procede	24 (flujo parcial) (flujo total) ⁽²⁾

⁽¹⁾ En algunos casos, los cálculos de las emisiones de escape, tal como se describen en la presente Directiva, se basan en diferentes métodos de medición o de cálculo. Debido a lo limitado de las tolerancias totales para el cálculo de las emisiones de escape, los valores admisibles de algunas magnitudes, utilizados en las ecuaciones correspondientes, deberán ser inferiores a las tolerancias permitidas por la norma ISO 3046-3.

⁽²⁾ Sistemas de flujo total: la bomba volumétrica CVS o el Venturi de flujo crítico se calibrarán después de la instalación inicial, de una operación de mantenimiento importante o cuando el resultado de la comprobación del sistema CVS descrita en el Anexo V indique que es necesario.

1.4. Determinación de los componentes gaseosos

1.4.1. Características generales de los analizadores

Los analizadores deberán tener una amplitud de medida compatible con la precisión requerida para la medición de las concentraciones de los componentes de los gases de escape (punto 1.4.1.1).

Se recomienda utilizar los analizadores de manera que la concentración medida esté comprendida entre el 15 % y el 100 % del valor máximo de la escala.

Si el valor máximo de la escala es igual o inferior a 155 ppm (o ppm C) o se utilizan sistemas de lectura (ordenadores, registradores de datos) que ofrezcan suficiente precisión y resolución por debajo del 15 % del valor máximo de la escala, serán también admisibles concentraciones inferiores al 15 % del valor máximo de la escala. En este caso deberán realizarse calibraciones adicionales para garantizar la precisión de las curvas de calibrado (véase el punto 1.5.5.2 del apéndice 2 del Anexo III).

La compatibilidad electromagnética (CEM) del equipo deberá ser de un nivel que reduzca al mínimo los errores adicionales.

1.4.1.1. Error de medición

El error total de medición, incluyendo la sensibilidad cruzada a otros gases (véase el punto 1.9 del apéndice 2 del Anexo III) no deberá sobrepasar la tolerancia de $\pm 5\%$ de la lectura o $3,5\%$ del valor máximo de la escala, debiendo tenerse en cuenta el menor de estos valores. Para concentraciones inferiores a 100 ppm el error de medición no deberá sobrepasar la tolerancia de ± 4 ppm.

1.4.1.2. Repetibilidad

La repetibilidad, definida como 2,5 veces la desviación típica de diez respuestas repetitivas a un determinado gas de calibración o de «span», no deberá ser superior a $\pm 1\%$ del valor máximo de la escala de concentración para cada campo de medida utilizado por encima de 155 ppm (o ppm C) o a $\pm 2\%$ de cada campo de medida utilizado por debajo de 155 ppm (o ppm C).

1.4.1.3. Ruido

La respuesta pico a pico del analizador a los gases de cero y calibración o «span» en cualquier período de diez segundos no deberá sobrepasar el 2 % del valor máximo de la escala en todos los campos de medida utilizados.

1.4.1.4. Deriva de cero

La deriva de cero durante un período de una hora deberá ser inferior al 2 % del valor máximo de la escala en el campo de medida más bajo utilizado. La respuesta de cero se define como la respuesta media, incluido el ruido, a un gas de cero durante un intervalo de 30 segundos.

1.4.1.5. Deriva de «span»

La deriva de «span» durante un período de una hora deberá ser inferior al 2 % del valor máximo de la escala en el campo de medida más bajo utilizado. El «span» se define como la diferencia entre la respuesta de «span» y la respuesta de cero. La respuesta de «span» se define como la respuesta media, incluido el ruido, a un gas de «span» durante un intervalo de 30 segundos.

1.4.2. Secado de los gases

El dispositivo opcional de secado de gases deberá tener un efecto mínimo en la concentración de los gases medidos. Los desecantes químicos no constituyen un método aceptable para la eliminación del agua de la muestra.

1.4.3. Analizadores

En los puntos 1.4.3.1 a 1.4.3.5 del presente apéndice se describen los principios de medición que deberán utilizarse. En el Anexo V se ofrece una descripción detallada de los sistemas de medición.

Los gases que se hayan de medir se analizarán con los instrumentos indicados a continuación. En el caso de los analizadores no lineales se permite la utilización de circuitos linealizadores.

1.4.3.1. Análisis de monóxido de carbono (CO)

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

1.4.3.2. Análisis de dióxido de carbono (CO₂)

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

1.4.3.3. Análisis de hidrocarburos (HC)

El analizador de hidrocarburos deberá ser del tipo de detector de ionización de llama caldeado (HFID), con el detector, válvulas, tuberías, etc., caldeados para mantener los gases a una temperatura de 463 °K (190 °C) $\pm 10\text{ °K}$.

1.4.3.4. Análisis de óxidos de nitrógeno (NO_x)

El analizador de óxidos de nitrógeno deberá ser del tipo de detector quimioluminiscente (CLD) o de detector quimioluminiscente caldeado (HCLD) con un convertidor NO₂/NO si la medición se realiza en seco. Si la medición se efectúa en húmedo, se utilizará un HCLD con convertidor mantenido a una temperatura superior a 333 °K (60 °C), siempre que se cumpla la condición de la comprobación por enfriamiento en agua (véase el punto 1.9.2.2 del apéndice 2 del Anexo III).

1.4.4. Toma de muestras de emisiones gaseosas

Las sondas de toma de muestras de emisiones gaseosas deberán colocarse como mínimo a 0,5 m o tres veces el diámetro del tubo de escape, eligiendo el mayor de estos dos valores, antes de la salida del sistema de escape, en la medida en que esto sea posible, y lo bastante cerca del motor para asegurarse de que la temperatura de los gases de escape en la sonda sea de 343 °K (70 °C) como mínimo.

En el caso de un motor pluricilíndrico con colector de escape ramificado, la entrada de la sonda se situará suficientemente alejada corriente abajo para garantizar que la muestra sea representativa de las emisiones de escape medias de todos los cilindros. En el caso de los motores pluricilíndricos con grupos de colectores separados, como por ejemplo en un motor de configuración en «V», es admisible tomar una muestra de cada grupo individualmente y calcular el valor medio de las emisiones de escape. También podrán utilizarse otros métodos que hayan mostrado correlación con los anteriores. Para el cálculo de las emisiones de escape se utilizará el gasto másico de escape total del motor.

Si en la composición de los gases de escape influyese cualquier sistema de postratamiento del escape, la muestra de gases de escape se tomará antes de dicho dispositivo en los ensayos de la etapa I y a continuación de tal dispositivo en los ensayos de la etapa II. Cuando se utilice un sistema de dilución de flujo total para la determinación de las partículas contaminantes, podrán determinarse también las emisiones gaseosas en los gases de escape diluidos. Las sondas de toma de muestras deberán situarse cerca de la sonda de toma de partículas en el túnel de dilución (DT en el punto 1.2.1.2 y PSP en el punto 1.2.2 del Anexo V). El CO y el CO₂ podrán determinarse opcionalmente mediante la recogida de la muestra en una bolsa y la posterior medición de la concentración en la bolsa de muestra.

1.5. Determinación del contenido de partículas

Para la determinación del contenido de partículas se requiere un sistema de dilución. La dilución puede efectuarse mediante un sistema de dilución de flujo parcial o un sistema de dilución de flujo total. La capacidad de flujo del sistema de dilución deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de toma de muestras, y mantener la temperatura de los gases de escape diluidos en un valor igual o inferior a 325 °K (52 °C) inmediatamente antes de los portafiltros. Si la humedad del aire es elevada, se permitirá la deshumidificación del aire de dilución antes de su entrada en el sistema de dilución. Si la temperatura ambiente es inferior a 293 °K (20 °C), se recomienda precalentar el aire de dilución por encima del límite de temperatura de 303 °K (30 °C). No obstante, la temperatura del aire diluido no deberá exceder de 325 °K (52 °C) antes de la introducción de los gases de escape en el túnel de dilución.

En el caso de un sistema de dilución de flujo parcial, la sonda de toma de muestras de partículas deberá colocarse cerca y corriente arriba de la sonda de emisiones gaseosas, tal como se define en el punto 4.4 y de acuerdo con EP y SP en la explicación de las figuras 4-12 del punto 1.2.1.1 del Anexo V.

El sistema de dilución de flujo parcial deberá diseñarse de manera que divida la corriente de escape en dos fracciones, la más pequeña de las cuales se diluirá con aire y a continuación se utilizará para la medición del contenido de partículas. Por ello es esencial determinar la relación de dilución con gran exactitud. Pueden utilizarse diferentes métodos de división, dependiendo en gran medida del equipo y los procedimientos de toma de muestras que hayan de utilizarse del tipo de método de división empleado (punto 1.2.1.1 del Anexo V).

Para determinar la masa de partículas se requiere un sistema de toma de muestras de partículas, filtros de toma de partículas, una balanza graduada en microgramos y una cámara de pesaje de temperatura y humedad controladas.

Para la toma de muestras de partículas pueden utilizarse dos métodos:

- *el método del filtro único*, en el que se utiliza una sola pareja de filtros (véase el punto 1.5.1.3 del presente apéndice) para todas las modalidades del ciclo de prueba. Se deberá prestar gran atención a los tiempos y caudales de toma durante la fase de toma de muestras de la prueba. No obstante, sólo se requiere una pareja de filtros para el ciclo de prueba;
- *el método de filtros múltiples*, en el que se utiliza una pareja de filtros (véase el punto 1.5.1.3 del presente apéndice) para cada modalidad del ciclo de prueba. Este método permite emplear procedimientos de toma menos rigurosos, pero exige utilizar más filtros.

1.5.1. *Filtros de toma de muestras de partículas*

1.5.1.1. Característica de los filtros

Para las pruebas de certificación se requieren filtros de fibra de vidrio revestida con fluorocarbono o filtros de membrana a base de fluorocarbono. Para aplicaciones especiales pueden utilizarse filtros de materiales diferentes. Todos los tipos de filtro deberán tener una capacidad de retención de DOP (dioctilftalato) de $0,3 \mu\text{m}$ del 95 % como mínimo, con una velocidad frontal de los gases comprendida entre 35 y 80 cm/s. Cuando se realicen pruebas de correlación entre laboratorios o entre un fabricante y un organismo de homologación, deberán utilizarse filtros de idéntica calidad.

1.5.1.2. Tamaño de los filtros

Los filtros de partículas deberán tener un diámetro de 47 mm (diámetro de mancha de 37 mm) como mínimo. Pueden utilizarse filtros de mayor diámetro (punto 1.5.1.5).

1.5.1.3. Filtros primarios y auxiliares

La toma de muestras de escape diluido se realizará con una pareja de filtros acoplados en serie (un filtro primario y uno de apoyo) durante la secuencia de prueba. El filtro de apoyo no deberá estar situado a más de 100 mm corriente abajo del filtro primario, ni en contacto con este último. Los filtros podrán pesarse por separado o formando pareja con los lados de mancha enfrentados.

1.5.1.4. Velocidad frontal en el filtro

Se deberá conseguir una velocidad frontal de paso de los gases por el filtro de 35 a 80 cm/s. El incremento de la caída de presión entre el comienzo y el final del ensayo no será superior a 25 kPa.

1.5.1.5. Carga de los filtros

Para el método del filtro único, la carga mínima recomendada del filtro será de $0,5 \text{ mg}/1075 \text{ mm}^2$ de área de mancha. A continuación se indican los valores correspondientes a los tamaños de filtro más comunes:

Diámetro de filtro (en mm)	Diámetro de mancha recomendado (en mm)	Carga mínima recomendada (en mg)
47	37	0,5
70	60	1,3
90	80	2,3
110	100	3,6

Para el método de filtros múltiples, la carga mínima recomendada para la suma de todos los filtros será el producto del valor correspondiente de la tabla anterior por la raíz cuadrada del número total de modalidades.

1.5.2. *Características de la cámara de pesaje y de la balanza analítica*

1.5.2.1. Condiciones de la cámara de pesaje

La temperatura de la cámara (o de la sala) en la que se acondicionen y pesen los filtros de partículas deberá mantenerse a 295 °K (22 °C) con una tolerancia de $\pm 3 \text{ °K}$ durante el acondicionamiento y pesaje de todos los filtros. La humedad deberá mantenerse a un punto de rocío de $282,5 \text{ °K}$ ($9,5 \text{ °C} \pm 3 \text{ °K}$) y a una humedad relativa de $45 \pm 8 \%$.

1.5.2.2. Pesaje de los filtros de referencia

El 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 en las características de la sala de pesaje señaladas en el punto 1.5.2.1 si la duración de tales alteraciones no excede de 30 minutos. La sala de pesaje deberá cumplir las condiciones requeridas antes de la entrada del personal en la sala. Deberán pesarse como mínimo dos filtros o dos parejas de filtros, nuevos, no más de cuatro horas antes del pesaje de los filtros (parejas) de muestra pero preferiblemente al mismo tiempo que éstos. Deberán ser del mismo tamaño y material que los filtros de muestra.

Si el peso medio de los filtros de referencia (o parejas de filtros de referencia) varía, entre pesajes de filtros de muestra, en más de $\pm 5 \%$ ($\pm 7,5 \%$ en el caso de la pareja de filtros) de la carga mínima recomendada para los filtros (punto 1.5.1.5), se desecharán todos los filtros de muestra y se repetirá la prueba de emisiones.

Si no se cumplen los criterios de estabilidad de la sala de pesaje señalados en el punto 1.5.2.1 pero el pesaje del filtro (o pareja) de referencia satisface los criterios indicados, el fabricante del motor podrá elegir entre aceptar los pesos de los filtros de muestra o anular las pruebas, arreglar el sistema de control de la sala de pesaje y repetir la prueba.

1.5.2.3. 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 mm, la precisión y la resolución deberán ser de $2 \mu\text{g}$ y $1 \mu\text{g}$ respectivamente.

1.5.2.4. Eliminación de los efectos de la electricidad estática

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

1.5.3. *Prescripciones adicionales para la medición de partículas*

Todos los componentes del sistema de dilución y del sistema de toma de muestras, desde el tubo de escape hasta el soporte del filtro, que estén en contacto con gases de escape sin tratar y diluidos deberán estar diseñados de manera que se reduzca al mínimo el depósito o la alteración de las partículas. Todos los componentes estarán hechos de materiales eléctricamente conductores que no reaccionen con los componentes de los gases de escape y deberán estar conectados eléctricamente a tierra para evitar efectos electrostáticos.

*Apéndice 2***1. CALIBRADO DE LOS INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS****1.1. Introducción**

Todos los analizadores deberán calibrarse con la frecuencia necesaria para cumplir las prescripciones de la presente norma en materia de precisión. En este apartado se describe el método de calibración que deberá utilizarse para los analizadores indicados en el punto 1.4.3 del apéndice 1.

1.2. Gases de calibración

Se deberá respetar la vida en almacén de todos los gases de calibración.

Se anotará la fecha de caducidad de los gases de calibración indicada por el fabricante.

1.2.1. Gases puros

La pureza requerida de los gases está determinada por los límites de contaminación que se indican seguidamente. Para la operación se deberá disponer de los siguientes gases:

- nitrógeno purificado
(contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO);
- oxígeno purificado
(pureza $> 99,5$ vol O₂);
- mezcla de hidrógeno y helio
(40 ± 2 % de hidrógeno, resto helio)
(contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO);
- aire sintético purificado
(contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)
(contenido de oxígeno entre 18 y 21 vol %).

1.2.2. Gases de calibración y de «span»

Se deberá disponer de mezclas de gases con las siguientes composiciones químicas:

- C₃H₈ y aire sintético purificado (punto 1.2.1),
- CO y nitrógeno purificado,
- NO y nitrógeno purificado (la cantidad de NO₂ contenida en este gas de calibración no deberá sobrepasar el 5 % del contenido de NO),
- O₂ y nitrógeno purificado,
- CO₂ y nitrógeno purificado,
- CH₄ y aire sintético purificado,
- C₂H₆ y aire sintético purificado.

Nota: Se permite utilizar otras combinaciones de gases a condición de que los gases no reaccionen entre sí.

La concentración real de un gas de calibración y de «span» no deberá diferir del valor nominal en más de ± 2 %. Todas las concentraciones de gas de calibración se expresarán en relación con el volumen (porcentaje de volumen o ppm de volumen).

Los gases utilizados para calibración y «span» podrán obtenerse también mediante un divisor de gas, diluyendo con N₂ purificado o con aire sintético purificado. La precisión del dispositivo de mezcla deberá ser tal que la concentración de los gases de calibración diluidos pueda determinarse con una aproximación de ± 2 %.

1.3. Procedimiento operativo para los analizadores y el sistema de toma de muestras

El procedimiento operativo para los analizadores deberá atenerse a las instrucciones de puesta en marcha y manejo del fabricante del instrumento. Se incluirán las prescripciones mínimas señaladas en los puntos 1.4 a 1.9.

1.4. Prueba de fugas

Se someterá al sistema a una prueba de fugas. Se desconectará la sonda del sistema de escape y se taponará el extremo. Se pondrá en marcha la bomba del analizador. Tras un período de estabilización inicial, todos los caudalímetros deberán indicar cero. Si no es así, se comprobarán las líneas de toma de muestras y se corregirá el defecto. El máximo caudal de infiltración admisible en el lado de vacío será el 0,5 % del caudal utilizado para la porción del sistema que se comprueba. Para un cálculo estimativo de los caudales utilizados se podrán emplear los caudales de los analizadores y los caudales en «bypass».

Otro método consiste en la introducción de un cambio en la etapa de concentración al principio de la línea de toma de muestras, pasando de gas de cero a gas de «span».

Si, después de un período de tiempo adecuado, la lectura indica una concentración inferior a la introducida, será indicio de la existencia de problemas de calibración o de fugas.

1.5. Procedimiento de calibración

1.5.1. Conjunto de instrumentos

Se calibrará el conjunto de instrumentos y se contrastarán las curvas de calibración con los gases patrón. Deberán utilizarse los mismos caudales de gas que en la toma de muestras de gases de escape.

1.5.2. Tiempo de calentamiento

El tiempo de calentamiento deberá estar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Si no está especificado, se recomienda un período de calentamiento de los analizadores de dos horas como mínimo.

1.5.3. Analizador NDIR y HFID

Se pondrá a punto el analizador NDIR según se requiera y se optimizará la llama de combustión del analizador HFID (punto 1.8.1).

1.5.4. Calibración

Se calibrarán todos los campos de medida normalmente utilizados.

Los analizadores de CO, CO₂, NO_x, HC y O₂ se ajustarán a cero utilizando aire sintético (o nitrógeno) purificado.

Se introducirán en los analizadores los gases de calibración adecuados, se anotarán los valores correspondientes y se determinará la curva de calibración de acuerdo con el punto 1.5.6.

Se comprobará de nuevo el ajuste del cero y si es necesario se repetirá el procedimiento de calibración.

1.5.5. Determinación de la curva de calibración

1.5.5.1. Reglas generales

La curva de calibración del analizador se determina con cinco puntos de calibración como mínimo (excluyendo el cero) espaciados lo más uniformemente posible. La máxima concentración nominal deberá ser igual o superior al 90 % del valor máximo de la escala.

La curva de calibración se calcula por el método de los mínimos cuadrados. Si el grado del polinomio resultante es superior a tres, el número de puntos de calibración (incluido el cero) deberá ser como mínimo igual al grado del polinomio más dos.

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 valor máximo de la escala a cero.

A partir de la curva y de los puntos de calibración es posible comprobar si se ha efectuado la calibración correctamente. Se deberán indicar los diferentes parámetros característicos del analizador, en particular:

- el campo de medición,
- la sensibilidad,
- la fecha de calibración.

1.5.5.2. Calibración por debajo del 15 % del valor máximo de la escala

La curva de calibración del analizador se determina con un mínimo de diez puntos de calibración (excluido el cero) espaciados de manera que el 50 % de los puntos de calibración esté situado por debajo del 10 % del valor máximo de la escala.

La curva de calibración se calcula 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 valor máximo de la escala a cero.

1.5.5.3. Métodos alternativos

Si puede demostrarse que es posible conseguir una precisión equivalente mediante una tecnología alternativa (por ejemplo, ordenador, selector de escala controlado electrónicamente, etc.), podrán utilizarse estos métodos alternativos.

1.6. Comprobación de la calibración

Antes de cada análisis deberá comprobarse cada uno de los campos de medida normalmente utilizados, de acuerdo con el siguiente procedimiento.

La calibración se comprueba utilizando un gas de cero y un gas de «span» cuyo valor nominal es superior al 80 % del valor máximo de la escala correspondiente al campo de medidas que se comprueba.

Si el valor hallado para los dos puntos que se consideran no difiere del valor de referencia declarado en más de $\pm 4\%$ del valor máximo de la escala, podrán modificarse los parámetros de ajuste. En otro caso deberá determinarse una nueva curva de calibración de acuerdo con el punto 1.5.4.

1.7. Prueba de rendimiento del convertidor de NO_x

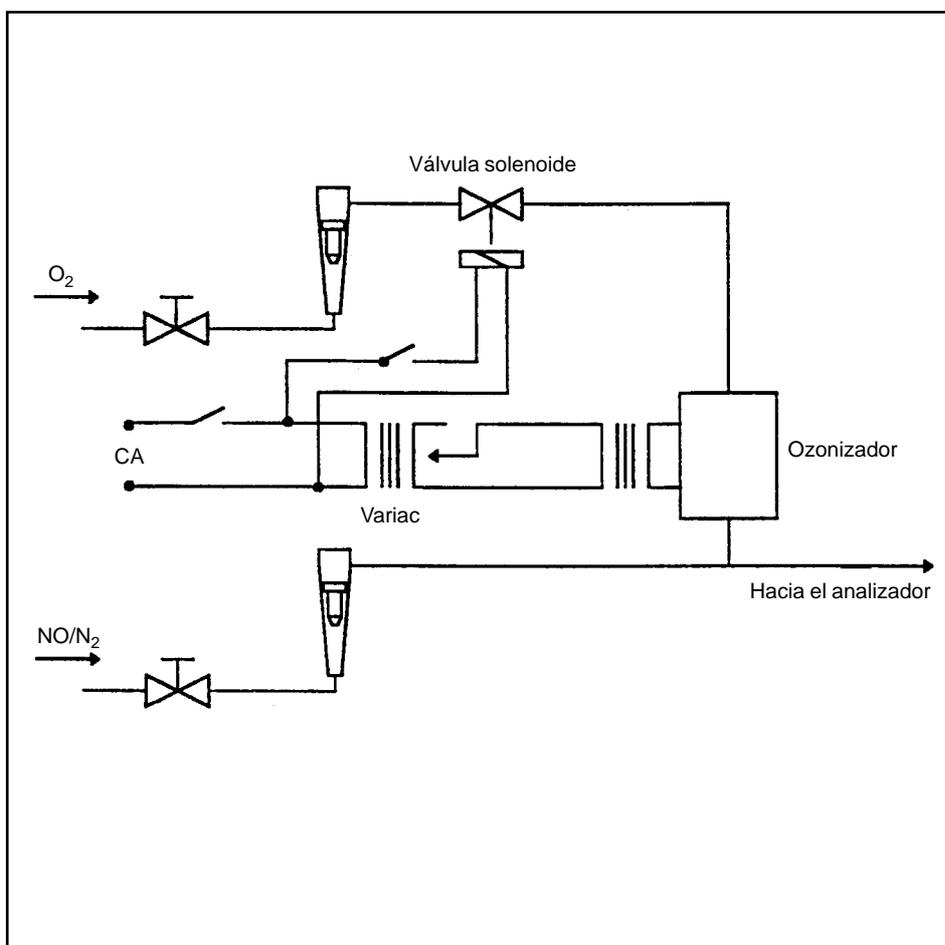
El rendimiento del convertidor utilizado para la conversión de NO_2 en NO se comprobará como se indica en los puntos 1.7.1 a 1.7.8 (figura 1).

1.7.1. Preparación de la prueba

Utilizando el montaje de prueba representado en la figura 1 (véase también el punto 1.4.3.5 del apéndice 1) y siguiendo el procedimiento indicado a continuación, podrá comprobarse el rendimiento de los convertidores por medio de un ozonizador.

Figura 1

Esquema del dispositivo de comprobación de eficacia del convertidor de NO_2



1.7.2. Calibración

El CLD y el HCLD se calibrarán en el campo operativo más frecuente siguiendo las prescripciones del fabricante y utilizando gas de cero y gas de «span» (el contenido de NO de estos gases deberá suponer aproximadamente el 80 % del campo operativo y la concentración de NO_2 de la mezcla de gases deberá ser inferior al 5 % de la concentración de NO). El analizador de NO_x deberá estar en la modalidad NO , de manera que el gas de «span» no pase por el convertidor. Se registrará la concentración indicada.

1.7.3. *Cálculo*

El rendimiento del convertidor de NO_x se calcula como sigue:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(1 + \frac{a - b}{c - d}\right) \times 100$$

a = concentración de NO_x según el punto 1.7.6,

b = concentración de NO_x según el punto 1.7.7,

c = concentración de NO según el punto 1.7.4,

d = concentración de NO según el punto 1.7.5.

1.7.4. *Adición de oxígeno*

Mediante una T de conexión se añadirá continuamente oxígeno o aire de cero al flujo de gases hasta que la concentración indicada sea inferior en un 20 % aproximadamente a la concentración de calibración indicada de acuerdo con el punto 1.7.2 (el analizador estará en la modalidad NO).

Se registrará la concentración indicada «c». Durante todo el proceso se mantendrá desactivado el ozonizador.

1.7.5. *Activación del ozonizador*

A continuación se activará el ozonizador con el fin de generar suficiente ozono para reducir la concentración de NO hasta un nivel aproximado del 20 % (mínimo 10 %) de la concentración de calibración indicada según el punto 1.7.2. Se registrará la concentración indicada «d» (el analizador estará en la modalidad NO).

1.7.6. *Modalidad NO_x*

Seguidamente se pondrá el analizador de NO en la modalidad NO_x para que la mezcla de gases (compuesta de NO, NO₂, O₂ y N₂) pase por el convertidor. Se registrará la concentración indicada «a» (el analizador estará en el modo NO_x).

1.7.7. *Desactivación del ozonizador*

A continuación se desactivará el ozonizador y la mezcla de gases descrita en el punto 1.7.6 pasará por el convertidor al detector. Se registrará la concentración indicada «b» (el analizador estará en la modalidad NO_x).

1.7.8. *Modalidad NO*

Al cambiar a la modalidad NO con el ozonizador desactivado, se corta también el flujo de oxígeno o aire sintético. La lectura del NO_x del analizador no deberá desviarse en más de ± 5 % del valor medido según el apartado 1.7.2 (el analizador estará en el modo NO).

1.7.9. *Intervalo de comprobación*

El rendimiento del convertidor deberá comprobarse antes de cada calibración del analizador de NO_x.

1.7.10. *Rendimiento requerido*

El rendimiento del convertidor deberá ser inferior al 90 %; no obstante, se recomienda encarecidamente un rendimiento del 95 %.

Nota: Si con el analizador en la escala más utilizada, el ozonizador no puede proporcionar una reducción del 80 % al 20 % de acuerdo con el punto 1.7.5, deberá utilizarse la escala más alta que proporcione dicha reducción.

1.8. **Ajuste del FID**

1.8.1. *Optimización de la respuesta del detector*

El HFID deberá ajustarse en la forma prescrita por el fabricante del instrumento. Se utilizará un gas de «span» de propano en aire para optimizar la respuesta en el campo operativo más común.

Con los caudales de combustible y de aire ajustados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, se introducirá en el analizador un gas de «span» de 350 ± 75 ppm C. La respuesta a un caudal de combustible dado estará determinada por la diferencia entre la respuesta con el gas de «span» y la respuesta con el gas de cero. El caudal de combustible deberá ajustarse de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante. Se registrará la respuesta de «span» y de cero a los caudales de combustible mencionados. Se trazará una gráfica de la diferencia entre la respuesta de «span» y de cero y se ajustará el caudal de combustible al lado rico de la curva.

1.8.2. Factores de respuesta a los hidrocarburos

Se calibrará el analizador utilizando propano en aire y aire sintético purificado de acuerdo con lo señalado en el punto 1.5.

Los factores de respuesta se determinarán al poner un analizador en servicio y después de largos intervalos de utilización. El factor de respuesta (R_f) para una determinada variedad de hidrocarburo es la relación entre la lectura de C1 del FID y la concentración de gases en el cilindro expresada en ppm C1.

El nivel de concentración de los gases de prueba deberá ser el adecuado para que proporcione una respuesta de aproximadamente el 80 % del valor máximo de la escala. La concentración deberá conocerse con una aproximación de $\pm 2\%$ en relación con un patrón gravimétrico expresado en volumen. Asimismo, la botella de gas deberá precondicionarse durante 24 horas a una temperatura de 298 °K (25 °C) ± 5 °K.

Los gases de prueba que deben utilizarse y los límites recomendados para los correspondientes factores de respuesta relativos son los indicados a continuación:

- metano y aire sintético purificado: $1,00 \leq R_f \leq 1,15$
- 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 están referidos al factor de respuesta (R_f) 1,00 para propano y aire sintético purificado.

1.8.3. Comprobación de la interferencia de oxígeno

La interferencia de oxígeno se comprobará al poner un analizador en servicio y después de largos intervalos de utilización.

El factor de respuesta se define y deberá determinarse tal como se indica en el punto 1.8.2. El gas de prueba que debe utilizarse y los límites recomendados para el factor de respuesta relativo son los indicados a continuación:

- Propano y nitrógeno: $0,95 \leq R_f \leq 1,05$.

Este valor está referido al factor de respuesta (R_f) para propano y aire sintético purificado.

La concentración de oxígeno en el aire del quemador del FID no deberá diferir en más de ± 1 mol % de la concentración de oxígeno en el aire del quemador utilizado en la última comprobación de interferencia de oxígeno. Si la diferencia sobrepasa la tolerancia indicada, se comprobará la interferencia de oxígeno y si fuera necesario se ajustará el analizador.

1.9. Efectos de interferencia con los analizadores NDIR y CLD

Los gases presentes en el escape a parte del cual se analiza pueden interferir en la lectura de diversos modos. Se produce una interferencia positiva en los instrumentos NDIR cuando el gas que interfiere produce el mismo efecto que el gas medido pero en menor grado. Se produce una interferencia negativa en los instrumentos NDIR cuando el gas que interfiere ensancha la banda de absorción del gas medido y en los instrumentos CLD cuando el gas interferente amortigua la radiación. Las comprobaciones de interferencia señaladas en los puntos 1.9.1 y 1.9.2 deberán realizarse antes de la puesta en servicio inicial de analizador y después de largos intervalos de utilización.

1.9.1. Comprobación de interferencia en el analizador de CO

El agua y el CO₂ pueden interferir en el funcionamiento del analizador de CO; por lo tanto, se deberá hacer barbotear por agua, a temperatura ambiente, un gas de «span» de CO₂ con una concentración del 80 al 100 % del valor máximo de la escala correspondiente al máximo campo operativo utilizado durante la prueba y se registrará la respuesta del analizador. Dicha respuesta no deberá ser superior a 1 % del valor máximo de la escala para los campos operativos inferiores a 300 ppm.

1.9.2. Comprobaciones de amortiguación del analizador de NO_x

Los dos gases que pueden causar problemas en relación con los analizadores CLD (y HCLD) son el CO₂ y el vapor de agua. Las respuestas de amortiguación de estos gases son proporcionales a sus concentraciones; por lo tanto, se requieren técnicas de prueba para determinar la amortiguación a los máximos niveles de concentración que se espera encontrar durante las pruebas.

1.9.2.1. Comprobación de la amortiguación por CO₂

Se hará pasar por el analizador NDIR un gas de «span» de CO₂ con una concentración del 80 al 100 % del valor máximo de la escala correspondiente al máximo campo operativo y se registrará el valor de CO₂ como A. A continuación se diluirá aproximadamente al 50 % con gas de «span» de NO y se hará pasar por el NDIR y el (H)CLD, y se registrarán los valores de CO₂ y de NO como B y C respectivamente. Después se cortará el CO₂ de manera que sólo pase gas de «span» de NO por el (H)CLD y se registrará el valor de NO como D.

La amortiguación se calculará como sigue:

$$\% \text{ amortiguación CO}_2 = \left[1 - \left(\frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100$$

y no deberá ser superior al 3 % del valor máximo de la escala, siendo:

A = concentración de CO₂ no diluido medida con NDIR en %

B = concentración de CO₂ diluido medida con NDIR en %

C = concentración de NO diluido medida con CLD en ppm

D = concentración de NO no diluido medida con CLD en ppm

1.9.2.2. Comprobación de la amortiguación por agua

Esta comprobación sólo es aplicable a las mediciones de concentración de gas en húmedo. Para el cálculo de la amortiguación por agua, se tendrá en cuenta la dilución del gas de «span» de NO con vapor de agua y la adaptación de la escala de concentración de vapor de agua de la mezcla a la esperada durante la prueba. Se hará pasar por el (H)CLD un gas de «span» de NO con una concentración del 80 al 100 % del valor máximo de la escala correspondiente al campo operativo normal y se registrará el valor de NO como D. Se hará barbotear por agua, a la temperatura ambiente, el gas de NO y a continuación se le hará pasar por el (H)CLD y se registrará el valor de NO como C. Se determinarán la presión de trabajo absoluta del analizador y la temperatura del agua y se registrarán como E y F, respectivamente. Se determinará la presión de vapor de saturación de la mezcla correspondiente a la temperatura (F) del agua de la cuba de vargoteo y se registrará como G. La concentración de vapor de agua (en %) de la mezcla se calculará como sigue:

$$H = 100 \times \left(\frac{G}{E} \right)$$

y se registrará como H. La concentración esperada del gas de «span» de NO diluido (en vapor de agua) se calculará como sigue:

$$De = D \times \left(1 - \frac{H}{100} \right)$$

y se registrará como De. Para el escape diesel se efectuará un cálculo estimado de la máxima concentración (en %) de vapor de agua en el escape esperada la prueba, a partir de la concentración del gas de «span» de CO₂ no diluido (valor A medido de acuerdo con el punto 1.9.2.1), suponiendo una relación atómica H/C del combustible de 1,8 a 1, utilizando la fórmula siguiente:

$$Hm = 0,9 \times A$$

y se registrará como Hm.

La amortiguación por agua se calculará como sigue:

$$\% \text{ amortiguación H}_2\text{O} = 100 \times \left(\frac{De - C}{De} \right) \times \left(\frac{Hm}{H} \right)$$

y no deberá ser superior al 3 % del valor máximo de la escala.

De = concentración esperada de NO diluido (ppm)

C = concentración de NO diluido (ppm)

Hm = máxima concentración de vapor de agua (%)

H = concentración real de vapor de agua (%)

Nota: Para esta comprobación es importante que el gas de «span» de NO contenga una concentración mínima de NO₂, dado que la absorción de NO₂ en agua no se ha tenido en cuenta en los cálculos de amortiguación.

1.10. Intervalos de calibración

Los analizadores se calibrarán de acuerdo con lo dispuesto en el punto 1.5 cada tres meses como mínima o cada vez que se efectúe en el sistema una reparación o una modificación que puedan influir en el calibrado.

2. CALIBRADO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARTÍCULAS

2.1. Introducción

Todos los componentes se calibrarán con la frecuencia necesaria para cumplir las condiciones de precisión de la presente norma. En este apartado se describe el método de calibración que debe utilizarse para los componentes indicados en el punto 1.5 del apéndice 1 del Anexo III y en el Anexo V.

2.2. Medición de caudales

El calibrado de los caudalímetros de gas y de los instrumentos de medición de flujo deberá realizarse de conformidad con las normas nacionales y/o internacionales pertinentes.

El error máximo del valor medido deberá estar dentro de la tolerancia de $\pm 2\%$ de la lectura.

Si el caudal de gas se determina por medición de la diferencia de caudales, el error máximo de la diferencia deberá ser tal que la precisión de G_{EDF} esté dentro de la tolerancia de $\pm 4\%$ (véase también EGA en el punto 1.2.1.1 del Anexo V). Puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

2.3. Comprobación de la relación de dilución

Cuando se utilicen sistemas de toma de muestras de partículas sin EGA (punto 1.2.1.1 del Anexo V), se comprobará la relación de dilución para cada motor nuevo con el motor en funcionamiento y utilizando las mediciones de concentración de CO_2 o NO_x en el escape sin diluir y diluido.

La relación de dilución medida deberá estar dentro de la tolerancia de $\pm 10\%$ de la relación de dilución calculada a partir de la medición de concentración de CO_2 o NO_x .

2.4. Comprobación de las condiciones de caudal parcial

Se comprobarán y ajustarán los límites de velocidad de los gases de escape y las oscilaciones de presión de acuerdo con las prescripciones de EP en el punto 1.2.1.1 del Anexo V, cuando proceda.

2.5. Intervalos de calibración

Los instrumentos de medición de caudales se calibrarán cada tres meses como mínimo o cada vez que se introduzca en el sistema una modificación que pueda influir en la calibración.

—

Apéndice 3

1. EVALUACIÓN DE LOS DATOS Y CÁLCULOS

1.1. Evaluación de los datos sobre emisiones gaseosas

Para la evaluación de las emisiones gaseosas deberá promediarse la lectura del registro gráfico de los últimos 60 segundos de cada modalidad y, si se utiliza el método del balance de carbono, durante cada modalidad se deberán determinar las concentraciones medias (conc) de HC, CO, NO_x y CO₂ a partir de las lecturas medias del gráfico y de los correspondientes datos de calibración. Podrá utilizarse un tipo de registro distinto, siempre que garantice la adquisición de unos datos equivalentes.

Las concentraciones base medias (conc_d) podrán determinarse a partir de las lecturas del aire de dilución obtenidas en las bolsas o de las lecturas de base continuas (no en bolsa) y los datos de calibración correspondientes.

1.2. Emisiones de partículas

Para la evaluación de las partículas se registrarán, por cada modalidad, las masas totales (M_{SAM,i}) o los volúmenes totales (V_{SAM,i}) de las muestras que han pasado por los filtros.

Los filtros se devolverán a la cámara de pesaje y se acondicionarán durante una hora como mínimo, pero no durante más de ochenta horas, y a continuación se pesarán. Se anotará el peso bruto de los filtros y se restará la tara (véase el punto 3.1 del Anexo III). La masa de partículas (M_f en el método del filtro único; M_{f,i} en el método de los filtros múltiples) es la suma de las masas de partículas recogidas en los filtros primarios y auxiliares.

Si hubiere que aplicar corrección de base, se registrarán la masa (M_{DIL}) o el volumen (V_{DIL}) de aire de dilución que pase por los filtros y la masa de partículas (M_d). Si se ha efectuado más de una medición, se calculará el cociente M_d/M_{DIL} o M_d/V_{DIL} para cada una de las mediciones y se determinarán los valores medios.

1.3. Cálculo de las emisiones gaseosas

Los resultados finales de la prueba que habrán de figurar en el informe se obtendrán mediante los pasos siguientes:

1.3.1. *Determinación del caudal de gases de escape*

Se determinará el caudal de gases de escape (G_{EXHW}, V_{EXHW} o V_{EXHD}) para cada modalidad, de acuerdo con los puntos 1.2.1 a 1.2.3 del apéndice 1 del Anexo III.

Cuando se utilice un sistema de dilución de flujo total, se determinará el caudal total de gases de escape diluidos (G_{TOTW}, V_{TOTW}) para cada modalidad de acuerdo con el punto 1.2.4 del apéndice 1 del Anexo III.

1.3.2. *Corrección secolhúmedo*

Cuando se apliquen G_{EXHW}, V_{EXHW}, G_{TOTW} o V_{TOTW}, se convertirá la concentración medida a su equivalente en fase húmeda utilizando las siguientes fórmulas a menos que se haya efectuado ya la medición en fase húmeda:

$$\text{conc (húmeda)} = k_w \times \text{conc (seca)}$$

Para los gases de escape sin diluir:

$$k_{w,r,1} = \left(1 - F_{FH} \times \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} \right) - k_{w2}$$

o

$$k_{w,r,2} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \times 0,005 \times (\% \text{ CO [seca]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [seca]})} \right) - k_{w2}$$

Para los gases de escape diluidos:

$$k_{w,e,1} = \left(1 - \frac{1,88 \times \text{CO}_2 \% (\text{húmeda})}{200} \right) - k_{w1}$$

o

$$k_{w,e,2} = \left(\frac{1 - k_{w1}}{1 + \frac{1,88 \times \text{CO}_2 \% (\text{seca})}{200}} \right)$$

F_{FH} puede calcularse mediante la fórmula siguiente:

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

Para el aire de dilución:

$$k_{w,d} = 1 - k_{w1}$$

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

$$H_d = \frac{6,22 \times R_d \times P_d}{P_B - P_d \times R_d \times 10^{-2}}$$

Para el aire de admisión (si difiere del aire de dilución):

$$k_{w,a} = 1 - k_{w2}$$

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

$$H_a = \frac{6,22 \times R_a \times P_a}{P_B - P_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

siendo:

H_a = humedad absoluta del aire de admisión en g de agua por kg de aire seco

H_d = humedad absoluta del aire de dilución en g de agua por kg de aire seco

R_d = humedad relativa del aire de dilución en %

R_a = humedad relativa del aire de admisión en %

P_d = presión de saturación de vapor del aire de dilución en kPa

P_a = presión de saturación de vapor del aire de admisión en kPa

P_B = presión barométrica total en kPa

1.3.3. Corrección de humedad para NO_x

Dado que la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, se deberá corregir la concentración de NO_x en función de la temperatura y la humedad del aire ambiente utilizando los factores K_H determinados según la fórmula siguiente:

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

siendo:

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

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

T = temperaturas del aire en °K

$$\frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} = \text{relación combustible/aire (con aire seco)}$$

H_a = humedad del aire de admisión, 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, %

P_a = presión de saturación de vapor del aire de admisión, kPa

P_B = presión barométrica total, kPa

1.3.4. Cálculo de los gastos máscicos de emisiones

Los gastos máscicos de emisiones de cada modalidad se calcularán como sigue:

a) para los gases de escape sin diluir⁽¹⁾:

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = u \times \text{conc} \times G_{\text{EXHW}}$$

o

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = v \times \text{conc} \times V_{\text{EXHD}}$$

o

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = w \times \text{conc} \times V_{\text{EXHW}}$$

b) para los gases de escape diluidos⁽¹⁾:

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = u \times \text{conc}_c \times G_{\text{TOTW}}$$

o:

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = w \times \text{conc}_c \times V_{\text{TOTW}}$$

siendo:

conc_c = concentración base corregida

$$\text{conc}_c = \text{conc} - \text{conc}_d \times [1 - (1/DF)]$$

$$DF = 13,4 / [\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{conc HC}) \times 10^{-4}]$$

o

$$DF = 13,4 / \text{concCO}_2$$

Los coeficientes u — húmedo, v — seco, w — húmedo se utilizarán de acuerdo con la tabla siguiente:

Gas	u	v	w	conc
NO _x	0,001587	0,002053	0,002053	ppm
CO	0,000966	0,00125	0,00125	ppm
HC	0,000479	—	0,000619	ppm
CO ₂	15,19	19,64	19,64	por cien

La densidad de HC se basa en una relación media de carbono a hidrógeno de 1/1,85.

⁽¹⁾ En el caso del NO_x se multiplicará la concentración de NO_x (NO_xconc o NO_xconc_c) por K_{HNOX} (factor de corrección de humedad para NO_x mencionado en el punto 1.3.3) como sigue:

$$K_{\text{HNOX}} \times \text{conc} \text{ o } K_{\text{HNOX}} \times \text{conc}_c$$

1.3.5. Cálculo de las emisiones específicas

Se calculará la emisión específica (g/kWh) de cada uno de los componentes utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Gas individual} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Gas}_{\text{mass}_i} \times \text{WF}_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times \text{WF}_i}$$

siendo $P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$.

Los factores de ponderación y el número de modalidades n utilizados en el cálculo anterior están de acuerdo con lo señalado en el punto 3.6.1 del Anexo III.

1.4. Cálculo de la emisión de partículas

La emisión de partículas se calculará como sigue:

1.4.1. Factor de corrección de humedad para partículas

Dado que la emisión de partículas en los motores diesel depende de las condiciones del aire ambiente, el gasto másico de partículas se corregirá en función de la humedad del aire ambiente aplicando el factor K_p determinado por medio de la fórmula siguiente:

$$K_p = 1/[1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71)]$$

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

$$H_a = \frac{6,22 \times R_a \times P_a}{P_B - P_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a = humedad relativa del aire de admisión, %

P_a = presión de saturación de vapor del aire de admisión, kPa

P_B = presión barométrica total, kPa.

1.4.2. Sistema de dilución de flujo parcial

Los resultados finales de la prueba que han de incluirse en el informe se determinarán mediante los pasos que se indican seguidamente. Dado que pueden utilizarse diferentes tipos de control del caudal de dilución, los métodos aplicables para el cálculo del gasto másico de gases de escape diluidos G_{EDF} o del gasto volumétrico de gases de escape diluidos V_{EDF} diferirán igualmente. Todos los cálculos se basarán en los valores medios de las distintas modalidades (i) obtenidos durante el período de toma de muestras.

1.4.2.1. Sistemas isocinéticos

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

o:

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

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

o:

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

siendo r la relación entre las áreas de las secciones transversales de la sonda isocinética A_p y de la sonda de escape A_T :

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

1.4.2.2. Sistemas con medición de la concentración de CO₂ o NO_x

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

o:

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

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

Conc_E = concentración húmeda del gas indicador en el escape sin diluirConc_D = concentración húmeda del gas indicador en el escape diluidoConc_A = concentración húmeda del gas indicador en el aire de dilución

Las concentraciones medidas en fase seca se convertirán a fase húmeda de acuerdo con lo indicado en el punto 1.3.2 del presente apéndice.

1.4.2.3. Sistemas con medición de CO₂ método del balance de carbono

$$G_{EDFW,i} = \frac{206,6 \times G_{FUEL,i}}{\text{CO}_{2D,i} - \text{CO}_{2A,i}}$$

CO_{2D} = concentración de CO₂ en el escape diluidoCO_{2A} = concentración de CO₂ en el aire de dilución

(concentraciones en % de volumen en fase húmeda)

Esta ecuación se basa en el supuesto del balance de carbono (los átomos de carbono suministrados al motor se emiten en forma de CO₂) y se determina por medio de los pasos siguientes:

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

y

$$q_i = \frac{206,6 \times G_{FUEL,i}}{G_{EXHW,i} \times (\text{CO}_{2D,i} - \text{CO}_{2A,i})}$$

1.4.2.4. Sistemas con medición de caudal

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

y

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

1.4.3. Sistema de dilución de flujo total

Los resultados finales de la prueba de emisión de partículas que deberán incluirse en el informe se obtendrán mediante los pasos indicados a continuación.

Todos los cálculos se basarán en los valores medios de las diferentes modalidades i obtenidos durante el período de toma de muestras.

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

o

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

1.4.4. Cálculo del gasto másico de partículas

El gasto másico de partículas se calculará como sigue:

En el caso del método del filtro único:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} \times \frac{(G_{EDFW})_{\text{aver}}}{1\,000}$$

o

$$PT_{\text{mass}} = \frac{M_f}{V_{\text{SAM}}} \times \frac{(V_{EDFW})_{\text{aver}}}{1\,000}$$

A lo largo del ciclo de prueba, $(G_{EDFW})_{aver}$, $(V_{EDFW})_{aver}$, $(M_{SAM})_{aver}$ y $(V_{SAM})_{aver}$ se determinarán sumando los valores medios de las distintas modalidades obtenidos durante el período de toma de muestras:

$$(G_{EDFW})_{aver} = \sum_{i=1}^n G_{EDFW,i} \times WF_i$$

$$(V_{EDFW})_{aver} = \sum_{i=1}^n V_{EDFW,i} \times WF_i$$

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

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

siendo $i = 1, \dots, n$

En el caso del método de los filtros múltiples:

$$PT_{mass,i} = \frac{M_{f,i}}{M_{SAM,i}} \times \frac{(G_{EDFW,i})}{1\ 000}$$

o

$$PT_{mass,i} = \frac{M_{f,i}}{V_{SAM,i}} \times \frac{(V_{EDFW,i})}{1\ 000}$$

siendo $i = 1, \dots, n$

Se podrá efectuar la corrección de base del gasto másico de partículas por el siguiente procedimiento:

En el caso del método del filtro único:

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

o

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{V_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{(V_{EDFW})_{aver}}{1\ 000} \right]$$

Si se efectúa más de una medición, (M_d/M_{DIL}) o (M_d/V_{DIL}) se sustituirán por $(M_d/M_{DIL})_{aver}$ o $(M_d/V_{DIL})_{aver}$ respectivamente.

$$DF = \frac{13,4}{\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4}}$$

o

$$DF = 13,4/\text{concCO}_2$$

En el caso del método de los filtros múltiples:

$$PT_{mass,i} = \left[\frac{M_{f,i}}{M_{SAM,i}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{G_{EDFW,i}}{1\ 000} \right]$$

o

$$PT_{mass,i} = \left[\frac{M_{f,i}}{V_{SAM,i}} - \left(\frac{M_d}{V_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{V_{EDFW,i}}{1\ 000} \right]$$

Si se efectúa más de una medición (M_d/M_{DIL}) o (M_d/V_{DIL}) se sustituirán por $(M_d/M_{DIL})_{aver}$ o $(M_d/V_{DIL})_{aver}$ respectivamente.

$$DF = \frac{13,4}{\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4}}$$

o

$$DF = 13,4/\text{concCO}_2$$

1.4.5. *Cálculo de las emisiones específicas*

La emisión específica de partículas PT (g/kWh) se calculará como sigue⁽¹⁾:

En el caso del método del filtro único:

$$PT = \frac{PT_{\text{mass}}}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

En el caso del método de los filtros múltiples:

$$PT = \frac{\sum_{i=1}^n PT_{\text{mass},i} \times WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

$$P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$$

1.4.6. *Factor de ponderación eficaz*

En el método del filtro único, el factor de ponderación eficaz $WF_{E,i}$ de cada modalidad se calculará como sigue:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{SAM,i} \times (G_{EDFW})_{\text{aver}}}{M_{SAM} \times (G_{EDFW,i})}$$

o

$$WF_{E,i} = \frac{V_{SAM,i} \times (V_{EDFW})_{\text{aver}}}{V_{SAM} \times (V_{EDFW,i})}$$

siendo $i = 1, \dots, n$

El valor de los factores de ponderación eficaces deberá coincidir con el de los factores de ponderación enumerados en el punto 3.6.1 del Anexo III, con una tolerancia de $\pm 0,005$ (valor absoluto).

⁽¹⁾ El gasto másico de partículas PT_{mass} se multiplicará por K_p (factor de corrección de humedad para partículas indicado en el punto 1.4.1).

ANEXO IV

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMBUSTIBLE DE REFERENCIA PRESCRITO PARA
LAS PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN Y PARA COMPROBAR LA CONFORMIDAD DE LA
PRODUCCIÓN**

COMBUSTIBLE DE REFERENCIA PARA MÁQUINAS MÓVILES NO DE CARRETERA⁽¹⁾

Nota: Las propiedades más importantes en relación con el rendimiento del motor y las emisiones de escape se indican en negrita.

	Límites y unidades ⁽²⁾	Método de prueba
Índice de cetano ⁽⁴⁾	mínimo 45 ⁽⁷⁾ máximo 50	ISO 5165
Densidad a 15 °C	mínimo 835 kg/m ³ máximo 845 kg/m ³ ⁽¹⁰⁾	ISO 3675, ASTM D 4052
Destilación ⁽³⁾ — 95 %	370 °C máximo	ISO 3405
Viscosidad a 40 °C	2,5 mm ² /s mínimo 3,5 mm ² /s máximo	ISO 3104
Contenido de azufre	0,1 % mínimo en masa ⁽⁹⁾ 0,2 % máximo en masa ⁽⁸⁾	ISO 8754, EN 24260
Punto de inflamación	55 °C mínimo	ISO 2719
CFPP	- mínimo + 5 °C máximo	EN 116
Corrosión lámina de cobre	1 máximo	ISO 2160
Carbono Conradson en el residuo (10 % DR)	0,3 máximo % en masa	ISO 10370
Contenido de cenizas	0,01 máximo % en masa	ASTM D 482 ⁽¹²⁾
Contenido de agua	0,05 máximo % en masa	ASTM D 95, D 1744
Índice de neutralización (acidez fuerte)	0,20 mg KOH/g mínimo	
Resistencia a la oxidación ⁽⁵⁾	2,5 mg/100 ml máximo	ASTM D 2274
Aditivos ⁽⁶⁾		

Nota 1: Si fuese necesario calcular el rendimiento térmico de un motor o un vehículo, se podrá calcular el valor calorífico del combustible utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Energía específica (valor calorífico) (neta) MJ/kg} = (46,423 - 8,792 \cdot d^2 + 3,17 \cdot d) \times (1 - (x + y + s)) + 9,42 \cdot s - 2,499 \cdot x$$

d = densidad a 15 °C
 x = proporción en masa de agua (%/100)
 y = proporción en masa de cenizas (%/100)
 s = proporción en masa de azufre (%/100)

Nota 2: Los valores indicados en las características son «valores verdaderos». Para establecer sus valores límite se han aplicado los términos de ASTM D3244 «Definición de una base para resolver controversias sobre calidad de los productos del petróleo» y para establecer un valor mínimo se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2 R sobre cero; para establecer un valor máximo y uno mínimo, la diferencia mínima es 4 R (R = reproducibilidad).

Sin perjuicio de esta medida, necesaria por razones estadísticas, el fabricante de combustible deberá procurar obtener un valor de cero cuando el valor máximo estipulado sea 2 R y el valor medio cuando se indiquen los límites máximo y mínimo. Si fuese necesario aclarar la cuestión de si un determinado combustible cumple las condiciones prescritas, se aplicarán los términos de ASTM D 3244.

- Nota 3:* Las cifras indicadas corresponden a las cantidades evaporadas (porcentaje recuperado + porcentaje perdido).
- Nota 4:* El índice de cetano no está de acuerdo con la diferencia mínima prescrita de 4 R. No obstante, en caso de controversia entre el proveedor y el usuario del combustible se aplicarán los términos de ASTM D3244 para resolver la controversia, a condición de que se efectúen mediciones repetidas, en número suficiente para conseguir la precisión necesaria, en lugar de determinaciones únicas.
- Nota 5:* Aunque la resistencia a la oxidación esté controlada, es probable que la duración en almacén sea limitada. Se deberá solicitar asesoramiento al proveedor en lo relativo a las condiciones de almacenamiento y duración en almacén.
- Nota 6:* El combustible deberá obtenerse únicamente por destilación directa, a base de componentes procedentes de la destilación fraccionada de hidrocarburos; se permite la desulfuración. No deberá contener ningún aditivo metálico ni aditivos para mejorar el índice de cetano.
- Nota 7:* Pueden usarse valores inferiores, en cuyo caso deberá indicarse en el informe el índice de cetano del combustible de referencia utilizado.
- Nota 8:* Pueden usarse valores superiores, en cuyo caso deberá indicarse en el informe el contenido de azufre del combustible de referencia utilizado.
- Nota 9:* Estará sujeto a revisión constante en función de las tendencias de los mercados. A efectos de la homologación inicial de un motor sin postratamiento de los gases de escape a petición del solicitante se admitirá un contenido mínimo de azufre en peso de 0,050 %, en cuyo caso el nivel medido de partículas deberá corregirse al alza hasta el valor medio especificado nominalmente para el contenido de azufre del combustible (0,150 % en peso), por medio de la ecuación siguiente:

$$PT_{\text{adj}} = PT + [\text{SFC} \times 0,0917 \times (\text{NSLF} - \text{FSF})]$$

siendo:

PT_{adj} = el valor PT ajustado (g/kWh)

PT = el valor específico medido ponderado de emisión de partículas (g/kWh)

SFC = el consumo específico ponderado de combustible (g/kWh) calculado según la fórmula que figura más abajo

NSLF = la media de la especificación nominal de la fracción de masa de la proporción de azufre (o sea, 0,15 %/100)

FSF = fracción de masa de la proporción de azufre del combustible (%/100)

La ecuación para el cálculo del consumo específico de combustible ponderado es la siguiente:

$$\text{SFC} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{\text{FUEL},i} \times \text{WF}_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times \text{WF}_i}$$

siendo:

$$P_i = P_{m,i} + P_{\text{AE},i}$$

A los efectos de las evaluaciones de conformidad de la producción de acuerdo con el punto 5.3.2 del Anexo I, los requisitos deberán cumplirse utilizando un combustible de referencia con una proporción de azufre que esté dentro de los niveles mínimo y máximo de 0,1/0,2 % de la masa.

- Nota 10:* Podrán usarse valores superiores hasta 855 kg/m³, en cuyo caso deberá indicarse la densidad del combustible de referencia empleado. A los efectos de las evaluaciones de conformidad de la producción de acuerdo con el punto 5.3.2 del Anexo I, los requisitos deberán cumplirse utilizando un combustible de referencia que esté dentro de los niveles mínimo y máximo de 835/845 kg/m³.
- Nota 11:* Todas las características y valores límite de los combustibles estarán sujetos a revisión en función de las tendencias de los mercados.
- Nota 12:* Se sustituirá por la norma EN/ISO 6245 con efectos a partir de la fecha de aplicación.

ANEXO V

1. SISTEMA DE ANÁLISIS Y DE TOMA DE MUESTRAS

SISTEMAS DE TOMA DE MUESTRAS DE GASES Y DE PARTÍCULAS

Figura número	Descripción
2	Sistema de análisis de gases de escape para escape sin diluir
3	Sistema de análisis de gases de escape para escape diluido
4	Flujo parcial, flujo isocinético, control del ventilador aspirante, toma de muestras fraccionada
5	Flujo parcial, flujo isocinético, control del ventilador impelente, toma de muestras fraccionada
6	Flujo parcial, control de CO ₂ o NO _x , toma de muestras fraccionada
7	Flujo parcial, balance de CO ₂ y de carbono, toma de muestras total
8	Flujo parcial, Venturi sencillo y medición de concentración, toma de muestras fraccionada
9	Flujo parcial, Venturi u orificio doble y medición de concentración, toma de muestras fraccionada
10	Flujo parcial, división en tubos múltiples y medición de concentración, toma de muestras fraccionada
11	Flujo parcial, control de flujo, toma de muestras total
12	Flujo parcial, control de flujo, toma de muestras fraccionada
13	Flujo total, bomba volumétrica o Venturi de flujo crítico, toma de muestras fraccionada
14	Sistema de toma de muestras de partículas
15	Sistema de dilución para el sistema de flujo total

1.1. Determinación de las emisiones gaseosas

El punto 1.1.1 y las figuras 2 y 3 contienen descripciones detalladas de los sistemas recomendados de toma de muestras y de análisis. Dado que existen diversas configuraciones que pueden producir resultados equivalentes, no es obligatorio atenerse exactamente a estas figuras. Podrán utilizarse componentes adicionales, tales como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas y conmutadores, para obtener información adicional y coordinar las funciones de los sistemas componentes. Asimismo podrán excluirse otros componentes que no sean necesarios para mantener la precisión en algunos sistemas, siempre que su exclusión se base en criterios técnicos bien fundados.

1.1.1. Componentes gaseosos del escape CO, CO₂, HC, NO_x

Se describe un sistema de análisis para la determinación de las emisiones gaseosas en los gases de escape sin diluir o diluidos, basado en la utilización de los instrumentos siguientes:

- analizador HFID para la medición de hidrocarburos,
- analizadores NDIR para la medición de monóxido de carbono y de dióxido de carbono,
- analizador HCLD o equivalente para la medición de óxido de nitrógeno.

En lo relativo a los gases de escape no diluidos (véase la figura 2), la muestra de todos los componentes podrá tomarse con una sola sonda de toma o con dos sondas situadas en puntos muy próximos entre sí y divididas internamente para los diferentes analizadores. Se deberán tomar precauciones para evitar la presencia de condensación o de componentes del escape (agua y ácido sulfúrico incluidos) en cualquier punto del sistema de análisis.

En lo relativo a los gases de escape diluidos (véase la figura 3), la muestra de hidrocarburos se tomará con una sonda distinta de la utilizada para tomar las muestras de los restantes componentes. Se deberán tomar precauciones para evitar la presencia de condensación o de componentes del escape (agua y ácido sulfúrico incluidos) en cualquier punto del sistema de análisis.

Figura 2

Diagrama de flujo del sistema de análisis de gases de escape para CO, NO_x y HC

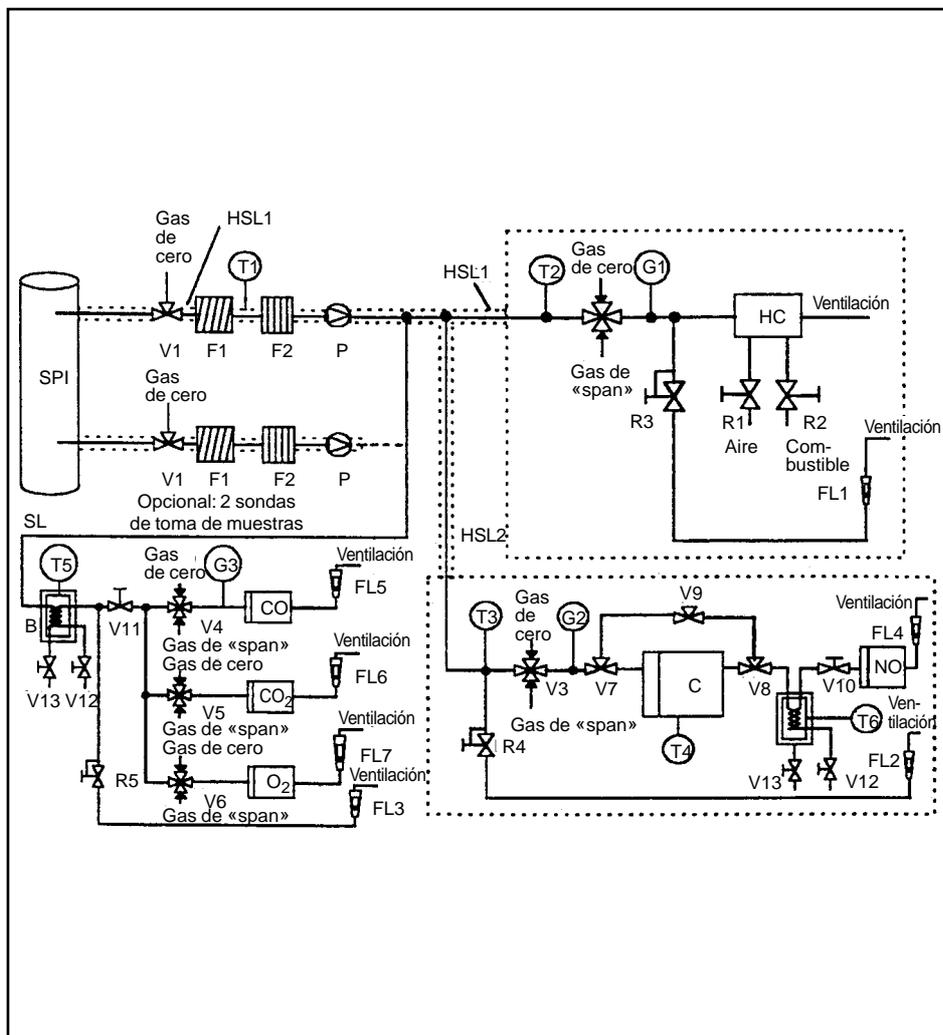
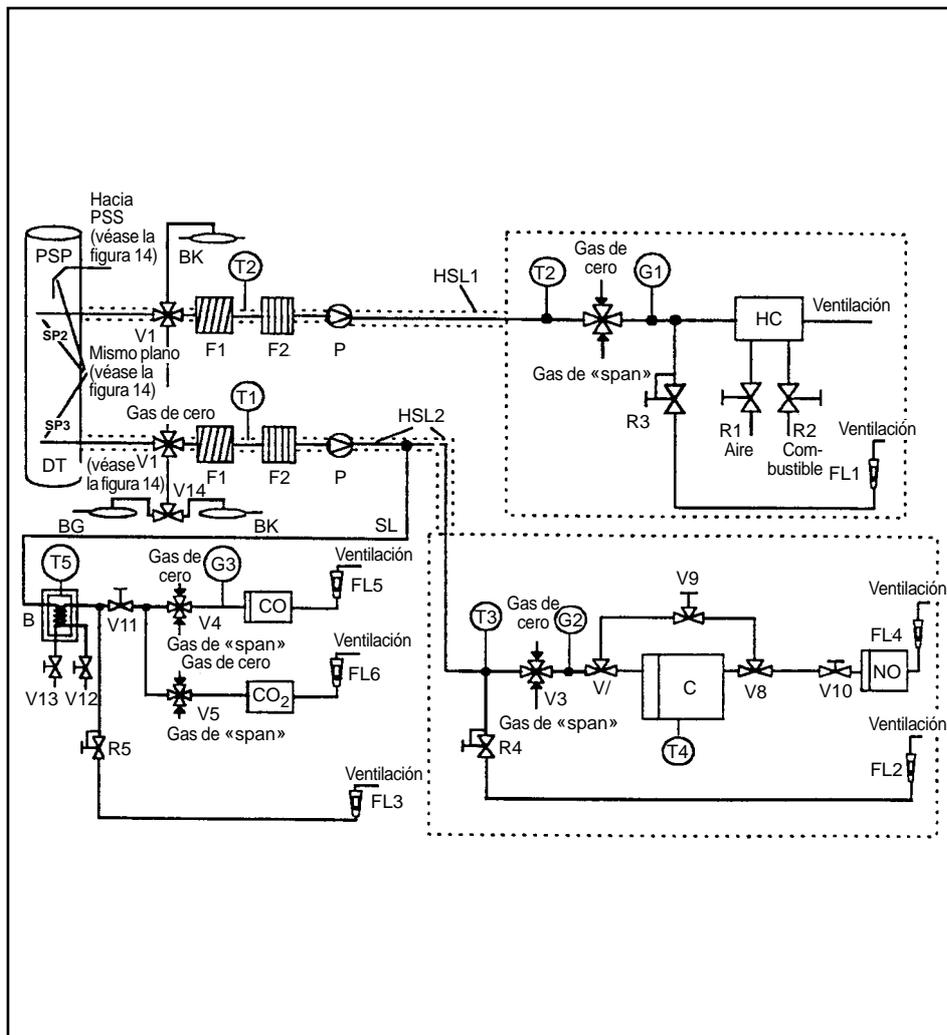


Figura 3

Diagrama de flujo del sistema de análisis de gases de escape diluidos para CO, CO₂, NO_x y HC



Descripciones: figuras 2 y 3

Condición general:

Todos los componentes del circuito de toma de muestras de gases se mantendrán a la temperatura prescrita para los respectivos sistemas.

— Sonda SP1 de toma de gases de escape sin diluir (figura 2 únicamente)

Se recomienda utilizar una sonda de acero inoxidable recta, cerrada por el extremo y con múltiples orificios. El diámetro interior no deberá ser superior al del conducto de toma de muestras. El espesor de pared de la sonda no deberá ser superior a 1 mm. Deberá haber, como mínimo, tres orificios en tres planos radiales diferentes, dimensionados para tomar aproximadamente el mismo caudal de muestra cada uno. La sonda deberá abarcar como mínimo, en sentido transversal, aproximadamente el 80 % del diámetro del tubo de escape.

— Sonda SP2 de toma de HC en los gases de escape diluidos (figura 3 únicamente)

La sonda deberá:

- estar definida como los primeros 254 mm a 762 mm del conducto de toma de muestras de hidrocarburos (HSL3);
- tener un diámetro interior de 5 mm como mínimo;
- montarse en el túnel de dilución DT (punto 1.2.1.2) en un punto en que el aire de dilución y los gases de escape estén bien mezclados (es decir, a una distancia de aproximadamente diez veces el diámetro del túnel corriente abajo del punto en que los gases de escape entran en el túnel de dilución);

- hallarse a suficiente distancia (en sentido radial) de las demás sondas y de las paredes del túnel para estar exenta de la influencia de perturbaciones aerodinámicas o corrientes de Foucault;
 - caldearse con objeto de aumentar la temperatura de la corriente de gases hasta 463 °K (190 °C) \pm 10 °K a la salida de la sonda.
- *Sonda SP3 de toma de CO, CO₂, NO_x en los gases de escape diluidos* (figura 3 únicamente)
- La sonda deberá:
- estar en el mismo plano que SP2;
 - hallarse a suficiente distancia (en sentido radial) de las demás sondas y de las paredes del túnel para estar exenta de la influencia de perturbaciones aerodinámicas o corrientes de Foucault;
 - estar caldeada y aislada en toda su longitud hasta una temperatura de 328 °K (55 °C) como mínimo para evitar la condensación de agua.
- *Conducto de toma de muestras caldeado HSL1:*
- El conducto de toma permite enviar muestras desde una sola sonda hasta el punto o puntos de división y el analizador de HC.
- El conducto de toma de muestras deberá:
- tener un diámetro interior de 5 mm como mínimo y 13,5 mm como máximo;
 - estar hecho de acero inoxidable o PTFE;
 - mantener una temperatura de pared de 463 °K (190 °C) \pm 10 °K medidos en cada una de las secciones caldeadas controladas por separado, si la temperatura de los gases de escape en la sonda de toma es igual o inferior a 463 °K (193 °C);
 - mantener una temperatura de pared superior a 453 °K (180 °C), si la temperatura de los gases de escape en la sonda de toma es superior a 463 K (190 °C);
 - mantener los gases a una temperatura de 463 °K (190 °C) \pm 10 °K inmediatamente antes del filtro caldeado (F2) y del HFID.
- *Conducto de toma de muestras de NO_x caldeado HSL2*
- El conducto de toma de muestras deberá:
- mantener una temperatura de pared de 328 a 473 °K (55 a 200 °C) hasta el convertidor cuando se utilice un baño de refrigeración y hasta el analizador cuando no se utilice dicho baño;
 - estar hecho de acero inoxidable o PTFE.
- Puesto que el conducto de toma de muestras sólo es necesario caldearlo para evitar la condensación de agua y ácido sulfúrico, la temperatura del conducto de toma dependerá del contenido en azufre del combustible.
- *Conducto de toma de muestras SL para CO (CO₂)*
- El conducto estará hecho de PTFE o acero inoxidable. Podrá estar caldeado o no.
- *Bolsa de concentraciones base BK* (opcional; figura 3 únicamente)
- Para la medición de las concentraciones base únicamente.
- *Bolsa de concentraciones en muestra BG* (opcional; figura 3 CO y CO₂ únicamente)
- Para la medición de las concentraciones en la muestra.
- *Prefiltro caldeado F1* (opcional)
- La temperatura será la misma que para HSL1.
- *Filtro caldeado F2*
- El filtro extraerá cualquier partícula sólida contenida en la muestra de gases antes del analizador. La temperatura será la misma que para HSL1. El filtro se sustituirá cuando sea necesario.
- *Bomba de toma de muestras caldeada P*
- La bomba se calentará hasta la temperatura de HSL1.

- *HC*
Detector de ionización de llama caldeado (HFID) para la determinación de los hidrocarburos. La temperatura deberá mantenerse en un nivel de 453 a 473 °K (180 a 200 °C).
- *CO, CO₂*
Analizadores NDIR para la determinación del monóxido de carbono y del dióxido de carbono.
- *NO₂*
Analizador (H)CLD para la determinación de los óxidos de nitrógeno. Si se utiliza un HCLD, deberá mantenerse a una temperatura de 328 a 473 °K (55 a 200 °C).
- *Convertidor C*
Se utilizará un convertidor para la reducción catalítica de NO₂ a NO antes del análisis en el CLD o el HCLD.
- *Baño de refrigeración B*
Para enfriar y condensar el agua de la muestra de gases de escape. El baño deberá mantenerse a una temperatura de 273 a 277 °K (0 a 4 °C) mediante hielo o refrigeración. Es opcional si el analizador está libre de interferencias de vapor de agua tal como se señala en los puntos 1.9.1 y 1.9.2 del apéndice 3 del Anexo III.
No se permite la utilización de desecantes químicos para eliminar el agua de la muestra.
- *Sensor de temperatura T1, T2, T3*
Para vigilar la temperatura de la corriente de gases.
- *Sensor de temperatura T4*
Temperatura del convertidor de NO₂ a NO.
- *Sensor de temperatura T5*
Para vigilar la temperatura del baño de refrigeración.
- *Manómetro G1, G2, G3*
Para medir la presión en los conductos de toma de muestras.
- *Regulador de presión R1, R2*
Para regular la presión del aire y el combustible, respectivamente, para el HFID.
- *Regulador de presión R3, R4, R5*
Para regular la presión en los conductos de toma de muestras y el flujo hacia los analizadores.
- *Caudalímetro FL1, FL2, FL3*
Para vigilar el caudal de muestra en «bypass».
- *Caudalímetro (opcional) FL4 a FL7*
Para vigilar el caudal que pasa por los analizadores.
- *Válvula selectora V1 a V6*
Válvulas adecuadas para seleccionar el flujo de muestra, gas de «span» o flujo de gas hacia el analizador.
- *Válvula solenoide V7, V8*
Para eludir el convertidor de NO₂ a NO.
- *Válvula de aguja V9*
Para equilibrar el flujo que pasa por el convertidor de NO₂ a NO y el «bypass».
- *Válvula de aguja V10, V11*
Para regular los flujos enviados a los analizadores.

— *Válvula basculante V12, V13*

Para drenar el condensado procedente del baño B.

— *Válvula selectora V14*

Selecciona la bolsa de muestra o la de concentración base.

1.2. Determinación de las partículas

Los puntos 1.2.1 y 1.2.2 y las figuras 4 a 15 contienen descripciones detalladas de los sistemas recomendados de dilución y toma de muestras. Dado que existen diversas configuraciones que pueden producir resultados equivalentes, no es obligatorio atenerse exactamente a estas figuras. Podrán utilizarse componentes adicionales, tales como instrumentos, válvulas, solenoides, bombas y conmutadores, para obtener información adicional y coordinar las funciones de los sistemas componentes. Asimismo podrán excluirse otros componentes que no sean necesarios para mantener la precisión en algunos sistemas, siempre que su exclusión se base en criterios técnicos bien fundados.

1.2.1. Sistema de dilución

1.2.1.1. Sistema de dilución de flujo parcial (figuras 4 a 12)

Se describe un sistema de dilución basado en la dilución de una parte de la corriente de gases de escape. La división de la corriente de escape y el posterior proceso de dilución pueden llevarse a cabo mediante distintos tipos de sistemas de dilución. Para la recogida de partículas subsiguiente puede hacerse pasar la totalidad de los gases de escape diluidos o sólo una porción de esos gases al sistema de muestras de partículas (figura 14 del punto 1.2.2). El primer método se denomina «tipo de toma de muestras total» y el segundo, «tipo de toma de muestras fraccionada».

El cálculo de la relación de dilución depende del tipo de sistema utilizado. Se recomiendan los tipos siguientes:

— *Sistemas isocinéticos* (figuras 4 y 5)

Con estos sistemas, el flujo que llega al tubo de transferencia se iguala en velocidad y/o presión de los gases con el flujo de escape general, por lo que requiere un flujo de escape uniforme y sin perturbaciones hacia la sonda de toma. Esto se consigue normalmente utilizando un resonador y un tubo de aproximación recto antes del punto de toma de muestras. A continuación se calcula la relación de división a partir de valores fácilmente mensurables, tales como diámetros de tubo. Hay que señalar que la isocinética se utiliza únicamente para igualar las condiciones de flujo, no la distribución de tamaños. Esto último no es normalmente necesario, dado que las partículas son lo suficientemente pequeñas para seguir las líneas de flujo del fluido.

— *Sistemas de flujo controlado con medición de la concentración* (figuras 6 a 10)

Con estos sistemas se toma una muestra de la corriente de escape general ajustando el caudal de aire de dilución y el caudal total de escape que se diluye. La relación de dilución se determina a partir de las concentraciones de los gases indicadores, tales como el CO₂ o el NO_x, presentes de modo natural en el escape del motor. Se miden las concentraciones en los gases de escape diluidos y en el aire de dilución, en tanto que la concentración en los gases de escape sin diluir puede medirse directamente o determinarse a partir del caudal de combustible y de la ecuación de balance de carbono si se conoce la composición del combustible. Los sistemas pueden estar controlados por la relación de dirección calculada (figuras 6 y 7) o por el flujo que llega al tubo de transferencia (figuras 8, 9 y 10).

— *Sistemas de flujo controlado con medición del flujo* (figuras 11 y 12)

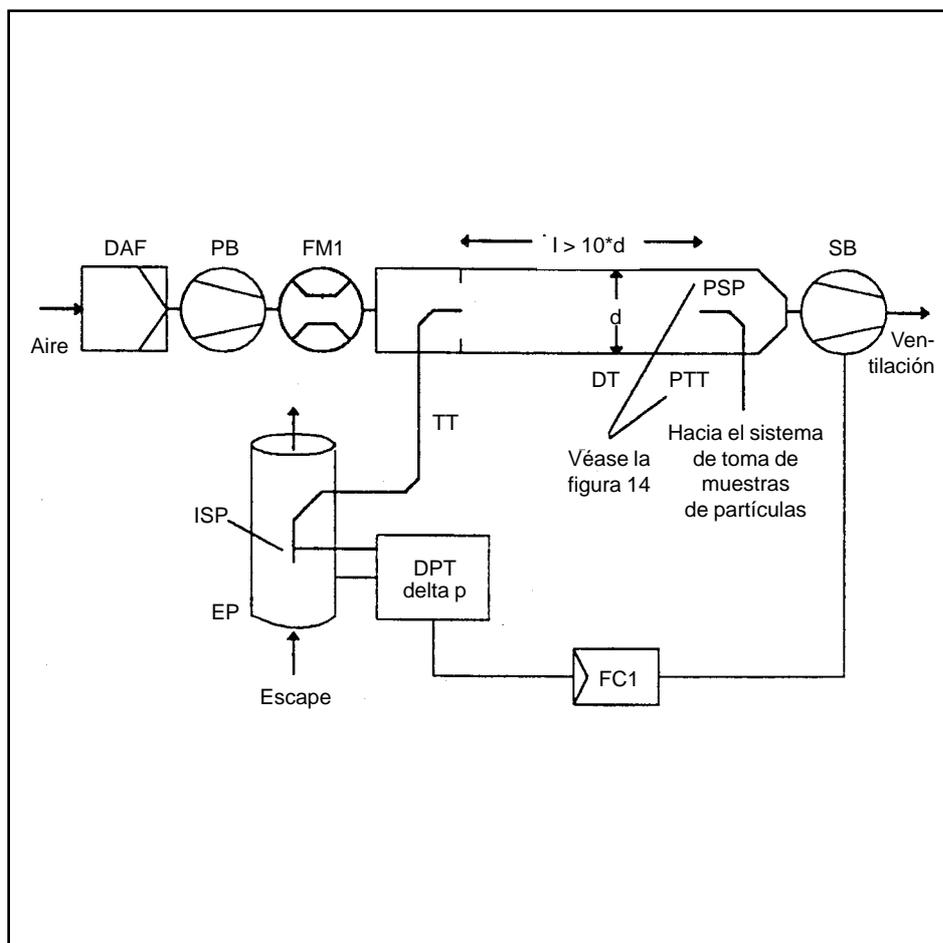
Con estos sistemas se toma una muestra de la corriente de escape general ajustando el caudal de aire de dilución y el caudal total de escape diluido. La relación de dilución se determina a partir de la diferencia entre ambos caudales. Es necesaria una gran precisión recíproca en la calibración de los caudalímetros, dado que la magnitud relativa de los dos caudales puede conducir a errores considerables cuando las relaciones de dilución son elevadas (figuras 9 y siguientes). Se consigue un control del caudal muy directo manteniendo constante el caudal de escape diluido y variando el caudal de aire de dilución si es necesario.

Para conseguir las ventajas de los sistemas de dilución de flujo parcial, es preciso tomar precauciones a fin de evitar los posibles problemas de la pérdida de partículas en el tubo de transferencia, asegurándose de que se tome una muestra representativa del escape del motor, y la determinación de la relación de división.

En los sistemas que se describen se tienen en cuenta estos aspectos críticos.

Figura 4

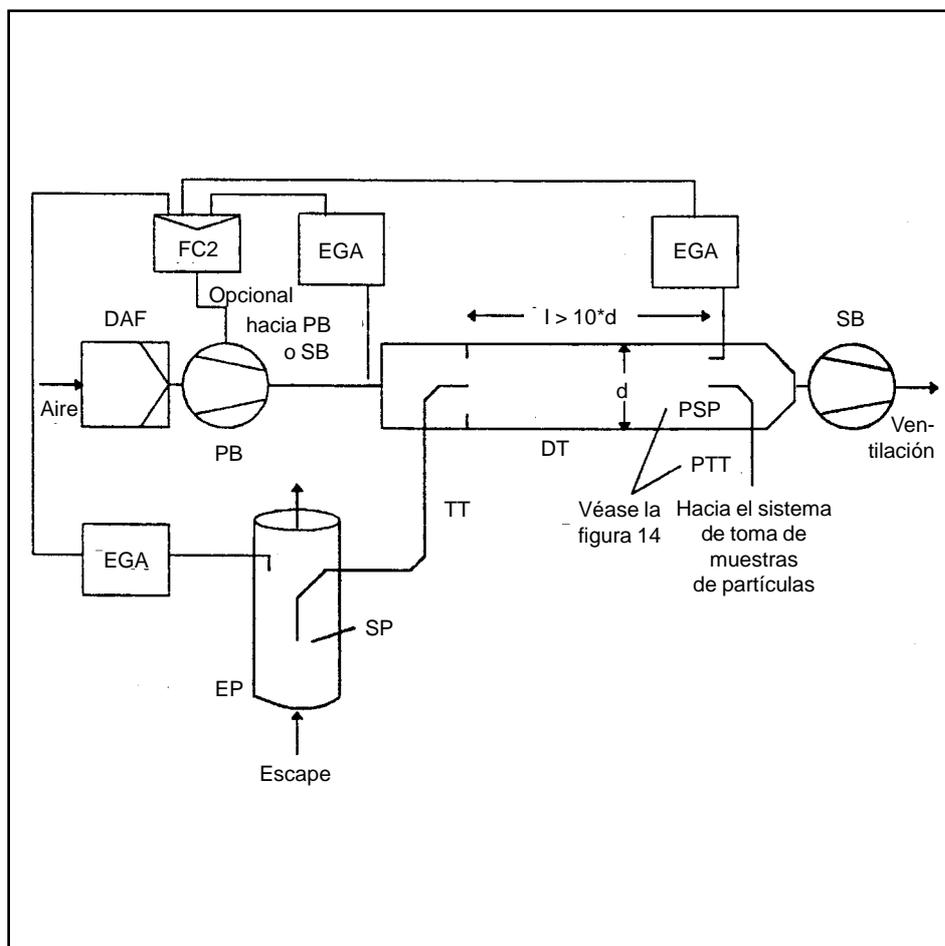
Sistema de dilución de flujo parcial con sonda isocinética y toma de muestras fraccionada (control SB)



La sonda de toma isocinética ISP transfiere los gases de escape sin diluir desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por el tubo de transferencia TT. La diferencia de presión de los gases de escape entre el tubo de escape y la entrada a la sonda se mide con el transductor de presión DPT. Esta señal se transmite al controlador de flujo FC1, que controla al ventilador aspirante SB para mantener una diferencia de presión cero en el extremo de la sonda. En estas condiciones, las velocidades de los gases de escape en EP e ISP son idénticas y el flujo que pasa por ISP y TT es una fracción constante (división) del flujo de gases de escape. La relación de división se determina a partir de las áreas de las secciones transversales de EP e ISP. El caudal de aire de dilución se mide con el dispositivo FM1. La relación de dilución se calcula a partir del caudal de aire de dilución y de la relación de división.

Figura 6

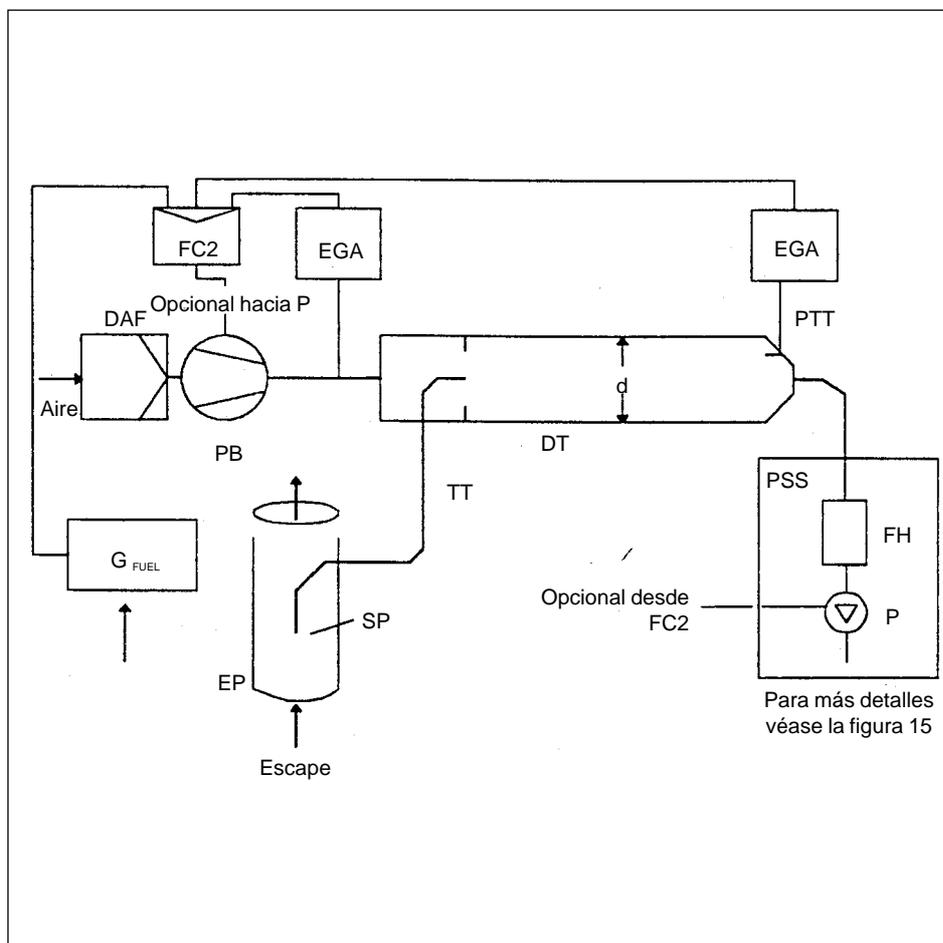
Sistema de dilución de flujo parcial con medición de la concentración de CO₂ o NO_x y toma de muestras fraccionada



La sonda de toma de muestras SP transfiere los gases de escape sin diluir desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por el tubo de transferencia TT. Con el analizador o analizadores de gases de escape EGA se miden las concentraciones de un gas indicador (CO₂ o NO_x) en los gases de escape sin diluir y diluidos y en el aire de dilución. Estas señales se transmiten al controlador de flujo FC2, que controla al ventilador impulsante PB o al ventilador aspirante 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 indicador en los gases de escape sin diluir, los gases de escape diluidos y el aire de dilución.

Figura 7

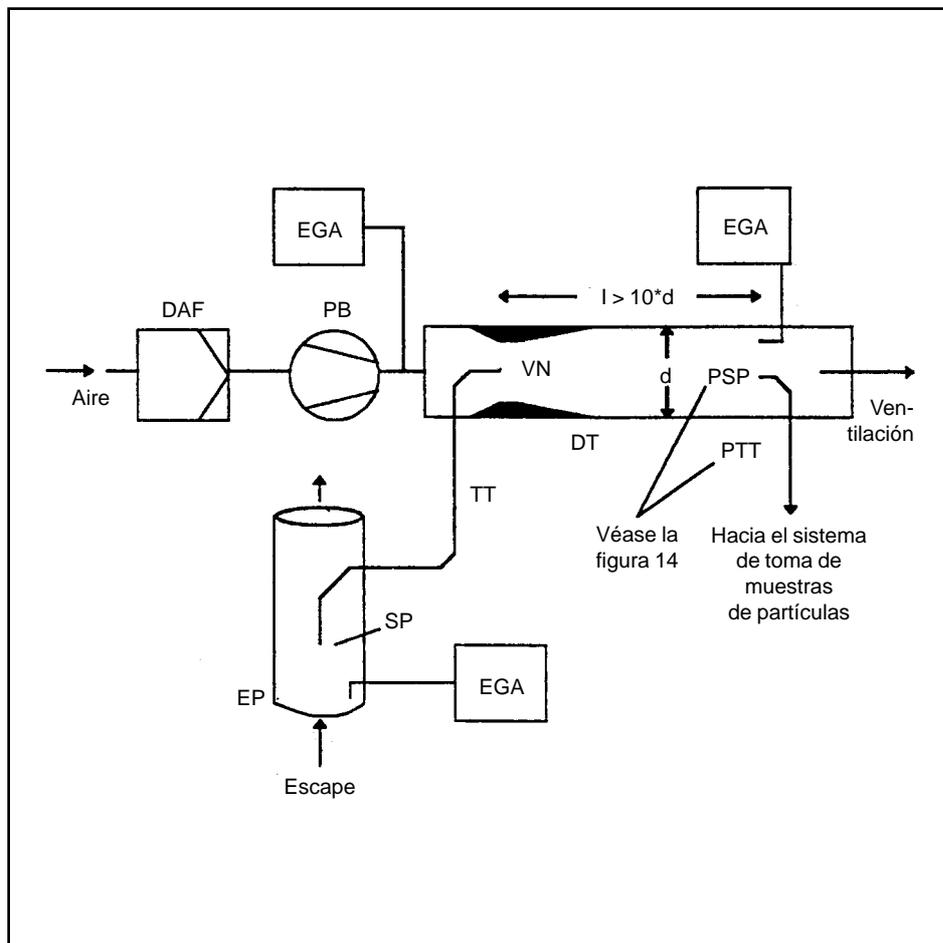
Sistema de dilución de flujo parcial con medición de la concentración de CO₂, balance de carbono y toma de muestras total



La sonda de toma de muestras SP transfiere los gases de escape sin diluir desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por el tubo de transferencia TT. Con el analizador o analizadores de gases de escape EGA se miden las concentraciones de CO₂ en los gases de escape diluidos y en el aire de dilución. Las señales de CO₂ y de caudal de combustible G_{FUEL} se transmiten al controlador de flujo FC2 o al controlador de flujo FC3 del sistema de toma de muestras de partículas (véase la figura 14), ajustando de ese modo los caudales de entrada y salida del sistema para mantener en el DT la división del escape y la relación de dilución deseados. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones de CO₂ y de caudal de combustible G_{FUEL} utilizando la hipótesis del balance de carbono.

Figura 8

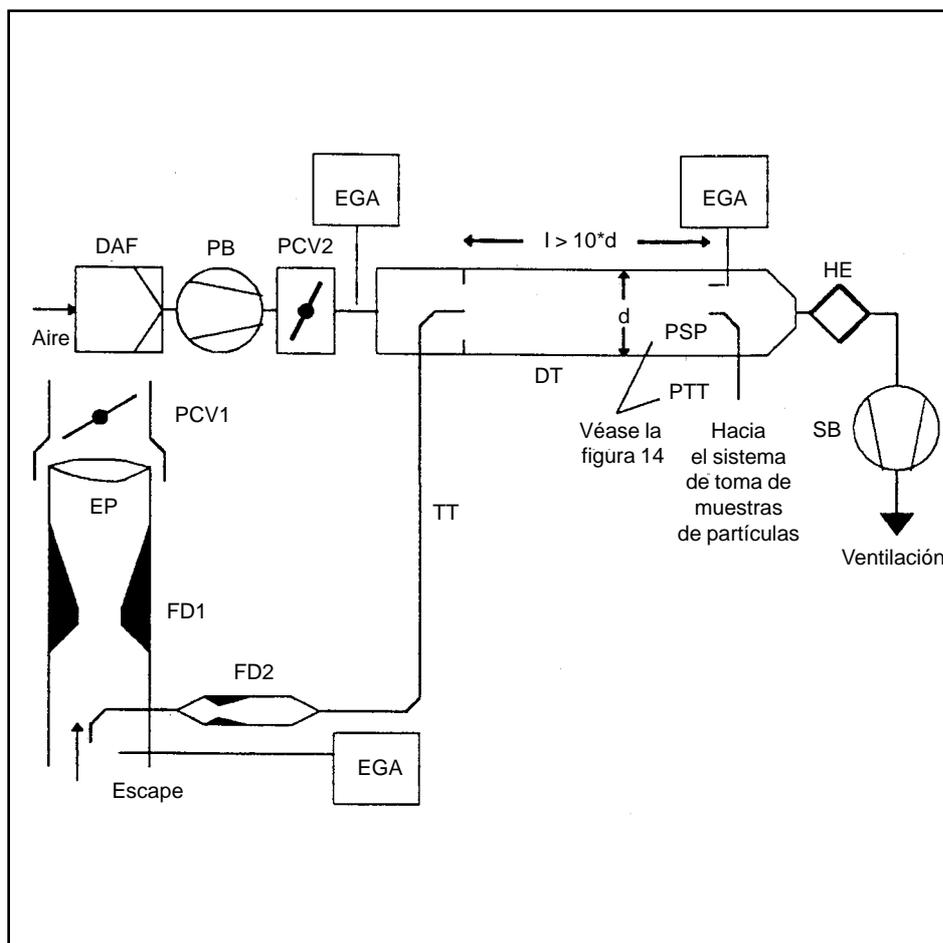
Sistema de dilución de flujo parcial con Venturi único, medición de la concentración y toma de muestras fraccionada



Los gases de escape sin diluir se transfieren desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de toma SP y el tubo de transferencia TT, debido a la presión negativa creada por el Venturi VN en DT. El caudal de gas que pasa por TT depende del intercambio de cantidades de movimiento en la zona del venturi y, por lo tanto, le afecta la temperatura absoluta del gas a la salida de TT. Por consiguiente, la división del escape para un caudal dado en el túnel no es constante y la relación de dilución con carga débil es ligeramente menor que con carga elevada. Con el analizador o analizadores de gases de escape EGA se miden las concentraciones de gas indicador (CO_2 o NO_x) en los gases de escape sin diluir, en los gases de escape diluidos y en el aire de dilución, y la relación de dilución se calcula a partir de los valores así medidos.

Figura 9

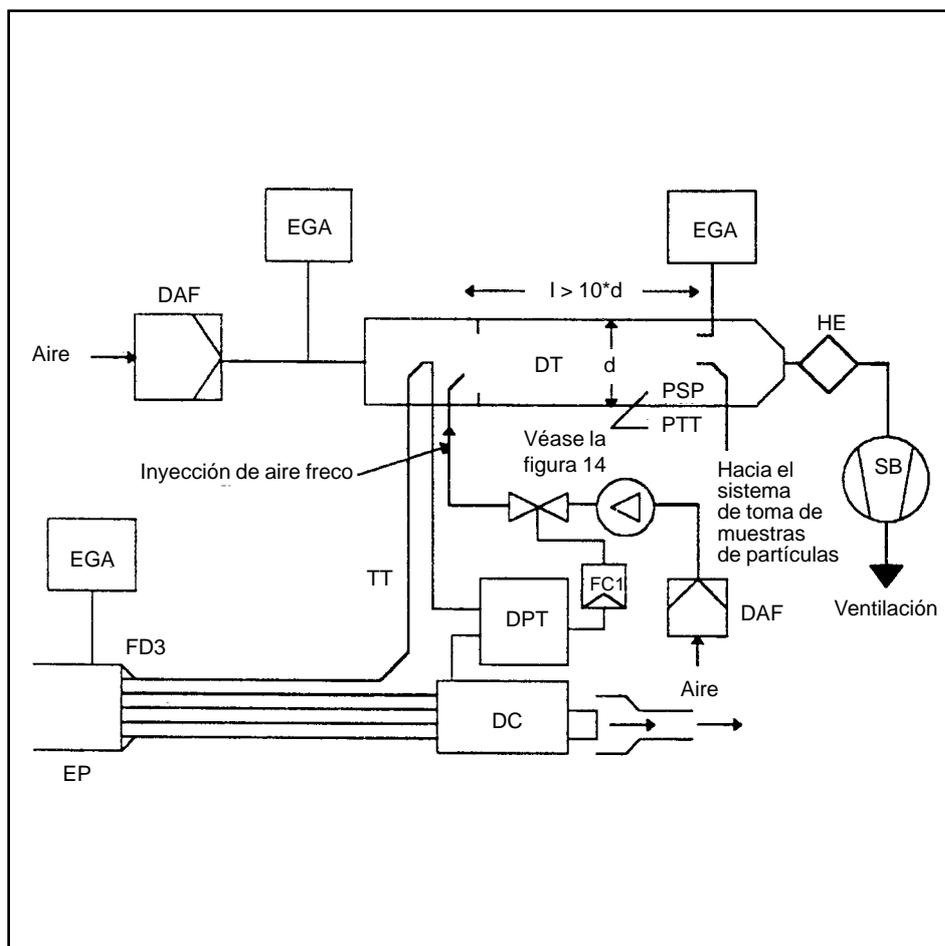
Sistema de dilución de flujo parcial con Venturi doble u orificio doble, medición de la concentración y toma de muestras fraccionada



Los gases de escape sin diluir se transfieren desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de toma SP y el tubo de transferencia TT mediante un divisor de flujo que contiene un conjunto de orificios o Venturis. El primero (FD1) está situado en EP y el segundo (FD2) en TT. Asimismo, son necesarias dos válvulas de control de presión (PCV1 y PCV2) para mantener una división de escape constante controlando la contrapresión en EP y la presión en DT. PCV1 está situada a continuación de SP en EP y PCV2 entre el ventilador impulsor PB y DT. Con el analizador o analizadores de gases de escape EGA se miden las concentraciones de gas indicador (CO_2 o NO_x) en los gases de escape sin diluir, los gases de escape diluidos y el aire de dilución. Estas mediciones son necesarias para comprobar la división del escape y pueden utilizarse para ajustar PCV1 y PCV2 a fin de conseguir un control preciso de la división. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones de gas indicador.

Figura 10

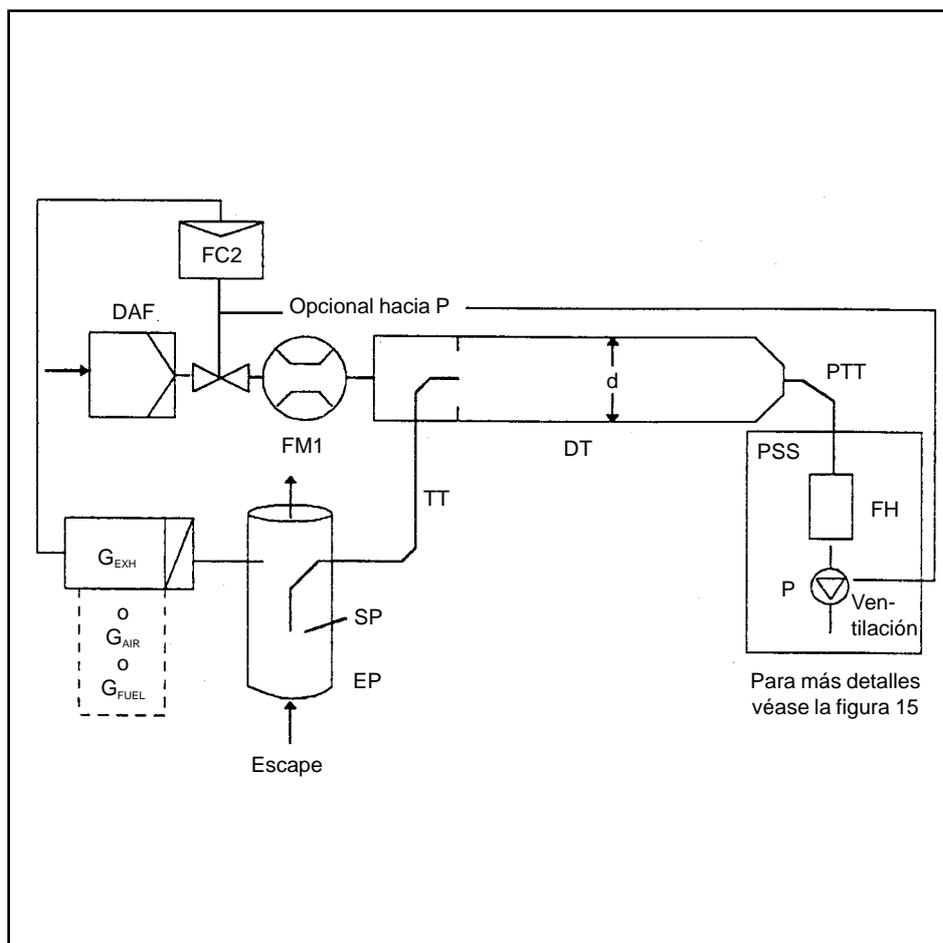
Sistema de dilución de flujo parcial con división por tubos múltiples, medición de la concentración y toma de muestras fraccionada



Los gases de escape sin diluir se transfieren desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por el tubo de transferencia TT mediante el divisor de flujo FD3 compuesto de varios tubos de las mismas dimensiones (igual diámetro, longitud y radio de apoyo) montados en EP. Los gases de escape que circulan por uno de estos tubos se conducen a DT y los que circulan por el resto de los tubos se hacen pasar por la cámara de amortiguación DC. De ese modo, la división del escape viene determinada por el número total de tubos. Para un control constante de la división se requiere una diferencia de presión cero entre DC y la salida de TT, lo que se mide con el transductor de diferencial de presión DPT. La diferencia de presión cero se consigue inyectando aire fresco en DT a la salida de TT. Con el analizador o analizadores de gases de escape EGA se miden las concentraciones de gas indicador (CO_2 o NO_x) en los gases de escape sin diluir, los gases de escape diluidos y el aire de dilución. Estas mediciones son necesarias para comprobar la división del escape y pueden utilizarse para controlar el caudal de aire de inyección a fin de conseguir un control preciso de la división. La relación de dilución se calcula a partir de las concentraciones de gas indicador.

Figura 11

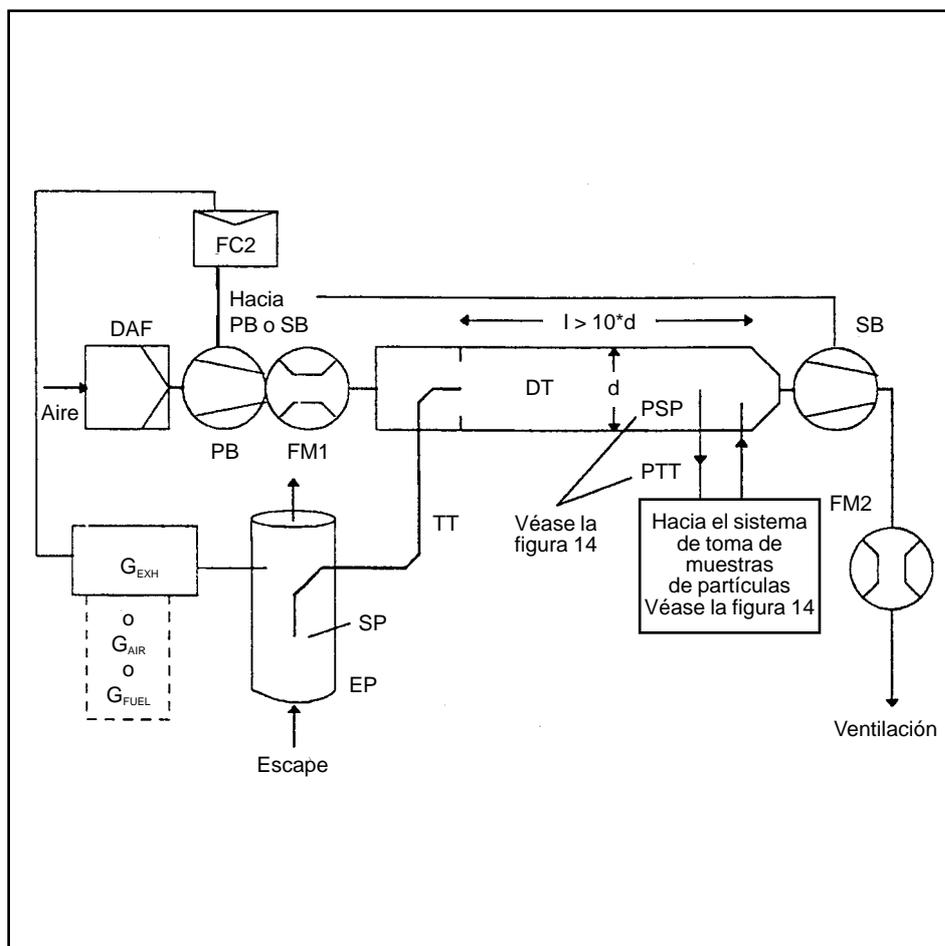
Sistema de dilución de flujo parcial
con control de flujo y toma de muestras total



Los gases de escape sin diluir se transfieren desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de toma SP y el tubo de transferencia TT. El caudal total que pasa por el túnel se ajusta con el controlador de caudal FC3 y la bomba de toma P del sistema de toma de muestras de partículas (véase la figura 16). El caudal de aire de dilución se controla con el controlador de caudal FC2, que puede utilizar G_{EXH} , G_{AIR} o G_{FUEL} como señales de mando para la división de caudal deseada. El caudal de muestra que llega a DT es la diferencia entre el caudal total y el caudal de aire de dilución. El caudal de aire de dilución se mide con el caudalímetro FM1 y el caudal total con el caudalímetro FM3 del sistema de toma de muestras de partículas (véase la figura 14). La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales.

Figura 12

Sistema de dilución de flujo parcial con control de flujo y toma de muestras fraccionada



Los gases de escape sin diluir se transfieren desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de toma SP y el tubo de transferencia TT. La división del escape y el caudal que llega a DT se controlan con el controlador de caudal FC2, que ajusta convenientemente los caudales (o velocidades) del ventilador impulsor PB y el ventilador aspirante SB. Esto es posible porque la muestra tomada con el sistema de toma de muestras de partículas se devuelve a DT. Como señales de mando para FC2 pueden utilizarse G_{EXH} , G_{AIR} o G_{FUEL} . El caudal de aire de dilución se mide con el caudalímetro FM1 y el caudal total con el caudalímetro FM2. La relación de dilución se calcula a partir de estos dos caudales.

Descripción de las figuras 4 a 12

— *Tubo de escape EP*

El tubo de escape podrá estar aislado. Para reducir su inercia térmica se recomienda una relación de espesor de pared a diámetro igual o inferior a 0,015. La utilización de secciones flexibles deberá limitarse a una relación de longitud a diámetro igual o inferior a 12. Se reducirán al mínimo los codos para reducir el depósito inercial. Si el sistema comprende un silenciador del banco de pruebas, el silenciador también podrá ir aislado.

En un sistema isocinético, el tubo de escape no deberá tener codos, curvas ni cambios bruscos de diámetro, como mínimo, en una longitud igual a seis veces el diámetro del tubo corriente arriba y tres veces el diámetro del tubo corriente abajo del extremo de la sonda. La velocidad de los gases en la zona de toma de muestras deberá ser superior a 10 m/s, excepto en la modalidad de ralentí. Las oscilaciones de presión de los gases de escape no deberán ser superiores a ± 500 Pa por término medio. Si se adoptan medidas para reducir aún más las oscilaciones de presión utilizando un sistema de escape tipo chasis (con silenciador y dispositivo de postratamiento), no deberán alterar el funcionamiento del motor ni provocar el depósito de partículas.

En los sistemas sin sondas isocinéticas se recomienda disponer un tramo de tubo recto de longitud igual a seis veces el diámetro del tubo corriente arriba y tres veces el diámetro del tubo corriente abajo del extremo de la sonda.

— *Sonda de toma de muestras SP (figuras 6 a 12)*

El diámetro interior deberá ser de 4 mm como mínimo. La relación mínima entre el diámetro del tubo de escape y el de la sonda será de cuatro. La sonda consistirá en un tubo abierto orientado corriente arriba en el eje longitudinal del tubo de escape o una sonda de múltiples orificios tal como se describe en SP1 en el punto 1.1.1.

— *Sonda de toma de muestras isocinética ISP (figuras 4 y 5)*

La sonda de toma isocinética deberá montarse orientada corriente arriba en el eje longitudinal del tubo de escape donde se cumplan la condiciones de flujo de la sección EP y estará diseñada de manera que suministre una muestra proporcional de los gases de escape sin diluir. El diámetro interior será de 12 mm como mínimo.

Es necesario un sistema de control para la división isocinética del escape manteniendo una diferencia de presión cero entre EP e ISP. En estas condiciones, las velocidades de los gases de escape en EP e ISP son idénticas y el gasto másico que circula por ISP es una fracción constante del caudal de gases de escape. La ISP deberá conectarse a un transductor de diferencial de presión. El control para conseguir una diferencia de presión de cero entre EP e ISP se realiza ajustando la velocidad del ventilador o utilizando el controlador de flujo.

— *Divisor de flujo FD1, FD2 (figura 9)*

Se monta un conjunto de venturis u orificios en el tubo de escape EP y en el tubo de transferencia TT, respectivamente, para suministrar una muestra proporcional de los gases de escape sin diluir. Para la división proporcional mediante el control de las presiones en EP y DT se requiere un sistema de control consistente en dos válvulas de control de presión PCV1 y PCV2.

— *Divisor de flujo FD3 (figura 10)*

Se monta un conjunto de tubos (unidad de tubos múltiples) en el tubo de escape EP para obtener una muestra proporcional de los gases de escape sin diluir. Uno de los tubos alimenta gases de escape al túnel de dilución DT, en tanto que los otros tubos dan salida a los gases de escape hacia una cámara de amortiguación DC. Todos los tubos han de tener las mismas dimensiones (igual diámetro, longitud y radio de curvatura), de manera que la división del escape dependa del número total de tubos. Para conseguir la división proporcional manteniendo una diferencia de presión cero entre la salida de la unidad de tubos múltiples que va a DC y la salida de TT es necesario un sistema de control. En estas condiciones, las velocidades de los gases de escape en EP y FD3 son proporcionales y el caudal de TT es una fracción constante del caudal de gases de escape. Ambos puntos han de conectarse a un transductor de diferencial de presión DPT. El control para proporcionar una diferencia de presión cero se realiza con el controlador de flujo FC1.

— *Analizador de gases de escape EGA* (figuras 6 a 10)

Pueden utilizarse analizadores de CO₂ o NO_x (con el método del balance de carbono, únicamente CO₂). Los analizadores estarán calibrados como los que se utilizan para la medición de las emisiones gaseosas. Podrán utilizarse uno o varios analizadores para determinar las diferencias de concentración.

La precisión de los sistemas de medida deberá ser tal que la precisión de G_{EDFW,i} o V_{EDFW,i} esté dentro de la tolerancia de ± 4 %.

— *Tubo de transferencia TT* (figuras 4 a 12)

El tubo de transferencia de la muestra de partículas deberá:

- ser lo más corto posible, sin que su longitud exceda de 5 m;
- tener un diámetro igual o superior al de la sonda pero no superior a 25 mm;
- tener la salida situada sobre el eje longitudinal del túnel de dilución y orientada corriente abajo.

Si el tubo tiene una longitud igual o inferior a 1 metro, deberá aislarse con un material de una conductividad térmica máxima de 0,05 W/m · K con un espesor radial del aislamiento correspondiente al diámetro de la sonda. Si el tubo mide más de 1 metro de longitud, deberá estar aislado y caldeado hasta una temperatura mínima de pared de 523 °K (250 °C).

Como opción alternativa, las temperaturas de pared requeridas del tubo de transferencia podrán determinarse mediante cálculos estándar y de transferencia térmica.

— *Transductor de diferencial de presión DPT* (figuras 4, 5 y 10)

El transductor de diferencial de presión deberá tener un campo operativo igual o inferior a ± 500 Pa.

— *Controlador de flujo FC1* (figuras 4, 5 y 10)

Para los sistemas isocinéticos (figuras 4 y 5) es necesario un controlador de flujo a fin de mantener una diferencia de presión cero entre EP e ISP. El ajuste puede realizarse:

- a) controlando la velocidad o el caudal del ventilador aspirante (SB) y manteniendo constante la velocidad del ventilador impelente (PB) durante cada modalidad (figura 4);
- o
- b) ajustando el ventilador aspirante (SB) a un gasto másico constante de gases de escape diluidos y controlando el caudal del ventilador impelente PB, y con ello el caudal de la muestra de gases de escape, en una región situada al final del tubo de transferencia (TT) (figura 5).

En el caso de un sistema de presión controlada, el error remanente en el lazo de control no deberá ser superior a ± 3 Pa. Las oscilaciones de presión en el túnel de dilución no deberán exceder de ± 250 Pa por término medio.

En un sistema multitubo (figura 10), es necesario utilizar un controlador de flujo para dividir proporcionalmente los gases de escape a fin de mantener una diferencia de presión cero entre la salida de la unidad de tubos múltiples y la salida del TT. El ajuste puede realizarse controlando el caudal de aire de inyección que se introduce en DT a la salida de TT.

— *Válvula de control de presión PCV1, PCV2* (figura 9)

En el sistema de doble venturi/doble orificio, son necesarias dos válvulas de control de presión para dividir proporcionalmente el caudal controlando la contrapresión de EP y la presión en DT. Las válvulas deberán situarse a continuación de SP en EP y entre PB y DT.

— *Cámara de amortiguación DC* (figura 10)

Se montará una cámara de amortiguación a la salida de la unidad de tubos múltiples para reducir al mínimo las oscilaciones de presión en el tubo de escape EP.

— *Venturi VN* (figura 8)

Se monta un tubo de Venturi en el túnel de dilución DT para crear una presión negativa en la región de la salida del tubo de transferencia TT. El caudal de gases que circula por TT se determina en función del intercambio de cantidades de movimiento en la zona del tubo de Venturi y es básicamente proporcional al caudal del ventilador impelente PB, lo que proporciona una relación de dilución constante. Puesto que en el intercambio de cantidades de movimiento influye la temperatura existente a la salida del TT y la diferencia de presiones entre EP y DT, la relación de dilución real es ligeramente inferior con carga débil que con carga elevada.

— *Controlador de flujo FC2* (figuras 6, 7, 11 y 12; opcional)

Podrá utilizarse un controlador de flujo para controlar el caudal del ventilador impelente PB y/o del ventilador aspirante SB. El controlador podrá ir conectado a la señal de caudal de escape o a la de caudal de combustible y/o a la señal diferencial de CO₂ o NO_x.

Cuando se utiliza aire comprimido (figura 11), FC2 controla directamente el caudal de aire.

— *Caudalímetro FM1* (figuras 6, 7, 11 y 12)

Medidor de gas u otro instrumento de medición de caudales para medir el caudal de aire de dilución. FM1 es opcional si PB está calibrado para medir el caudal.

— *Caudalímetro FM2* (figura 12)

Medidor de gas u otro instrumento de medición de caudales para medir el caudal de gases de escape diluidos. FM2 es opcional si el ventilador aspirante SB está calibrado para medir el caudal.

— *Ventilador impelente PB* (figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 12)

Para controlar el caudal de aire de dilución, se puede conectar PB a los controladores de caudal FC1 o FC2. PB no es necesario cuando se utiliza una válvula de mariposa. Si está calibrado, PB puede utilizarse para medir el caudal de aire de dilución.

— *Ventilador aspirante SB* (figuras 4, 5, 6, 9, 10 y 12)

Únicamente para sistemas de toma de muestras fraccionada. Si está calibrado, SB puede utilizarse para medir el caudal de gases de escape diluidos.

— *Filtro de aire de dilución DAF* (figuras 4 a 12)

Se recomienda filtrar y lavar con carbón el aire de dilución para eliminar los hidrocarburos de base. El aire de dilución deberá estar a una temperatura de 298 °K (25 °C) ± 5 °K.

Si el fabricante lo solicita, la muestra de aire de dilución deberá tomarse por un método técnicamente adecuado para determinar los niveles de partículas de base, que podrán sustraerse a continuación de los valores medidos en los gases de escape diluidos.

— *Sonda de toma de muestras de partículas PSP* (figuras 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 12)

La sonda es la sección inicial del PTT y:

— deberá montarse orientada corriente arriba en un punto en que el aire de dilución y los gases de escape estén bien mezclados, es decir, en el eje longitudinal del túnel de dilución DT del sistema de dilución, a una distancia aproximadamente igual a diez veces el diámetro del túnel corriente abajo del punto en que los gases de escape penetran en el túnel de dilución;

— deberá tener un diámetro interior de 12 mm como mínimo;

— podrá caldearse hasta una temperatura de pared no superior a 325 °K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del aire antes de la introducción del escape en el túnel de dilución no exceda de 325 °K (52 °C);

— podrá estar aislada.

— *Túnel de dilución DT* (figuras 4 a 12)

El túnel de dilución:

- deberá tener una longitud suficiente para producir la mezcla completa del escape y el aire de dilución en condiciones de flujo turbulento;
- estará hecho de acero inoxidable y tendrá:
 - una relación de espesor a diámetro igual o inferior a 0,025 en el caso de túneles de dilución de diámetro interior superior a 75 mm,
 - un espesor de pared nominal no inferior a 1,5 mm en el caso de túneles de dilución de diámetro interior igual o inferior a 75 mm,
- para la toma de muestras de tipo fraccionado deberá tener un diámetro de 75 mm como mínimo;
- para la toma de muestras de tipo total se recomienda que tenga un diámetro de 25 mm como mínimo.

Podrá caldearse hasta una temperatura de pared no superior a 325 °K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del aire antes de la introducción del escape en el túnel de dilución no exceda de 325 °K (52 °C).

Podrá estar aislado.

El escape del motor deberá mezclarse completamente con el aire de dilución. En los sistemas de toma de muestras fraccionada se comprobará la calidad de mezcla después de la puesta en servicio trazando un perfil de CO₂ del túnel con el motor en funcionamiento (como mínimo cuatro puntos de medición uniformemente espaciados). Si fuera necesario, podrá utilizarse un orificio de mezcla.

Nota: Si la temperatura ambiente en las inmediaciones del túnel de dilución (DT) es inferior a 293 °K (20 °C), se deberán tomar precauciones para evitar pérdidas de partículas en las paredes frías del túnel de dilución. Por lo tanto, se recomienda caldear y/o aislar el túnel dentro de los límites anteriormente señalados.

Cuando el motor esté sometido a cargas elevadas, se podrá refrigerar el túnel utilizando un medio no agresivo, como por ejemplo un ventilador de circulación, siempre que la temperatura del medio refrigerante no sea inferior a 293 °K (20 °C).

— *Intercambiador de calor HE* (figuras 9 y 10)

El intercambiador deberá poseer una capacidad suficiente para mantener la temperatura en la entrada al ventilador aspirante SB en un valor que no difiera en más de ± 11 °K de una temperatura de funcionamiento media observada durante la prueba.

1.2.1.2. Sistema de dilución de flujo total (figura 13)

Se describe un sistema basado en la dilución de la totalidad del escape utilizando el concepto de la toma de muestras de volumen constante (CVS). Deberá medirse el volumen total de la mezcla de gases de escape y de aire de dilución. Podrá utilizarse un sistema PDP o un sistema CF1.

Para la recogida subsiguiente de las partículas se hace pasar una muestra de los gases de escape diluidos al sistema de toma de muestras de partículas (figuras 14 y 15 del punto 1.2.2). Si se lleva a cabo directamente, se denomina dilución sencilla. Si la muestra se diluye una vez más en el túnel de dilución secundario, se denomina doble dilución. Esto resulta útil si no es posible cumplir la condición sobre temperatura frontal del filtro con la dilución sencilla. Aunque se trata en parte de un sistema de dilución, el sistema de doble dilución se describe como una modificación de un sistema de toma de muestras de partículas en la figura 15 del punto 1.2.2., dado que comparte la mayoría de los componentes de un sistema de toma de muestras de partículas característico.

Las emisiones gaseosas pueden determinarse también en el túnel de dilución de un sistema de dilución de flujo total. Por ello, las sondas de toma de muestras de componentes gaseosos se representan en la figura 13 pero no aparecen en la lista de descripción. Las condiciones respectivas se describen en el punto 1.1.1.

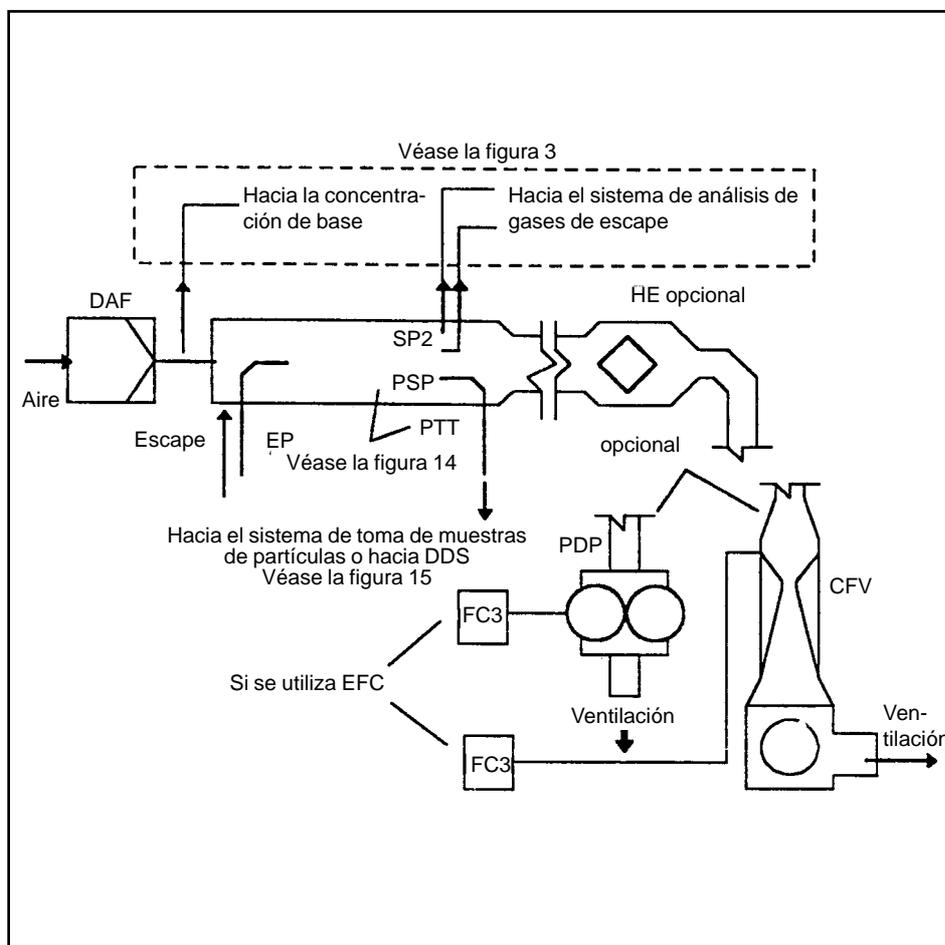
Descripciones: Figura 13

— *Tubo de escape EP*

La longitud del tubo de escape desde la salida del colector de escape del motor, la salida del turbocompresor o el dispositivo de postratamiento hasta el túnel de dilución no debe ser superior a 10 m. Si el sistema mide más de 4 m de longitud, deberá aislarse toda la longitud de tubo que exceda de los 4 m, excepto el medidor de humos en línea, si se utiliza. El espesor radial del aislamiento deberá ser de 25 mm como mínimo. La conductividad térmica del material aislante deberá tener un valor no superior a $0,1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ medida a 673 °K (400 °C). A fin de reducir la inercia térmica del tubo de escape, se recomienda una relación de espesor a diámetro igual o inferior a $0,015$. La utilización de secciones flexibles deberá limitarse a una relación de longitud a diámetro igual o inferior a 12.

Figura 13

Sistema de dilución de flujo total



La cantidad total de gases de escape sin diluir se mezcla con el aire de dilución en el túnel de dilución DT.

El caudal de gases de escape diluidos se mide con una sonda volumétrica PDP o con un venturi de flujo crítico CFV. Para la toma proporcional de partículas y la determinación del caudal puede utilizarse el intercambiador de calor HE o un compensador electrónico de caudal EFC. Puesto que la determinación de la masa de las partículas se basa en el caudal total de gases de escape diluidos, no es necesario calcular la relación de dilución.

— *Bomba volumétrica PDP*

La PDP dosifica el caudal total de escape diluido por medio del número de revoluciones de la bomba y del volumen que desplaza. 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 CVS en funcionamiento deberá mantenerse, con una tolerancia de $\pm 1,5$ kPa, en el valor de la presión estática medida sin conexión al CVS a idéntica velocidad y carga del motor.

La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente por delante de la PDP no deberá diferir en más de ± 6 °K de la temperatura de trabajo media observada durante la prueba, cuando no se utilice compensación de flujo.

La compensación de flujo sólo podrá utilizarse si la temperatura a la entrada de la PDP no excede de 323 °K (50 °C).

— *Venturi de flujo crítico CFV*

El CFV mide el flujo total de escape diluido manteniéndolo en condiciones de estrangulación (flujo crítico). La contrapresión estática del escape medida con el sistema CFV en funcionamiento deberá mantenerse, con una tolerancia de $\pm 1,5$ kPa, en el valor de la presión estática medida sin conexión al CFV a idéntica velocidad y carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente por delante del CFV no deberá diferir en más de ± 11 °K de la temperatura de trabajo media observada durante la prueba, cuando no se utilice compensación de flujo.

— *Intercambiador de calor HE* (opcional si se utiliza EFC)

El intercambiador de calor deberá ser de suficiente capacidad para mantener la temperatura dentro de los límites señalados anteriormente.

— *Control electrónico de caudal TFC* (opcional si se utiliza HE)

Si la temperatura a la entrada de la PDP o del CFV no se mantiene dentro de los límites señalados, se deberá utilizar un sistema de control de caudal para la medición continua del caudal y el control de la toma de muestras proporcional en el sistema de partículas.

Con ese fin, las señales procedentes de la medición continua del caudal se utilizan para corregir, según se requiera, el caudal de muestra que atraviesa los filtros de partículas del sistema de toma de muestras de partículas (véanse las figuras 14 y 15).

— *Túnel de dilución DT*

El túnel de dilución:

— deberá tener un diámetro lo bastante reducido como para originar un flujo turbulento (número de Reynolds superior a 4 000) y una longitud suficiente para producir la mezcla completa de los gases de escape y del aire de dilución. Podrá utilizarse un orificio de mezcla;

— deberá tener 75 mm de diámetro como mínimo;

— podrá estar aislado.

El escape del motor deberá dirigirse corriente abajo en el punto por el que se introduce en el túnel de dilución y deberá mezclarse completamente.

Cuando se utilice dilución sencilla, se transferirá una muestra desde el túnel de dilución al sistema de toma de partículas (punto 1.2.2, figura 14). La capacidad de caudal de la PDP o del CFV deberá ser suficiente para mantener el escape diluido a una temperatura igual o inferior a 325 °K (52 °C) inmediatamente antes del filtro primario de partículas.

Cuando se utilice doble dilución, se transferirá una muestra desde el túnel de dilución al túnel de dilución secundario, donde se diluirá ulteriormente, y a continuación se hará pasar por los filtros de toma de muestras (punto 1.2.2, figura 15).

La capacidad de caudal de la PDP o del CFV deberá ser suficiente para mantener la corriente de gases de escape diluidos en el DT a una temperatura igual o inferior a 464 °K (191 °C) en la zona de toma de muestras. El sistema de dilución secundario deberá suministrar un volumen de aire de dilución secundario suficiente para mantener la corriente de gases de escape doblemente diluidos a una temperatura igual o inferior a 325 °K (52 °C) inmediatamente antes del filtro primario de partículas.

— *Filtro de aire de dilución DAF*

Se recomienda filtrar el aire de dilución y lavarlo con carbón para eliminar los hidrocarburos de base. El aire de dilución deberá estar a una temperatura de 298 °K (25 °C) $\pm 5 \text{ °K}$. Si el fabricante lo solicita, se tomará una muestra de aire de dilución utilizando un método técnicamente adecuado, para determinar los niveles de partículas de base, los cuales podrán sustraerse a continuación de los valores medidos en los gases de escape diluidos.

— *Sonda de toma de muestras de partículas PSP*

Esta sonda es la sección inicial del PTT y:

- deberá montarse orientada corriente arriba en un punto en que el aire de dilución y los gases de escape estén bien mezclados, es decir, en el eje longitudinal del túnel de dilución DT de los sistemas de dilución, a una distancia aproximada de diez veces el diámetro del túnel corriente abajo del punto de entrada de los gases de escape en el túnel de dilución;
- tendrá un diámetro interior de 12 mm como mínimo;
- podrá caldearse hasta una temperatura de pared no superior a 325 °K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no exceda de 325 °K (52 °C) antes de la introducción de los gases de escape en el túnel de dilución;
- podrá estar aislada.

1.2.2. *Sistema de toma de muestras de partículas* (figuras 14 y 15)

El sistema de toma de muestras de partículas es necesario para recoger las partículas en el filtro de partículas. En el caso de la toma de muestras total con dilución de flujo parcial, que consiste en hacer pasar por los filtros la muestra completa de gases de escape diluidos, el sistema de dilución (figuras 7 y 11 del punto 1.2.1.1) y el de toma de muestras suelen formar una sola unidad integral. En el caso de la toma de muestras fraccionada con dilución de flujo parcial o dilución de flujo total, que consiste en hacer pasar por los filtros sólo una porción de los gases de escape diluidos, los sistemas de dilución (figuras 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 12 del punto 1.2.1.1 y figura 13 del punto 1.2.1.2) y de toma de muestras suelen estar constituidos por unidades diferentes.

En la presente Directiva, el sistema de doble dilución DDS (figura 15) de un sistema de dilución de flujo total se considera una modificación específica de un sistema típico de toma de muestras de partículas como el representado en la figura 14. El sistema de doble dilución comprende todos los componentes importantes del sistema de toma de muestras de partículas, como portafilos y bomba de toma, y además algunos elementos de dilución, como un dispositivo de suministro de aire de dilución y un túnel de dilución secundario.

A fin de evitar cualquier influencia en los lazos de control, se recomienda mantener en funcionamiento la bomba de toma durante todo el procedimiento de prueba. En el caso del método del filtro único, deberá utilizarse un sistema de «bypass» para hacer pasar la muestra por los filtros de toma en los momentos deseados. Deberá reducirse al mínimo la interferencia del procedimiento de conmutación en los lazos de control.

Descripciones: figuras 14 y 15

— *Sonda de toma de muestras de partículas PSP* (figuras 14 y 15)

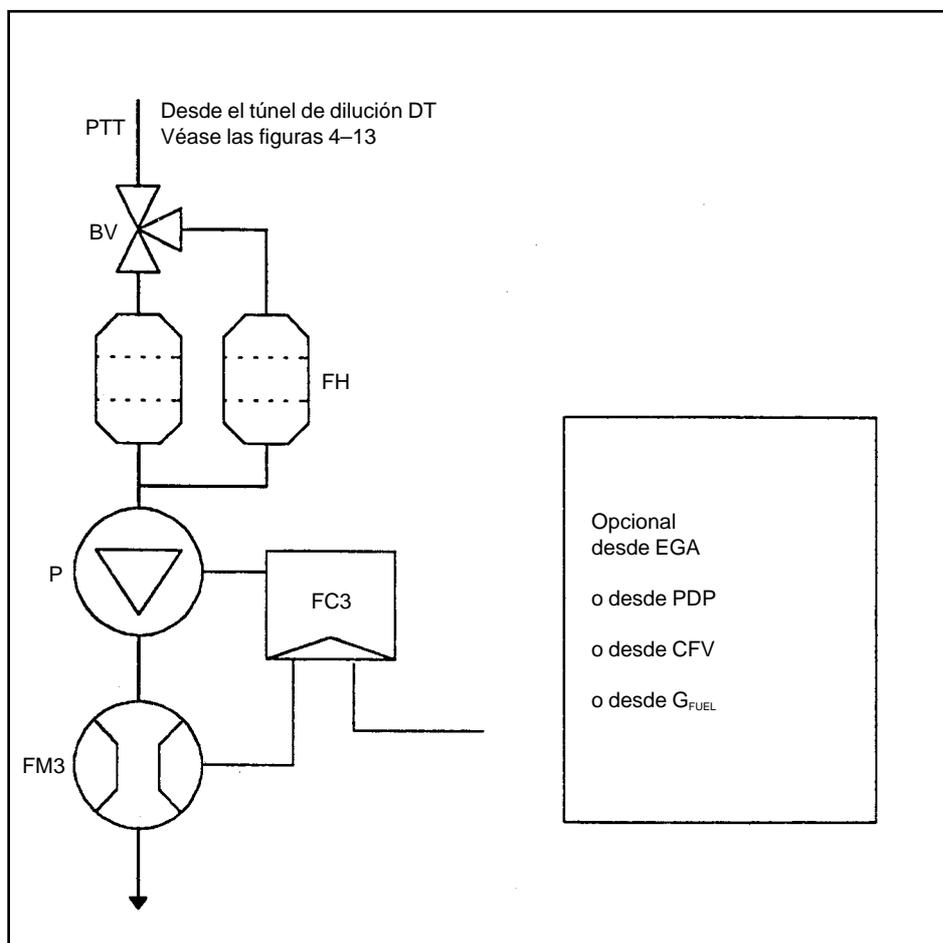
La sonda de toma de muestras de partículas representada en las figuras constituye la sección inicial del tubo de transferencia de partículas PTT.

La sonda:

- deberá montarse orientada corriente arriba en un punto en que el aire de dilución y los gases de escape estén bien mezclados, es decir, en el eje longitudinal del túnel de dilución DT de los sistemas de dilución (véase el punto 1.2.1), aproximadamente a una distancia de diez veces el diámetro del túnel corriente abajo del punto en que los gases de escape entran en el túnel de dilución;
- tendrá un diámetro interior de 12 mm como mínimo;
- podrá caldearse hasta una temperatura de pared no superior a 325 °K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no exceda de 325 °K (52 °C) antes de la introducción de los gases del escape en el túnel de dilución;
- podrá estar aislada.

Figura 14

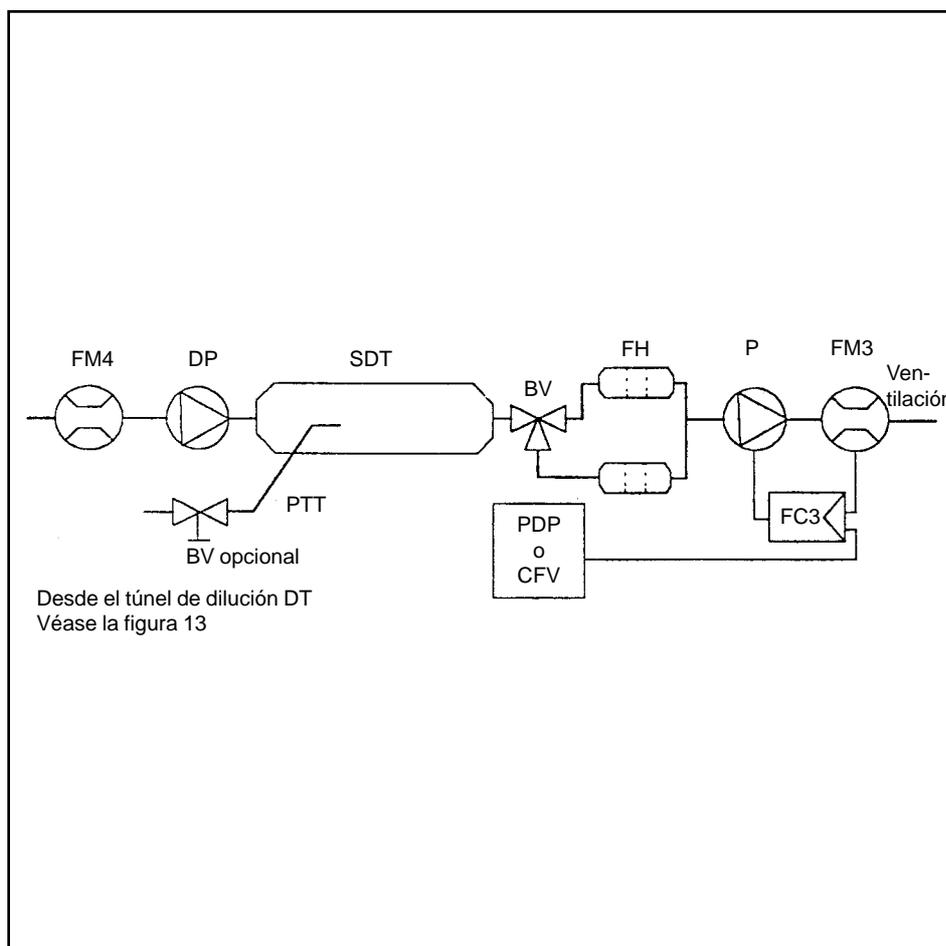
Sistema de toma de muestras de partículas



Se toma una muestra de gases de escape diluidos desde el túnel de dilución DT de un sistema de dilución de flujo parcial o de flujo total, a través de la sonda de toma de muestras de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT por medio de la bomba de toma de muestras P. La muestra se hace pasar por el portafiltro o portafiltros FH, que contienen los filtros de toma de muestras de partículas. El caudal de muestra se controla con el controlador FC3. Si se utiliza la compensación electrónica de caudal EFC (véase la figura 13), se usa como señal de mando para FC3 la señal de caudal de gases de escape diluidos.

Figura 15

Sistema de dilución (sistema de flujo total únicamente)



Se transfiere una muestra de los gases de escape diluidos desde el túnel de dilución DT de un sistema de dilución de flujo total a través de la sonda de toma de muestras de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT, al túnel de dilución secundario SDT, donde se diluye una vez más. A continuación se hace pasar la muestra por el portafiltro o portafiltros FH que contienen los filtros de toma de muestras de partículas. El caudal de aire de dilución suele ser constante en tanto que el caudal de muestra está controlado por el controlador de caudal FC3. Si se utiliza la compensación electrónica de caudal EFC (véase la figura 13), se usa como señal de mando para FC3 la señal de caudal total de gases de escape diluidos.

— *Tubo de transferencia de partículas PTT* (figuras 14 y 15)

La longitud del tubo de transferencia de partículas no deberá exceder de 1 020 mm y deberá procurarse que sea lo menor posible.

Las dimensiones indicadas son válidas para:

- el tipo de toma de muestras fraccionada con dilución de flujo parcial y el sistema de dilución sencilla con flujo total, desde el extremo de la sonda hasta el portafiltro;
- el tipo de toma de muestras total con dilución de flujo parcial, desde el extremo del túnel de dilución hasta el portafiltro;
- el sistema de doble dilución con flujo total, desde el extremo de la sonda hasta el túnel de dilución secundario.

El tubo de transferencia:

- podrá caldearse hasta una temperatura de pared no superior a 325 °K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del

aire no exceda de 325 °K (52 °C) antes de la introducción de los gases de escape en el túnel de dilución;

— podrá estar aislado.

— *Túnel de dilución secundario SDT* (figura 15)

El túnel de dilución secundario deberá tener un diámetro de 75 mm como mínimo y suficiente longitud para proporcionar un tiempo de residencia de 0,25 segundos como mínimo para la muestra doblemente diluida. El portafiltro primario FH deberá estar situado a una distancia no superior a 300 mm de la salida del SDT.

El túnel de dilución secundario:

— podrá caldearse hasta una temperatura de pared no superior a 325 °K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no exceda de 325 °K (52 °C) antes de la introducción de los gases de escape en el túnel de dilución;

— podrá estar aislado.

— *Portafiltro o portafiltros FH* (figuras 14 y 15)

Para los filtros primario y auxiliar podrán utilizarse una misma carcasa o carcasas portafiltros separadas. Deberán cumplirse las condiciones del punto 1.5.1.3 del apéndice 1 del Anexo III.

El portafiltro o portafiltros:

— podrán caldearse hasta una temperatura de pared no superior a 325 °K (52 °C) mediante calefacción directa o precalentamiento del aire de dilución, siempre que la temperatura del aire no exceda de 325 °K (52 °C);

— podrán estar aislados.

— *Bomba de toma de muestras P* (figuras 14 y 15)

La bomba de toma de muestras de partículas deberá estar situada a una distancia del túnel suficiente para que la temperatura de entrada de los gases se mantenga constante (± 3 °K), si no se utiliza corrección de caudal con FC3.

— *Bomba de aire de dilución DP* (figura 15) (doble dilución con flujo total únicamente)

La bomba de aire de dilución estará ubicada de manera que el aire de dilución secundario se suministre a una temperatura de 298 °K (25 °C) ± 5 °K.

— *Controlador de caudal FC3* (figuras 14 y 15)

Si no dispone de otro medio se utilizará un controlador de caudal para compensar las variaciones de temperatura y contrapresión del caudal de la muestra de partículas, producidas en el trayecto de la muestra. El controlador de caudal es necesario si se utiliza la compensación de caudal electrónica EFC (véase la figura 13).

— *Dispositivo de medición de caudal FM3* (figuras 14 y 15) (flujo de muestra de partículas)

El caudalímetro de gases o el instrumento de medición de caudal deberá estar situado a una distancia de la bomba de toma suficiente para que la temperatura de entrada de los gases se mantenga constante (± 3 °K), si no se utiliza corrección de caudal mediante FC3.

— *Dispositivo de medición de caudal FM4* (figura 15) (aire de dilución, doble dilución con flujo total únicamente)

El caudalímetro de gases o el instrumento de medición de caudal estará ubicado de manera que la temperatura de entrada de los gases se mantenga en 298 °K (25 °C) ± 5 °K.

— *Válvula esférica BV* (opcional)

La válvula esférica tendrá un diámetro no inferior al diámetro inferior del tubo de toma de muestras y un tiempo de conmutación inferior a 0,5 segundos.

Nota: Si la temperatura ambiente en las inmediaciones de PSP, PTT, SDT y FH es inferior a 239 °K (20 °C), deberán tomarse precauciones para evitar pérdidas de partículas en las paredes frías de estos componentes. Por lo tanto, se recomienda caldear y/o aislar los citados componentes dentro de los límites señalados en las descripciones respectivas. Igualmente se recomienda que la temperatura en la superficie frontal del filtro durante la toma de muestras no sea inferior a 293 °K (20 °C).

Cuando el motor esté sometido a cargas elevadas, los componentes mencionados podrán refrigerarse utilizando un medio no agresivo como por ejemplo un ventilador de circulación, siempre que la temperatura del medio refrigerante no sea inferior a 293 °K (20 °C).

ANEXO VI

(Modelo)

CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN



Comunicación relativa a la

— homologación/ampliación/denegación/retirada⁽¹⁾ de la homologación

de un tipo de motor o de una familia de tipos de motor en lo que se refiere a las emisiones de contaminantes de conformidad con la Directiva 97/68/CE, cuya última modificación la constituye la Directiva . . . /CE.

Nº de homologación: Nº de ampliación:

Motivo de la ampliación (si procede):

SECCIÓN I

0. Generalidades

0.1. Marca (razón social):

0.2. Denominación dada por el fabricante al prototipo o prototipos de motor y (si procede) al tipo o tipos de motores de la familia⁽¹⁾:

0.3. Código de tipo del fabricante marcado en el motor o motores:

Lugar de colocación:

Método de colocación:

0.4. Características técnicas de la maquinaria a cuya propulsión se destina el motor⁽²⁾:

0.5. Nombre y dirección del fabricante:

En su caso, nombre y dirección del representante autorizado del fabricante:

0.6. Lugar, código y método de colocación del número de identificación del motor:

0.7. Lugar y método de colocación de la marca de homologación CE:

0.8. Dirección o direcciones de la planta o plantas de montaje:

SECCIÓN II

1. En su caso, restricciones a la utilización:

1.1. Condiciones especiales que deberán respetarse en el montaje del motor o motores en la máquina:

1.1.1. Máxima depresión admisible en la admisión: kPa

1.1.2. Máxima contrapresión admisible: kPa

2. Servicio técnico encargado de las pruebas⁽³⁾:

3. Fecha del acta de las pruebas:

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.

⁽²⁾ Tal como se define en el punto 1 del Anexo I de la presente Directiva (por ejemplo: «A»).

⁽³⁾ Indíquese «n.a.» (no aplicable) cuando las pruebas sean realizadas por las propias autoridades competentes para la concesión de la homologación.

4. Número del acta de las pruebas:
5. El abajo firmante certifica la exactitud de la descripción del fabricante consignada en la adjunta ficha de características del motor o motores descritos anteriormente y que los resultados de las pruebas unidos a la presente certificación son aplicables al tipo de motor considerado. La muestra o muestras ha(n) sido seleccionada(s) por las autoridades competentes para la concesión de la homologación y presentada(s) por el fabricante como tipo(s) de motor (prototipo)⁽¹⁾.

Se concede/se deniega/se retira la homologación⁽¹⁾:

Lugar:

Fecha:

Firma:

Se adjuntan los siguientes documentos: Expediente de homologación

Resultados de las pruebas (véase el apéndice 1)

Estudio de correlación relativo a los sistemas de toma de muestras utilizados que difieren de los sistemas de referencia (en su caso)⁽²⁾.

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.

⁽²⁾ Especificados en el punto 4.2 del Anexo I.

Apéndice 1

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

1. Información relativa a la prueba o pruebas realizadas⁽¹⁾:
- 1.1. Combustible de referencia utilizado para la prueba
- 1.1.1. Índice de cetano:
- 1.1.2. Contenido de azufre:
- 1.1.3. Densidad:
- 1.2. Lubricante
- 1.2.1. Marca(s):
- 1.2.2. Tipo(s):
(indíquese el porcentaje de aceite de la mezcla si se mezclan lubricante y combustible)
- 1.3. Maquinaria accionada por el motor (en su caso)
- 1.3.1. Datos de enumeración e identificación:
- 1.3.2. Potencia absorbida a las velocidades del motor que se indican (según especificación del fabricante):

Máquina	Potencia P _{AE} (kW) absorbida a distintas velocidades del motor ^(*)	
	Intermedia	Nominal
Total		

(*) No deberá ser superior al 10% de la potencia medida durante la prueba.

- 1.4. Prestaciones del motor
- 1.4.1. Velocidades de giro del motor:
- Ralentí: rpm
- Intermedia: rpm
- Nominal: rpm
- 1.4.2. Potencia del motor⁽²⁾

Condición	Ajuste de potencia (kW) a distintas velocidades del motor	
	Intermedia	Nominal
Potencia máxima medida en la prueba (P _M) (kW) (a)		
Potencia total absorbida por la máquina accionada por el motor, de acuerdo con el punto 1.3.2 del presente apéndice o el punto 2.8 del Anexo III (P _{AE}) (kW) (b)		
Potencia neta del motor tal como se especifica en el punto 2.8 del Anexo I (kW) (c)		
c = a + b		

⁽¹⁾ Si hubiere varios prototipos, se indicará para cada uno de ellos.

⁽²⁾ Potencia medida, no corregida, de acuerdo con las prescripciones del punto 2.4 del Anexo I.

1.5. Niveles de emisión

1.5.1. Ajuste del dinamómetro (kW)

Porcentaje de carga	Ajuste del dinamómetro (kW) a distintas velocidades del motor	
	Intermedia	Nominal
10		
50		
75		
100		

1.5.2. Resultados de las pruebas de emisiones de 8 modalidades:

CO: g/kWh

HC: g/kWh

NO_x: g/kWh

Partículas: g/kWh

1.5.3. Sistema de toma de muestras utilizado para la prueba:

1.5.3.1. Emisiones gaseosas⁽¹⁾:1.5.3.2. Partículas⁽¹⁾:1.5.3.2.1. Método⁽²⁾: filtro único/filtros múltiples⁽¹⁾ Indicar los números de figura definidos en el punto 1 del Anexo V.⁽²⁾ Táchese lo que no proceda.

ANEXO VII

SISTEMA DE NUMERACIÓN DE LOS CERTIFICADOS DE HOMOLOGACIÓN

(véase el apartado 2 del artículo 4)

1. El número constará de cinco secciones, separadas por el carácter «*».

Sección 1: La letra «e» minúscula seguida de la letra o letras distintivas o del número del Estado miembro que concede la homologación:

1 para Alemania	13 para Luxemburgo
2 para Francia	17 para Finlandia
3 para Italia	18 para Dinamarca
4 para los Países Bajos	21 para Portugal
5 para Suecia	23 para Grecia
6 para Bélgica	IRL para Irlanda
9 para España	
11 para el Reino Unido	
12 para Austria	

Sección 2: El número de la presente Directiva. Dado que implica diferentes fechas de entrada en vigor y diferentes normas técnicas, se han añadido dos caracteres alfabéticos. Estos caracteres se refieren a las distintas fechas de aplicación de las distintas fases restrictivas y a la aplicación del motor para máquinas móviles de diferentes características sobre cuya base se ha concedido la homologación. El primer carácter se define en el artículo 9. El segundo carácter se define en la sección 1 del Anexo I, en relación con la modalidad de prueba definida en el punto 3.6 del Anexo III.

Sección 3: Número de la última Directiva de modificación aplicable a la homologación. En su caso, se añadirán otros dos caracteres alfabéticos dependiendo de las condiciones descritas en la sección 2, aun en el caso de que debido a los nuevos parámetros sólo deba modificarse uno de los caracteres. Si no procede modificar ninguno de estos caracteres, se omitirán ambos.

Sección 4: Un número correlativo de cuatro dígitos (precedido de los ceros necesarios) indica el número de homologación base. La secuencia comenzará a partir de 0001.

Sección 5: Un número correlativo de dos dígitos (precedido de un cero cuando proceda) que indica la ampliación. La secuencia comenzará a partir de 01 para cada número de homologación base.

2. Ejemplo de la tercera homologación (sin ampliación hasta este momento) correspondiente a la fecha de aplicación A (fase I, banda de potencia superior) y a la aplicación del motor para la especificación A de maquinaria móvil publicada por el Reino Unido:

e 11*98/...AA*00/000XX*0003*00

3. Ejemplo de la segunda ampliación de la cuarta homologación correspondiente a la fecha de aplicación E (fase II, banda de potencia media) para la misma especificación de maquinaria (A), publicada por Alemania:

e 1*01/...EA*00/000XX*0004*02

ANEXO VIII

LISTA DE HOMOLOGACIONES DE MOTORES/FAMILIAS DE MOTORES
CONCEDIDAS



Número de lista:

Correspondiente al período de: a:

Se facilitará la siguiente información en relación con cada una de las homologaciones concedidas, denegadas o retiradas en el período mencionado:

Fabricante:

Número de homologación:

En su caso, motivo de la ampliación:

Marca:

Tipo de motor/familia de motores⁽¹⁾:

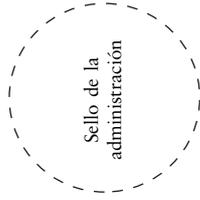
Fecha de concesión:

Fecha de la primera concesión (en el caso de ampliaciones):

⁽¹⁾ Táchese lo que no proceda.

ANEXO X

HOJA DE DATOS DE MOTORES HOMOLOGADOS



Número	Fecha de certificación	Fabricante	Tipo/familia	Medio refrigerante ⁽¹⁾	Número de cilindros	Volumen barrido (cm ³)	Potencia (kW)	Velocidad nominal (min ⁻¹)	Descripción del motor			Emisiones (g/kWh)					
									Combustión ⁽²⁾	Posttratamiento ⁽³⁾	PT	NO _x	CO	HC			

⁽¹⁾ Líquido o aire.

⁽²⁾ Abreviar como sigue: DI = inyección directa, PC = precámara/cámara de turbulencia, NA = aspiración natural (atmosférica), TC = sobrealimentado con turbocompresor, TCA = con turbocompresor y aftercooler (postrefrigerador). Ejemplos: DI NA, DI TC, DI TCA, PC NA, PC TC, PC TCA.

⁽³⁾ Abreviar como sigue: CAT = catalizador, TP = trampa de partículas, EGR = recirculación de los gases de escape.

Declaración de la Comisión ad artículo 15

La Comisión confirma que, con arreglo a la letra y al espíritu del *modus vivendi* en materia de comitología, informará plenamente al Parlamento Europeo acerca de las medidas de ejecución derivadas de la presente Directiva que tenga intención de adoptar.
