Este texto es exclusivamente un instrumento de documentación y no surte efecto jurídico. Las instituciones de la UE no asumen responsabilidad alguna por su contenido. Las versiones auténticas de los actos pertinentes, incluidos sus preámbulos, son las publicadas en el Diario Oficial de la Unión Europea, que pueden consultarse a través de EUR-Lex. Los textos oficiales son accesibles directamente mediante los enlaces integrados en este documento

►B

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

(DO L 59 de 27.2.1998, p. 1)

Modificada por:

		Diario Oficial		
		n°	página	fecha
►M1	Directiva 2001/63/CE de la Comisión de 17 de agosto de 2001	L 227	41	23.8.2001
►M2	Directiva 2002/88/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de diciembre de 2002	L 35	28	11.2.2003
►M3	Directiva 2004/26/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de abril de 2004	L 146	1	30.4.2004
►M4	Directiva 2006/105/CE del Consejo de 20 de noviembre de 2006	L 363	368	20.12.2006
►M5	Reglamento (CE) nº 596/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2009	L 188	14	18.7.2009
►M6	Directiva 2010/26/UE de la Comisión de 31 de marzo de 2010	L 86	29	1.4.2010
►M7	Directiva 2011/88/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de noviembre de 2011	L 305	1	23.11.2011
►M8	Directiva 2012/46/UE de la Comisión de 6 de diciembre de 2012	L 353	80	21.12.2012
►M9	Reglamento (UE) 2016/1628 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de septiembre de 2016	L 252	53	16.9.2016

Modificada por:

►A1	Acta relativa a las condiciones de adhesión de la República Checa, la República de Estonia, la República de Chipre, la República de Letonia, la República de Lituania, la República de Hungría, la República de Malta, la República de Polonia, la República de Eslovenia y la República Eslovaca, y a las adaptaciones de los Tratados en los que se fundamenta la Unión	L 236	33	23.9.2003

Rectificada por:

►C1	Rectificación, DO L 225 de 25.6.2004, p. 3 (2004/26/CE)			

▼B

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

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.

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;

▼M2

— «comercialización»: la acción de poner por primera vez en el mercado un motor a título oneroso o gratuito, con vistas a su distribución o utilización en la Comunidad;

▼B

— «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;

▼M2

— «motor sustitutivo»: un motor de nueva construcción que sustituye a un motor en una máquina y que se suministra con este fin exclusivamente;

— «motor portátil»: el motor que cumple al menos uno de los siguientes requisitos:

a) el motor debe utilizarse en un equipo transportado por el operario durante el desempeño de sus funciones;

b) el motor debe utilizarse en un equipo que deba funcionar en varias posiciones, como por ejemplo boca abajo o de lado, para desempeñar sus funciones;

c) el motor debe utilizarse en un equipo cuyo peso en seco, incluido el motor, sea inferior a 20 kilogramos, y que tenga al menos una de las propiedades siguientes:

▼M2

i) el operario debe disponer un soporte o transportar el equipo durante el desempeño de sus funciones;

ii) el operario debe disponer un soporte o un control de posición para el equipo durante el desempeño de sus funciones;

iii) el motor debe utilizarse en un generador o en una bomba:

— «motor no portátil»: el motor que no se corresponde con la definición de motor portátil;

— «motor portátil profesional de varias posiciones»: un motor portátil que cumpla los requisitos de las letras a) y b) de la definición de motor portátil, en relación con el cual el fabricante haya demostrado al organismo de homologación que podría aplicarse al motor una categoría 3 del período de durabilidad de la emisión (con arreglo a lo dispuesto en el punto 2.1 del apéndice 4 del anexo IV);

— «período de durabilidad de la emisión»: el número de horas indicado en el apéndice 4 del anexo IV que se utiliza para determinar los factores de deterioro;

— «familia de motores fabricados en pequeñas series»: la familia de motores de encendido por chispa cuya producción anual total no alcanza las 5 000 unidades;

— «fabricante de pequeñas series de motores de encendido por chispa»: el fabricante cuya producción anual total no alcanza las 25 000 unidades;

▼M3
▼C1

— «buque para navegación por aguas interiores»: un buque destinado a ser utilizado en aguas interiores cuya eslora es igual o superior a 20 metros y su volumen igual o superior a 100 m^3, con arreglo a la fórmula establecida en el punto 2.8 *bis* de la sección 2 del anexo I, y los remolcadores o empujadores construidos para remolcar, empujar o acoplar los buques cuya eslora es igual o superior a 20 metros.

Dicha definición no incluye:

— los buques de pasaje que transporten menos de 12 personas, sin contar la tripulación,

— las embarcaciones de recreo cuya eslora sea inferior a 24 metros [de acuerdo con la definición del apartado 2 del artículo 1 de la Directiva 94/25/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de junio de 1994, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros relativas a embarcaciones de recreo ([1])],

— las embarcaciones de servicio de las autoridades de control,

— los buques de servicio de incendios,

— los buques militares,

— los buques pesqueros inscritos en el registro comunitario de buques pesqueros,

([1]) DO L 164 de 30.6.1994, p. 15; Directiva cuya última modificación la constituye el Reglamento (CE) nº 1882/2003 (DO L 284 de 31.10.2003, p. 1).

▼C1

— los buques marítimos, incluidos los remolcadores y empujadores marítimos que naveguen o tengan su base en aguas marítimo-fluviales o se encuentren temporalmente en aguas interiores, siempre que estén provistos de un certificado de navegación o de seguridad en curso de validez, con arreglo a lo dispuesto en el punto 2.8 *ter* de la sección 2 del anexo I;

— «fabricante de equipo original (OEM)»: un fabricante de un tipo de máquina móvil no de carretera;

— «sistema flexible»: un procedimiento que permite a un fabricante de motores, durante el período comprendido entre dos fases sucesivas de valores límite, comercializar un número limitado de motores destinados a ser instalados en máquinas móviles no de carretera, que sólo respeten los valores límite de emisión de la fase anterior.

▼B

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 ►M2 anexo VII ◄, 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 ►M2 anexo VIII ◄. El certificado de

▼B

homologación cumplimentado y sus anexos se entregarán al solicitante. ►M5 La Comisión modificará el anexo VIII. Estas medidas, destinadas a modificar elementos no esenciales de la presente Directiva, se adoptarán con arreglo al procedimiento de reglamentación con control contemplado en el artículo 15, apartado 2. ◄

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 ►M2 anexo IX ◄) 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 ►M2 anexo X ◄, 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 ►M2 anexo XI ◄ relativa a los motores homologados desde la última notificación.

▼M7

6. Los motores de encendido por compresión destinados a un uso distinto de la propulsión de automotores y buques de navegación por aguas interiores podrán comercializarse acogiéndose al sistema flexible, de conformidad con el procedimiento del anexo XIII, además de los apartados 1 a 5.

▼B

Artículo 5

Modificación de homologaciones

1. El Estado miembro que haya concedido la homologación deberá adoptar las medidas necesarias para garantizar que se le informa de cualquier cambio de los datos facilitados en el expediente de homologación.

▼B

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,

▼B

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.

▼M3
▼C1

5. Los motores de encendido por compresión comercializados acogiéndose al sistema flexible deberán ser etiquetados de conformidad con el anexo XIII.

▼B

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.

▼M2

2. Los Estados miembros aceptarán las homologaciones y si procede las correspondientes marcas de homologación de la lista incluida en el anexo XII como conformes a la presente Directiva.

▼M3
▼C1

Artículo 7 bis

Buques para navegación por aguas interiores

1. Las siguientes disposiciones se aplicarán a los motores destinados a buques para navegación por aguas interiores. Los apartados 2 y 3 no se aplicarán hasta que la Comisión Central para la Navegación del Rin (en adelante, «la CCNR») reconozca la equivalencia entre los requisitos establecidos por la presente Directiva y los establecidos en el marco del Convenio de Mannheim para la Navegación del Rin y la Comisión sea informada de ello.

2. Hasta el 30 de junio de 2007, los Estados miembros no podrán rechazar la comercialización de motores que cumplan los requisitos establecidos por la CCNR fase I, cuyos valores límite de emisión se establecen en el anexo XIV.

3. A partir del 1 de julio de 2007 y hasta la entrada en vigor de una nueva serie de valores límite, resultado de nuevas modificaciones de la presente Directiva, los Estados miembros no podrán rechazar la comercialización de motores que cumplan los requisitos establecidos por la CCNR fase II, cuyos valores límite de emisión se establecen en el anexo XV.

▼M5

4. La Comisión adaptará el anexo VII para integrar las informaciones adicionales y específicas que se puedan exigir para fines del certificado de homologación para los motores destinados a buques para navegación por aguas interiores. Estas medidas, destinadas a modificar elementos no esenciales de la presente Directiva, se adoptarán con arreglo al procedimiento de reglamentación con control contemplado en el artículo 15, apartado 2.

▼M3
▼C1

5. A efectos de la presente Directiva y por lo que respecta a los buques para navegación por aguas interiores, los motores auxiliares cuya potencia sea superior a 560 kW estarán sujetos a los mismos requisitos que los motores de propulsión.

▼B

Artículo 8

▼M3
▼C1

Comercialización

1. Los Estados miembros no podrán denegar la comercialización de motores, estén o no instalados ya en máquinas, que cumplan con los requisitos de la presente Directiva.

▼B

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.

▼M3
▼C1

2 *bis*. Los Estados miembros no expedirán el certificado comunitario de navegación interior establecido por la Directiva 82/714/CEE del Consejo, de 4 de octubre de 1982, por la que se establecen las prescripciones técnicas de los barcos de la navegación interior [1], a los buques cuyos motores no cumplan los requisitos establecidos por la presente Directiva.

▼B

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.

[1] DO L 301 de 28.10.1982, p. 1; Directiva modificada por el Acta de adhesión de 2003.

▼B

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

▼M2

Calendario para los motores de encendido por compresión

▼B

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 ►M2 anexo VII ◄ 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 ►M2 anexo VII ◄ 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: $130\ kW \leq P \leq 560\ kW$,

— B: $75\ kW \leq P < 130\ kW$,

— C: $37\ kW \leq P < 75\ kW$,

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 ►M2 del punto 4.1.2.1 del anexo I ◄.

3. HOMOLOGACIONES DE LA FASE II

(CATEGORÍAS DE MOTORES D, E, F Y G)

▼M3
▼C1

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 VII y cualquier otra homologación para las máquinas móviles no de carretera aún no comercializadas en las que esté instalado un motor aún no comercializado:

▼B

— D: después del 31 de diciembre de 1999 en el caso de los motores con la potencia siguiente: $18\ kW \leq P < 37\ kW$,

— E: después del 31 de diciembre de 2000 en el caso de los motores con la potencia siguiente: $130\ kW \leq P \leq 560\ kW$,

— F: después del 31 de diciembre de 2001 en el caso de los motores con la potencia siguiente: $75\ kW \leq P < 130\ kW$,

— G: después del 31 de diciembre de 2002 en el caso de los motores con la potencia siguiente: $37\ kW \leq P < 75\ kW$,

▼B

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 ►M2 del punto 4.1.2.3 del anexo I ◄.

▼M3
▼C1

3 *bis*. HOMOLOGACIÓN DE MOTORES DE LA FASE III A (CATEGORÍAS DE MOTOR H, I, J y K)

Los Estados miembros denegarán la homologación CE a los siguientes tipos o familias de motores y la expedición del documento a que se refiere el anexo VII y cualquier otra homologación a las máquinas móviles no de carretera en las que esté instalado un motor sin comercializar aún:

— H: después del 30 de junio de 2005 en el caso de los motores (excepto los de velocidad de giro constante) con la potencia siguiente: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW,

— I: después del 31 de diciembre de 2005 en el caso de los motores (excepto los de velocidad de giro constante) con la potencia siguiente: 75 kW ≤ P <130 kW,

— J: después del 31 de diciembre de 2006 en el caso de los motores (excepto los de velocidad de giro constante) con la potencia siguiente: 37 kW ≤ P <75 kW,

— K: después del 31 de diciembre de 2005 en el caso de los motores (excepto los de velocidad de giro constante) con la potencia siguiente: 19 kW ≤ P <37 kW,

si los motores no cumplen los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de partículas y gases contaminantes del motor no se ajusten a los valores límite indicados en el cuadro del punto 4.1.2.4 del anexo I.

3 *ter*. HOMOLOGACIÓN DE MOTORES DE VELOCIDAD DE GIRO CONSTANTE DE LA FASE III A (CATEGORÍAS DE MOTOR H, I, J Y K)

Los Estados miembros denegarán la homologación CE a los siguientes tipos o familias de motores y la expedición del documento a que se refiere el anexo VII y cualquier otra homologación a las máquinas móviles no de carretera en las que esté instalado un motor sin comercializar aún:

— motores de velocidad de giro constante H: después del 31 de diciembre de 2009 en el caso de los motores con la potencia siguiente: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW,

— motores de velocidad de giro constante I: después del 31 de diciembre de 2009 en el caso de los motores con la potencia siguiente: 75 kW ≤ P <130 kW,

— motores de velocidad de giro constante J: después del 31 de diciembre de 2010 en el caso de los motores con la potencia siguiente: 37 kW ≤ P <75 kW,

— motores de velocidad de giro constante K: después del 31 de diciembre de 2009 en el caso de los motores con la potencia siguiente: 19 kW ≤ P <37 kW,

si los motores no cumplen los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de partículas y gases contaminantes del motor no se ajusten a los valores límite indicados en el cuadro del punto 4.1.2.4 del anexo I.

▼C1

3 *quater*. HOMOLOGACIÓN DE MOTORES DE LA FASE III B (CATEGORÍAS DE MOTOR L, M, N y P)

Los Estados miembros denegarán la concesión de la homologación CE a los siguientes tipos o familias de motores y la expedición del documento descrito en el anexo VII y cualquier otra homologación a las máquinas móviles no de carretera en las que esté instalado un motor sin comercializar aún:

— L después del 31 de diciembre de 2009 en el caso de los motores (excepto los de velocidad de giro constante) con la potencia siguiente: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW,

— M después del 31 de diciembre de 2010 en el caso de los motores (excepto los de velocidad de giro constante) con la potencia siguiente: 75 kW ≤ P <130 kW,

— N después del 31 de diciembre de 2010 en el caso de los motores (excepto los de velocidad de giro constante) con la potencia siguiente: 56 kW ≤ P <75 kW,

— P después del 31 de diciembre de 2011 en el caso de los motores (excepto los de velocidad de giro constante) con la potencia siguiente: 37 kW ≤ P <56 kW,

si los motores no cumplen los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de partículas y gases contaminantes del motor no se ajusten a los valores límite establecidos en el cuadro del punto 4.1.2.5 del anexo I.

3 *quinto*. HOMOLOGACIÓN DE MOTORES DE LA FASE IV (CATEGORÍAS DE MOTOR Q y R)

Los Estados miembros denegarán la homologación CE a los siguientes tipos o familias de motores y la expedición del documento a que se refiere el anexo VII y cualquier otra homologación a las máquinas móviles no de carretera en las que esté instalado un motor sin comercializar aún:

— Q después del 31 de diciembre de 2012 en el caso de los motores con una potencia de 130 kW ≤ P ≤ 560 kW,

— R después del 30 de septiembre de 2013 en el caso de los motores con una potencia de 56 kW ≤ P <130 kW,

si los motores no cumplen los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de partículas y gases contaminantes del motor no se ajusten a los valores límite establecidos en el cuadro del punto 4.1.2.6 del anexo I.

3 *sexto*. HOMOLOGACIÓN DE MOTORES DE PROPULSIÓN DE LA FASE III A UTILIZADOS EN BUQUES PARA NAVEGACIÓN POR AGUAS INTERIORES (CATEGORÍA DE MOTOR V)

Los Estados miembros denegarán la concesión de la homologación CE a los siguientes tipos o familias de motores y la expedición del documento descrito en el anexo VII:

▼C1

— V1:1: después del 31 de diciembre de 2005 en el caso de los motores con una potencia igual o superior a 37 kW y una cilindrada inferior a 0,9 litros por cilindro,

— V1:2: después del 30 de junio de 2005 en el caso de los motores con una cilindrada igual o superior a 0,9 litros e inferior a 1,2 litros por cilindro,

— V1:3: después del 30 de junio de 2005 en el caso de los motores con una cilindrada igual o superior a 1,2 litros e inferior a 2,5 litros por cilindro y con una potencia de 37 kW ≤ P <75 kw,

— V1:4: después del 31 de diciembre de 2006 en el caso de los motores con una cilindrada igual o superior a 2,5 litros e inferior a 5 litros por cilindro,

— V2: después del 31 de diciembre de 2007 en el caso de los motores con una cilindrada igual o superior a 5 litros por cilindro,

si el motor no cumple los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de partículas y gases contaminantes del motor no se ajusten a los valores límite establecidos en el cuadro del punto 4.1.2.4 del anexo I.

3 *séptimo*. HOMOLOGACIÓN DE MOTORES DE PROPULSIÓN DE LA FASE III A UTILIZADOS EN AUTOMOTORES

Los Estados miembros denegarán la concesión de la homologación CE a los siguientes tipos o familias de motores y la expedición del documento descrito en el anexo VII:

— RC A: después del 30 de junio de 2005 en el caso de los motores con una potencia superior a 130 kW,

si los motores no cumplen los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de partículas y gases contaminantes del motor no se ajusten a los valores límite establecidos en el cuadro del punto 4.1.2.4 del anexo I.

3 *octavo*. HOMOLOGACIÓN DE MOTORES DE PROPULSIÓN DE LA FASE III B UTILIZADOS EN AUTOMOTORES

Los Estados miembros denegarán la concesión de la homologación CE a los siguientes tipos o familias de motores y la expedición del documento descrito en el anexo VII:

— RC B: después del 31 de diciembre de 2010 en el caso de los motores con una potencia superior a 130 kW,

si los motores no cumplen los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de partículas y gases contaminantes del motor no se ajusten a los valores límite establecidos en el cuadro del punto 4.1.2.5 del anexo I.

3 *noveno*. HOMOLOGACIÓN DE MOTORES DE PROPULSIÓN DE LA FASE III A UTILIZADOS EN LOCOMOTORAS

Los Estados miembros denegarán la concesión de la homologación CE a los siguientes tipos o familias de motores y la expedición del documento descrito en el anexo VII:

— RL A: después del 31 de diciembre de 2005 en el caso de los motores con la potencia siguiente: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW,

— RH A: después del 31 de diciembre de 2007 en el caso de los motores con la potencia siguiente: 560 kW < P,

▼C1

si los motores no cumplen los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de partículas y gases contaminantes no se ajusten a los valores límite establecidos en el cuadro del punto 4.1.2.4 del anexo I. Las disposiciones de este apartado no se aplicarán a los tipos y familias de motores referidos cuando se haya celebrado un contrato de compra del motor antes del 20 de mayo de 2004 y siempre que el motor se comercialice como muy tarde dos años después de la fecha aplicable a la correspondiente categoría de locomotoras.

3 *décimo*. HOMOLOGACIÓN DE MOTORES DE PROPULSIÓN DE LA FASE III B UTILIZADOS EN LOCOMOTORAS

Los Estados miembros denegarán la concesión de la homologación CE a estos tipos o familias de motores y la expedición del documento descrito en el anexo VII:

— R B: después del 31 de diciembre de 2010 en el caso de los motores con una potencia superior a 130 kW,

si los motores no cumplen los requisitos establecidos en la presente Directiva y en caso de que las emisiones de partículas y gases contaminantes no se ajusten a los valores límite establecidos en el cuadro del punto 4.1.2.5 del anexo I. Las disposiciones de este apartado no se aplicarán a los tipos y familias de motores referidos cuando se haya celebrado un contrato de compra del motor antes del 20 de mayo de 2004 y siempre que el motor se comercialice como muy tarde dos años después de la fecha aplicable a la correspondiente categoría de locomotoras.

▼B

4. ►M3 ►C1 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 ►M2 la comercialización de 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

▼B

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.

▼M3
▼C1

4 *bis*. Sin perjuicio de las disposiciones del artículo 7 *bis* y de los apartados 3*octavo* y 3*noveno* del artículo 9, después de las fechas referidas en dichos artículos, con la excepción de la maquinaria y los motores destinados a la exportación a terceros países, los Estados miembros permitirán la comercialización de motores, independientemente de que estén instalados en maquinaria, únicamente en el caso de que cumplan las exigencias de la presente Directiva y únicamente si el motor está homologado de conformidad con una de las categorías definidas en los apartados 2 y 3.

Fase III A motores que no sean de giro constante:

— categoría H: 31 de diciembre de 2005,

— categoría I: 31 de diciembre de 2006,

— categoría J: 31 de diciembre de 2007,

— categoría K: 31 de diciembre de 2006.

Fase III A motores de buques para navegación por aguas interiores:

— categoría V1:1: 31 de diciembre de 2006,

— categoría V1:2: 31 de diciembre de 2006,

— categoría V1:3: 31 de diciembre de 2006,

— categoría V1:4: 31 de diciembre de 2008,

— categoría V2: 31 de diciembre de 2008.

Fase III A motores de giro constante:

— categoría H: 31 de diciembre de 2010,

— categoría I: 31 de diciembre de 2010,

— categoría J: 31 de diciembre de 2011,

— categoría K: 31 de diciembre de 2010.

Fase III A motores de automotores:

— categoría RC A: 31 de diciembre de 2005.

Fase III A motores de locomotoras:

— categoría RL A: 31 de diciembre de 2006,

— categoría RH A: 31 de diciembre de 2008.

Fase III B motores que no sean de giro constante:

— categoría L: 31 de diciembre de 2010,

— categoría M: 31 de diciembre de 2011,

▼C1

— categoría N: 31 de diciembre de 2011,

— categoría P: 31 de diciembre de 2012.

Fase III B motores de automotores:

— categoría RC B: 31 de diciembre de 2011.

Fase III B motores de locomotoras:

— categoría R B: 31 de diciembre de 2011.

Fase IV motores que no sean de giro constante:

— categoría Q: 31 de diciembre de 2013,

— categoría R: 31 de diciembre de 2014.

Para cada categoría los requisitos anteriores se pospondrán dos años en el caso de los motores cuya fecha de fabricación sea anterior a la fecha mencionada.

La autorización concedida para una fase de valores límite de emisión expirará en el momento en que sea obligatoria la aplicación de la fase siguiente de valores límite.

▼M9

No obstante lo dispuesto en el párrafo primero, los Estados miembros podrán autorizar, a petición de un OEM, la introducción en el mercado de motores que cumplan los valores límite de emisiones de la fase III A, a condición de que dichos motores estén destinados a ser instalados en máquinas móviles no de carretera que se vayan a utilizar en atmósferas potencialmente explosivas, definidas en el artículo 2, punto 5, de la Directiva 2014/34/UE del Parlamento Europeo y del Consejo ([1]).

Los fabricantes proporcionarán a la autoridad de homologación la prueba de que los motores están instalados exclusivamente en máquinas móviles no de carretera respecto de las que se haya certificado que cumplen dichos requisitos. En todos esos motores se colocará una etiqueta con el texto «Engine for restricted use in machinery manufactured by», seguido del nombre del OEM y de la referencia única de la excepción asociada, al lado del marcado reglamentario del motor que figura en la sección 3 del anexo I.

No obstante lo dispuesto en el párrafo primero, los Estados miembros podrán conceder la homologación de tipo UE y autorizar la introducción en el mercado de motores de la categoría RLL con una potencia neta máxima superior a 2 000 kW que no cumplan con los límites de emisiones indicados en el anexo II, y que vayan a ser instalados en locomotoras que solo circulen por una red ferroviaria técnicamente aislada de 1 520 mm. Dichos motores cumplirán al menos con los límites de emisiones que tenían que cumplir para su introducción en el mercado el 31 de diciembre de 2011.

▼C1

4 *ter*. ETIQUETADO EN CASO DE CUMPLIMIENTO ANTICIPADO DE LAS EXIGENCIAS DE LAS FASES III A, III B Y IV

([1]) Directiva 2014/34/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (DO L 96 de 29.3.2014, p. 309).

▼C1

Para los tipos o familias de motores que cumplan los valores límite establecidos en el cuadro de los puntos 4.1.2.4, 4.1.2.5 y 4.1.2.6 del anexo I antes de las fechas previstas en el apartado 4 del presente artículo, los Estados miembros permitirán que un etiquetado o marca especiales muestren que el equipo cumple los valores límite antes de las fechas establecidas.

▼M2

Artículo 9 bis

Calendario para los motores de encendido por chispa

1. DIVISIÓN EN CLASES

A efectos de la presente Directiva, los motores de encendido por chispa se dividen en las clases siguientes.

Clase principal S: pequeños motores con una potencia neta de ≤ 19 kW

La clase principal S se subdivide en dos categorías:

H: motores para máquinas portátiles,

N: motores para máquinas no portátiles,

Clase/categoría	Cilindrada (centímetros cúbicos)
Motores portátiles Clase SH:1	< 20
Clase SH:2	≥ 20 < 50
Clase SH:3	≥ 50
Motores no portátiles Clase SN:1	< 66
Clase SN:2	≥ 66 < 100
Clase SN:3	≥ 100 < 225
Clase SN:4	≥ 225

2. CONCESIÓN DE HOMOLOGACIONES

Después 11 de agosto de 2004, los Estados miembros no podrán denegar la homologación a un tipo de motor o familia de motores de encendido por chispa ni negarse a expedir el documento al que se refiere el anexo VII y no podrán imponer ningún otro tipo de requisitos de homologación en materia de emisiones contaminantes 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 contaminantes.

3. HOMOLOGACIONES DE LA FASE I

Los Estados miembros denegarán la homologación a un tipo de motor o familia de motores y la expedición de los documentos a que se refiere el anexo VII, y cualquier otra homologación para máquinas móviles no de carretera en las que esté instalado un motor después del 11 de agosto de 2004, si el motor incumple los requisitos especificados en la presente Directiva y si las emisiones de gases contaminantes del motor no se ajustan a los valores límite establecidos en la tabla que figura en el punto 4.2.2.1 del anexo I.

▼**M2**

4. HOMOLOGACIONES DE LA FASE II

Los Estados miembros denegarán la homologación a un tipo de motor o familia de motores y la expedición de los documentos a que se refiere el anexo VII, y cualquier otra homologación para máquinas móviles no de carretera en las que esté instalado un motor:

después del 1 de agosto de 2004 para las clases de motores SN:1 y SN:2,

después del 1 de agosto de 2006 para la clase de motores SN:4,

después del 1 de agosto de 2007 para las clases de motores SH:1, SH:2 y SN:3, y

después del 1 de agosto de 2008 para la clase de motores SH:3,

si el motor incumple los requisitos especificados en la presente Directiva y si las emisiones de gases contaminantes del motor no se ajustan a los valores límite establecidos en la tabla que figura en el punto 4.2.2.2 del anexo I.

5. COMERCIALIZACIÓN: FECHAS PARA LA FABRICACIÓN DE MOTORES

Seis meses después de las fechas fijadas para las categorías pertinentes de motores en los puntos 3 y 4, salvo en el caso de la maquinaria y los motores destinados a la exportación a terceros países, los Estados miembros sólo autorizarán la comercialización de los motores, estén o no instalados en máquinas, si cumplen los requisitos de la presente Directiva.

6. ETIQUETADO DEL CUMPLIMIENTO POR ANTICIPADO DE LA FASE II

Para los tipos o familias de motores que cumplan con los valores límite establecidos en la tabla del punto 4.2.2.2 del anexo I antes de las fechas establecidas en el punto 4 del presente artículo, los Estados miembros permitirán un marcado y etiquetado especial para mostrar que el equipo en cuestión cumple con los valores límite antes de las fechas establecidas.

7. EXCEPCIONES

Las máquinas que se detallan a continuación estarán exentas de cumplir el calendario de emisiones de la fase II durante un período de tres años desde la entrada en vigor del mismo. Durante estos tres años seguirán rigiéndose por el calendario de emisiones de la fase I:

— motosierras portátiles: aparatos portátiles diseñados para cortar madera con una sierra de cadena que debe sujetarse con las dos manos, dotadas de un motor con una cilindrada superior a 45 cm^3, de conformidad con la norma EN ISO 11681-1,

— aparatos con un asa en su parte superior (taladradoras y motosierras forestales): aparatos portátiles con la empuñadura en la parte superior de la máquina, concebidos para practicar perforaciones o cortar madera con una sierra de cadena, de conformidad con la norma ISO 11681-2,

▼M2

— desbrozadoras portátiles dotadas de motor de combustión interna: aparatos portátiles con una lámina giratoria de metal o plástico destinada a cortar hierbas, maleza, árboles de pequeño tamaño y vegetación similar. Deben estar diseñados de conformidad con la norma EN ISO 11806 para su utilización en distintas posiciones, como, por ejemplo, horizontalmente o invertida, e ir provistos de un motor con una cilindrada superior a 40 cm^3,

— cortasetos: aparatos portátiles concebidos para recortar setos o matorrales mediante una o varias láminas de cuchillas en contrafase, de conformidad con la norma EN 774,

— cortadoras portátiles dotadas de motor de combustión interna: un aparato portátil diseñado para cortar materiales duros como piedra, asfalto, hormigón o acero mediante una lámina giratoria de metal y con una cilindrada superior a 50 cm^3, de conformidad con la norma EN 1454, y

— máquinas de eje horizontal no portátiles de clase SN:3: sólo las máquinas de eje horizontal no portátiles de clase SN:3 con una potencia no superior a 2,5 kW diseñadas especialmente para determinados usos industriales, tales como cultivadores, desbrozadoras, aireadores de césped o generadores.

▼M6

No obstante lo dispuesto en el párrafo primero, se concede una ampliación del período de exención hasta el 31 de julio de 2013, en la categoría de aparatos con un asa en su parte superior, en el caso de los cortasetos portátiles y las motosierras forestales de uso profesional y de posiciones múltiples en que se instalen motores de las clases SH:2 y SH:3.

▼M2

8. APLICACIÓN DIFERIDA OPCIONAL

No obstante, en cada categoría, los Estados miembros podrán retrasar dos años las fechas citadas en los puntos 3, 4 y 5 en lo que se refiere a los motores cuya fecha de producción sea anterior a dichas fechas.

▼B

Artículo 10

Exenciones y procedimientos alternativos

▼M3
▼C1

1. Las exigencias de los apartados 1 y 2 del artículo 8, del apartado 4 del artículo 9 y del apartado 5 del artículo 9*bis* no se aplicarán a:

— los motores para el uso de las fuerzas armadas,

— los motores eximidos de conformidad con los apartados 1*bis* y 2,

— los motores para el uso en máquinas destinadas primariamente al lanzamiento y la recuperación de botes salvavidas,

— los motores para el uso en máquinas destinadas primariamente al lanzamiento y la recuperación de embarcaciones puestas en marcha desde la playa.

▼C1

1 *bis*. Sin perjuicio de las disposiciones del artículo 7 *bis* y de los puntos 3 *séptimo* y 3*octavo* del artículo 9, los motores de sustitución, excepto los motores de propulsión para automotores, locomotoras y buques para navegación por aguas interiores, deberán cumplir los valores límite que deba cumplir el motor que haya de sustituirse cuando se comercializó originalmente.

▼M7

_____

1 *ter*. No obstante lo dispuesto en el artículo 9, apartado 3, letras g) e i), y apartado 4, letra a), los Estados miembros podrán autorizar la comercialización de los motores siguientes para automotores y locomotoras:

a) motores de sustitución que cumplan los límites de la fase III A, cuando tengan que sustituir a motores de automotores y locomotoras que:

   i) no cumplan las normas de la fase III A, o

   ii) cumplan las normas de la fase III A pero no cumplan las normas de la fase III BM;

b) motores de sustitución que no cumplan los límites de la fase III A, cuando tengan que sustituir a motores de automotores sin control de conducción y sin capacidad de movimiento independiente, siempre que tales motores de sustitución cumplan normas no inferiores a las que cumplen los motores instalados en automotores existentes del mismo tipo.

Podrán concederse autorizaciones en virtud de este apartado solo en caso de que la autoridad de homologación acepte que el uso de un motor de sustitución que cumpla los requisitos de la última fase de emisiones aplicable en el automotor o locomotora en cuestión plantearía importantes dificultades técnicas.

1 *quater* Una etiqueta con el texto «MOTOR DE SUSTITUCIÓN» y el número de referencia único de la excepción se incluirá en los motores a que se hace referencia en los apartados 1 *bis* o 1 *ter*.

1 *quinquies* La Comisión evaluará el impacto ambiental del apartado 1 *ter* y las posibles dificultades técnicas para su cumplimiento. A la luz de dicha evaluación, la Comisión, a más tardar el 31 de diciembre de 2016, remitirá al Parlamento Europeo y al Consejo un informe de revisión del apartado 1 *ter* acompañado, si procede, de una propuesta legislativa que incluya una fecha final para la aplicación de dicho párrafo.

▼B

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;

▼B

— 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.

▼M2

3. La aplicación de las disposiciones de los puntos 4 y 5 del artículo 9 *bis* se retrasará durante tres años en el caso de los fabricantes de pequeñas series.

4. Las disposiciones de los puntos 4 y 5 del artículo 9 *bis* se sustituirán por las disposiciones correspondientes de la fase I, en el caso de familias de motores fabricados en pequeñas series hasta un máximo de 25 000 unidades siempre y cuando las diversas familias de motores de que se trate dispongan de cilindrada diferente.

▼M3
▼C1

5. Los motores podrán comercializarse acogiéndose al sistema flexible de conformidad con las disposiciones del anexo XIII.

6. El apartado 2 no se aplicará a los motores de propulsión destinados a buques para navegación por aguas interiores.

▼M7

7. Los Estados miembros permitirán la comercialización de los motores definidos en el punto 1, letra A, incisos i), ii) y v), del anexo I, acogiéndose al sistema flexible de conformidad con las disposiciones del anexo XIII.

▼M9

8. Los Estados miembros podrán decidir no aplicar la presente Directiva a los motores instalados en máquinas para la recolección del algodón.

▼B

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.

▼B

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.

▼M5

Artículo 14

La Comisión adoptará toda modificación que sea necesario realizar con el fin de adaptar al progreso técnico los anexos de la presente Directiva, con la excepción de las disposiciones del punto 1, de los puntos 2.1 a 2.8 y del punto 4 del anexo I.

Estas medidas, destinadas a modificar elementos no esenciales de la presente Directiva, se adoptarán con arreglo al procedimiento de reglamentación con control contemplado en el artículo 15, apartado 2.

Artículo 14 bis

La Comisión estudiará las posibles dificultades técnicas para cumplir con las exigencias de la fase II para determinados usos de los motores, en particular las máquinas móviles en que se instalen motores de las clases SH:2 y SH:3. Si los estudios de la Comisión concluyen que por razones técnicas algunas máquinas móviles, en particular con motores portátiles y de posiciones múltiples destinadas a un uso profesional, no pueden cumplir dichas exigencias respetando los plazos previstos, dicha institución presentará, el 31 de diciembre de 2003 a más tardar, un informe acompañado de las propuestas de ampliación de los plazos establecidos en el artículo 9 *bis*, apartado 7, y/o otras excepciones pertinentes, que no superen los cinco años, salvo en circunstancias excepcionales, para dichas máquinas. Estas medidas, destinadas a modificar elementos no esenciales de la presente Directiva completándola, se adoptarán con arreglo al procedimiento de reglamentación con control contemplado en el artículo 15, apartado 2.

▼M2

Artículo 15

Comité

1. La Comisión estará asistida por el Comité para la adaptación al progreso técnico de las directivas tendentes a la supresión de los obstáculos técnicos comerciales en el sector de los vehículos a motor, denominado en lo sucesivo «el Comité».

▼M5

2. En los casos en que se haga referencia al presente apartado, serán de aplicación el artículo 5 *bis*, apartados 1 a 4, y el artículo 7 de la Decisión 1999/468/CE, sin perjuicio de lo dispuesto en su artículo 8.

▼B

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.

▼M2

Lista de anexos

ANEXO I	Ámbito de aplicación, definiciones, símbolos y abreviaturas, marcados de motores, especificaciones y pruebas, especificación de la evaluación de la conformidad de la producción, parámetros de definición de una familia de motores, elección del prototipo
Apéndice 1	Requisitos para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO_x
Apéndice 2	Requisitos relativos a la zona de control de los motores de la fase IV
ANEXO II	Ficha de características
Apéndice 1	Características esenciales del prototipo
Apéndice 2	Características esenciales de la familia de motores
Apéndice 3	Características esenciales de los tipos de motores de la familia
ANEXO III	Procedimiento de prueba: motores de encendido por compresión

▼M3

▼C1

Apéndice 1	Procedimientos de medición y toma de muestras
Apéndice 2	Procedimiento de calibrado [NRSC Y NRTC ([1])]

▼M2

Apéndice 3	►M3 ►C1 Evaluación de los datos y cálculos ◄ ◄

▼M3

▼C1

Apéndice 4	Plan de servicio del dinamómetro del motor en la prueba NRTC
Apéndice 5	Requisitos de durabilidad

▼M2

Apéndice 6	Determinación de las emisiones de CO_2 de los motores de las fases I, II, III A, III B y IV
Apéndice 7	Modo alternativo de determinación de las emisiones de CO_2
ANEXO IV	Procedimiento de prueba: motores de encendido por chispa
Apéndice 1	Procedimientos de medición y toma de muestras
Apéndice 2	Calibrado de los instrumentos de análisis
Apéndice 3	Evaluación de los datos y cálculos
Apéndice 4	Factores de deterioro
ANEXO V	►M3 ►C1 Características técnicas del combustible de referencia prescrito para las pruebas de homologación y para comprobar la conformidad de la producción ◄ ◄

▼M3

▼C1

ANEXO VI	Sistema de análisis y de toma de muestras

▼M2

ANEXO VII	Certificado de homologación
Apéndice 1	Informe del ensayo relativo a motores de encendido por compresión resultados de los ensayos
Apéndice 2	Resultados de las pruebas para los motores de encendido por chispa
Apéndice 3	Equipos y accesorios necesarios para determinar la potencia del motor

▼**M2**

ANEXO VIII	Sistema de numeración de los certificados de homologación
ANEXO IX	Lista de homologaciones de motores/familias de motores concedidas
ANEXO X	Lista de motores fabricados
ANEXO XI	Hoja de datos de motores que han recibido la homologación de tipo
ANEXO XII	Reconocimiento de homologaciones de tipo alternativas

▼**M3**

▼**C1**

ANEXO XIII	Disposiciones para los motores comercializados acogiéndose al sistema flexible
ANEXO XIV	
ANEXO XV	

▼B

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

▼M2

La presente Directiva se aplica a todos los motores que se instalen en máquinas móviles no de carretera y a los motores secundarios que se instalen en vehículos destinados al transporte de viajeros o mercancías por carretera.

▼B

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:

▼M3
▼C1

A. Maquinaria destinada y apta para desplazarse o ser desplazada sobre el suelo, con o sin carretera, y equipada con:

i) un motor de encendido por compresión con una potencia neta instalada, de conformidad con el punto 2.4, igual o superior a 19 kW pero inferior a 560 kW, y utilizada a velocidad intermitente en lugar de a velocidad constante única, o

ii) un motor de encendido por compresión con una potencia neta instalada, de conformidad con el punto 2.4, igual o superior a 19 kW pero inferior a 560 kW, y utilizada a velocidad constante única. Estos límites no empezarán a aplicarse hasta el 31 de diciembre de 2006, o

iii) un motor de gasolina de encendido por chispa, con una potencia neta instalada, de conformidad con el punto 2.4, no superior a 19 kW, o

iv) motores destinados a la propulsión de automotores, es decir, vehículos autopropulsados sobre raíles específicamente destinados al transporte de mercancías y/o pasajeros, o

([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).

▼C1

v) motores destinados a la propulsión de locomotoras, es decir, elementos autopropulsados de equipos ferroviarios, destinados a desplazar o propulsar vagones destinados al transporte de mercancías, pasajeros y otros equipos, pero que en sí mismos no están concebidos para el transporte de mercancías, pasajeros (distintos del conductor de la locomotora) u otros equipos, ni destinados a este uso. Los motores auxiliares o los motores destinados a alimentar los equipos de mantenimiento o construcción sobre raíles no están cubiertos por el presente párrafo sino por las disposiciones del inciso i) de la letra A.

▼M2

La Directiva no es aplicable a:

▼M3
▼C1

B. Barcos, excepto los buques destinados a la navegación por aguas interiores

———————

▼M2

D. Aaeronaves

E. Vehículos de recreo, por ejemplo:

— motos de nieve,

— motocicletas de campo,

— vehículos todo terreno.

▼B

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 ^{o}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;

([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 ►M2 , excepto los ventiladores de refrigeración de los motores de refrigeración por aire fijados directamente al cigüeñal (véase el apéndice 3 del anexo VII) ◄.

▼B

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;

▼M2

— para los motores que vayan a probarse en el ciclo G1, la velocidad intermedia será el 85 % de la velocidad de giro nominal (véase el punto 3.5.1.2 del anexo IV);

▼M3
▼C1

2.8. *bis*. «volumen igual o superior a 100 m^3» en un buque destinado a la navegación por aguas interiores: el obtenido mediante la fórmula L x B xT, siendo «L» la longitud máxima del casco, sin incluir ni el timón ni el bauprés, «B» la anchura máxima del casco expresada en metros, medida en el exterior del forro (sin incluir ruedas de paletas, defensas, etc.), y «T» la distancia vertical entre el punto más bajo de trazado del casco o de la quilla y el plano de calado máximo del buque;

2.8. *ter*. «certificado de navegación o de seguridad en curso de validez»:

a) un certificado que demuestre la conformidad con el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS) de 1974, en su versión modificada, o equivalente, o

b) un certificado que demuestre la conformidad con el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966, en su versión modificada, o equivalente, y un certificado IOPP que demuestre la conformidad con el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (Marpol), en su versión modificada;

▼C1

2.8. *quater*. «dispositivo de desactivación»: dispositivo que mide, detecta o responde a variables de funcionamiento, con objeto de activar, modular, retrasar o desactivar el funcionamiento de cualquier componente o función del sistema de control de emisiones, de modo que la eficacia del sistema de control se reduce en condiciones de uso normales de las máquinas móviles no de carretera a menos que la utilización de tal dispositivo esté específicamente incluida en los procedimientos de certificación de las pruebas de emisión aplicado;

2.8. *quinto*. «estrategia de control irracional»: toda estrategia o medida que, en condiciones de uso normales de las máquinas móviles no de carretera, reduce la efectividad del sistema de control de las emisiones hasta un nivel inferior al previsto en los procedimientos de prueba sobre emisiones aplicables;

▼M2

2.9. «parámetro ajustable»: cualquier dispositivo, sistema o elemento del diseño que sea ajustable físicamente y pueda afectar a las emisiones o al funcionamiento del motor durante las pruebas de emisiones o durante el servicio normal;

2.10. «postratamiento»: el paso de los gases de escape por un dispositivo o sistema cuyo fin sea alterar física o químicamente dichos gases antes de su liberación a la atmósfera;

2.11. «motor de encendido por chispa»: todo motor que funcione por este principio de encendido;

2.12. «dispositivo de control auxiliar de emisiones»: todo dispositivo que detecte parámetros de servicio del motor a los efectos de ajustar el funcionamiento de alguna parte del sistema de control de emisiones;

2.13. «sistema de control de emisiones»: todo dispositivo, sistema o elemento del diseño que sirva para controlar o reducir las emisiones;

2.14. «sistema de alimentación de combustible»: todos los componentes que participan en la dosificación y mezcla del combustible;

2.15. «motor secundario»: el que va instalado en un automóvil pero no para impulsar su movimiento;

2.16. «duración de la modalidad»: el tiempo que pasa entre el final de la velocidad o el par de la modalidad anterior o de la fase de preacondicionamiento y el principio de la modalidad siguiente. Incluye el tiempo durante el que cambia la velocidad o el par y la estabilización al principio de cada modalidad;

▼M3

▼C1

2.17. «ciclo de prueba»: una secuencia de puntos de prueba, cada uno de los cuales posee una velocidad de giro y un par concretos que debe seguir el motor en condiciones de funcionamiento de estado continuo (prueba NRSC) o transitorias (prueba NRTC);

▼M3
▼C1

2.18. **Símbolos y abreviaturas**

2.18.1. *Símbolos para los parámetros de prueba*

Símbolo	Unidad	Término
A/F_{st}	—	Relación estoquiométrica de la mezcla aire/combustible
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		Valores medios ponderados de:
	m^3/h	— gasto volumétrico
	kg/h	— gasto másico
C1	—	Hidrocarburo expresado en equivalencia carbono 1
C_d	—	Coeficiente de descarga del SSV
Conc	ppm Vol %	Concentración (con el sufijo del componente de designación)
$Conc_c$	ppm Vol %	Concentración básica corregida
$Conc_d$	ppm Vol %	Concentración del contaminante medida en el aire de dilución
$Conc_e$	ppm Vol %	Concentración del contaminante medida en los gases de escape diluidos
d	m	Diámetro
DF	—	Factor de dilución
f_a	—	Factor atmosférico del laboratorio
G_{AIRD}	kg/h	Gasto másico de aire de admisión en seco
G_{AIRW}	kg/h	Gasto másico de aire de admisión en húmedo
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_{SE}	kg/h	Gasto másico de los gases de escape de la muestra
G_T	cm^3/min	Gasto másico del gas indicador
G_{TOTW}	kg/h	Gasto másico de gases de los gases de escape diluidos en húmedo
H_a	g/kg	Humedad absoluta del aire de admisión
H_d	g/kg	Humedad absoluta del aire de dilución

▼C1

Símbolo	Unidad	Término
H_{REF}	g/kg	Valor de referencia de la humedad absoluta (10,71 g/kg)
i	—	Subíndice que indica una modalidad individual (en la prueba NRSC) o un valor instantáneo (en la prueba NRTC)
K_H	—	Factor de corrección de humedad para NO_x
K_p	—	Factor de corrección de humedad para partículas
K_V	—	Función de calibración del CFV
$K_{W,\ a}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de admisión
$K_{W,\ d}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para el aire de dilución
$K_{W,\ e}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para los gases de escape diluidos
$K_{W,\ r}$	—	Factor de corrección de seco a húmedo para los gases de escape sin diluir
L	%	Porcentaje de par referido al par máximo para la velocidad de prueba
M_d	mg	Masa de la muestra de partículas del aire de dilución recogida
M_{DIL}	kg	Masa de la muestra de aire de dilución pasada por los filtros de toma de muestras de partículas
M_{EDFW}	kg	Masa de los gases de escape diluidos equivalentes a lo largo del ciclo
M_{EXHW}	kg	Total del gasto másico de los gases de escape a lo largo del ciclo
M_f	mg	Masa de la muestra de partículas recogida
$M_{f,\ p}$	mg	Masa de la muestra de partículas recogida en el filtro primario
$M_{f,\ b}$	mg	Masa de la muestra de partículas recogida en el filtro auxiliar
M_{gas}	g	Masa total de los gases contaminantes a lo largo del ciclo
M_{PT}	g	Masa total de las partículas a lo largo del ciclo
M_{SAM}	kg	Masa de la muestra de gases de escape diluidos pasada por los filtros de toma de muestras de partículas
M_{SE}	kg	Masa de los gases de escape de la muestra a lo largo del ciclo
M_{SEC}	kg	Masa del aire de dilución secundario
M_{TOT}	kg	Masa total de los gases de escape diluido doblemente a lo largo del ciclo

▼C1

Símbolo	Unidad	Término
M_{TOTW}	kg	Masa total de los gases de escape diluidos que pasa por el túnel de dilución a lo largo del ciclo en húmedo
$M_{TOTW,\ I}$	kg	Masa instantánea de los gases de escape diluidos que pasa por el túnel de dilución en húmedo
mass	g/h	Subíndice que indica el gasto másico de emisiones
N_P	-	Revoluciones totales del PDP a lo largo del ciclo
n_{ref}	min^{-1}	Velocidad de giro del motor de referencia en la prueba NRTC
n_{sp}	s^{-2}	Derivada de la velocidad de giro del motor
P	kW	Potencia al freno no corregida
p_1	kPa	Presión inferior a la atmosférica en la entrada de la bomba del PDP
P_A	kPa	Presión absoluta
P_a	kPa	Presión de vapor de saturación del aire de admisión del motor (ISO 3046: Ps_y = ambiente de prueba PSY)
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_B	kPa	Presión atmosférica total (ISO 3046: P_x= presión total ambiente *in situ* PX P_y= presión total ambiente de la prueba PY)
p_d	kPa	Presión de vapor de saturación del aire diluido
P_M	kW	Potencia máxima a la velocidad de prueba en las condiciones de la prueba (apéndice 1 del anexo VII)
Pm	kW	Potencia medida en el banco de prueba
p_s	kPa	Presión atmosférica seca
q	—	Relación de dilución
Q_s	m^3/s	Gasto volumétrico del CVS
r	-	Relación de la boca de SST con la presión estática absoluta de entrada
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
Re	—	Número de Reynolds
R_f	—	Factor de respuesta FID
T	K	Temperatura absoluta

▼C1

Símbolo	Unidad	Término
t	s	Duración de la medición
T_a	K	Temperatura absoluta del aire de admisión
T_D	K	Temperatura absoluta del punto de rocío
T_{ref}	K	Temperatura de referencia del aire de combustión: (298 K)
T_{sp}	N·m	Par solicitado del ciclo transitorio
t_{10}	s	Tiempo transcurrido entre la entrada escalonada y el 10 % de la lectura final
t_{50}	s	Tiempo transcurrido entre la entrada escalonada y el 50 % de la lectura final
t_{90}	s	Tiempo transcurrido entre la entrada escalonada y el 90 % de la lectura final
Δt_i	s	Período de tiempo del caudal instantáneo del CFV
V_0	m^3/rev	Gasto volumétrico PDP en condiciones reales
W_{act}	kWh	Trabajo efectivo producido durante la prueba NRTC
WF	—	Factor de ponderación
WF_E	—	Factor de ponderación eficaz
X_0	m^3/rev	Función de calibración del gasto volumétrico PDP
Θ_D	$kg \cdot m^2$	Inercia giratoria del dinamómetro de corriente inducida
ß	—	Relación del diámetro de la boca de SSV, d, con el diámetro interior del tubo de entrada
λ	—	Relación relativa de la mezcla aire/combustible, A/F real devidida por A/F estoquiométrica
ρ_{EXH}	kg/m^3	Densidad de los gases de escape

2.18.2. *Símbolos de componentes químicos*

CH_4	Metano
C_3H_8	Propano
C_2H_6	Etano
CO	Monóxido de carbono
CO_2	Dióxido de carbono
DOP	Dioctilftalato
H_2O	Agua
HC	Hidrocarburos
NO_x	Óxidos de nitrógeno
NO	Óxido nítrico
NO_2	Dióxido de nitrógeno
O_2	Oxígeno
PT	Partículas
PTFE	Politetrafluoroetileno

▼C1

2.18.3. *Abreviaturas*

CFV	Venturi de flujo crítico
CLD	Detector quimioluminiscente
CI	Encendido por compresión
FID	Detector de ionización de llama
FS	Valor máximo de la escala
HCLD	Detector quimioluminiscente caldeado
HFID	Detector de ionización de llama caldeado
NDIR	Analizador de infrarrojos no dispersivo
NG	Gas natural
NRSC	Ciclo continuo no de carretera
NRTC	Ciclo transitorio no de carretera
PDP	Bomba volumétrica
SI	Encendido por chispa
SSV	Venturi subsónico.

▼B

3. MARCAS DEL MOTOR

▼M2

3.1. Los motores de encendido por compresión homologados de conformidad con la presente Directiva deben llevar las marcas siguientes:

▼B

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 ►M2 anexo VIII ◄;

▼M3
▼C1

3.1.4. las etiquetas de conformidad con el anexo XIII, si el motor se comercializa según las disposiciones del sistema flexible.

▼M2

3.2. Los motores de encendido por chispa homologados de conformidad con la presente Directiva deben llevar las marcas siguientes:

3.2.1. la marca o el nombre registrados del fabricante del motor,

3.2.2. el número de homologación CE tal como se define en el anexo VIII,

▼M8

3.2.3. el número entre paréntesis de la fase de emisiones, en números romanos, que será bien visible y se situará cerca del número de homologación de tipo,

3.2.4. las letras SV entre paréntesis, que se refieren a un fabricante de pequeñas series de motores, que serán bien visibles y se situarán cerca del número de homologación de tipo en cada motor comercializado acogiéndose a la exención prevista para series pequeñas en el artículo 10, apartado 4.

▼B

►M2 3.3. ◄ 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.

►M2 3.4. ◄ 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.

▼B

►M2 3.4.1. ◄ 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.

►M2 3.4.2. ◄ 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.

►M2 3.5. ◄ 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.

►M2 3.6. ◄ Los motores deberán ir provistos de todas las marcas antes de abandonar la cadena de producción.

►M2 3.7. ◄ La localización exacta de las marcas del motor se declarará en la sección I del ►M2 anexo VII ◄.

4. ESPECIFICACIONES Y PRUEBAS

▼M2

4.1 **Motores de encendido por compresión**

▼B

►M2 4.1.1. ◄ *Generalidades*

Los componentes que puedan afectar a la emisión de gases y partículas contaminantes deberán estar diseñados, construidos 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 ►M2 4.1.2.1 ◄, ►M2 4.1.2.3 ◄ 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 realiceperiódicamente 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.

▼M3
▼C1

Todos los motores que emiten gases de escape mezclados con agua estarán equipados con una conexión en el sistema de escape del motor situada a continuación del motor y antes del punto en el que los gases de escape entran en contacto con el agua (o cualquier otro agente refrigerante/detersivo) para el acoplamiento temporal de equipos de toma de muestras de emisiones de gases o de partículas. Es importante que esta conexión esté situada de forma que permita obtener una muestra representativa de gases de escape. Esta conexión tendrá una rosca interior estándar para este tipo de aplicaciones de un tamaño no superior a media pulgada y deberá estar cerrada con un tapón cuanto no se utilice (están autorizadas conexiones equivalentes).

▼B

►M2 4.1.2. ◄ *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 ►M2 anexo VI ◄.

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 ►M2 anexo VI ◄;

— 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 ►M2 anexo VI ◄;

— 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 ►M2 anexo VI ◄.

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 ± 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.

►M2 4.1.2.1. ◄ 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)
$130 \leq P \leq 560$	5,0	1,3	9,2	0,54
$75 \leq P < 130$	5,0	1,3	9,2	0,70
$37 \leq P < 75$	6,5	1,3	9,2	0,85

▼B

►M2 4.1.2.2. ◄ Los límites de emisión señalados en el punto ►M2 4.1.2.1 ◄ son los límites a la salida del motor y deberán conseguirse antes de cualquier dispositivo de postratamiento del escape.

►M2 4.1.2.3. ◄ 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)
$130 \leq P \leq 560$	3,5	1,0	6,0	0,2
$75 \leq P < 130$	5,0	1,0	6,0	0,3
$37 \leq P < 75$	5,0	1,3	7,0	0,4
$18 \leq P < 37$	5,5	1,5	8,0	0,8

▼M3
▼C1

4.1.2.4. Las emisiones de monóxido de carbono, las emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno y las emisiones de partículas no deberán sobrepasar, en la fase III A, el valor indicado en el cuadro siguiente:

Motores destinados a aplicaciones distintas de la propulsión de buques que navegan por aguas interiores, locomotoras y automotores:

Categoría: Potencia neta (P) (kW)	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Suma de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno ($HC+NO_x$) (g/kWh)	Partículas (PT) (g/kWh)
H: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	4,0	0,2
I: 75 kW ≤ P < 130 kW	5,0	4,0	0,3
J: 37 kW ≤ P < 75 kW	5,0	4,7	0,4
K: 19 kW ≤ P < 37 kW	5,5	7,5	0,6

Motores destinados a la propulsión de buques que navegan por aguas interiores:

Categoría: cilindrada/potencia neta (C/P) (litros por cilindro/kW)	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Suma de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno ($HC+NO_x$) (g/kWh)	Partículas (PT) (g/kWh)
V1:1 C < 0,9 y P ≥ 37 kW	5,0	7,5	0,40
V1:2 0,9 ≤ C < 1,2	5,0	7,2	0,30
V1:3 1,2 ≤ C < 2,5	5,0	7,2	0,20
V1:4 2,5 ≤ C < 5	5,0	7,2	0,20
V2:1 5 ≤ C < 15	5,0	7,8	0,27

▼C1

Categoría: cilindrada/potencia neta (C/P) (litros por cilindro/kW)	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Suma de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno ($HC+NO_x$) (g/kWh)	Partículas (PT) (g/kWh)
V2:2 15 ≤ C < 20 y P <3 300 kW	5,0	8,7	0,50
V2:3 15 ≤C < 20 y P ≥ 3 300 kW	5,0	9,8	0,50
V2:4 20 ≤ C < 25	5,0	9,8	0,50
V2:5 25 ≤ C ≤ 30	5,0	11,0	0,50

Motores destinados a la propulsión de locomotoras:

Categoría: Potencia neta (P) (kW)	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Suma de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno ($HC+NO_x$) (g/kWh)		Partículas (PT) (g/kWh)
RL A: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	4,0		0,2
	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Hidrocarburos (HC) (g/kWh)	Óxidos de nitrógeno (NO_x) (g/kWh)	Partículas (PT) (g/kWh)
RH A: P > 560 kW	3,5	0,5	6,0	0,2
RH A Motores con P >2 000 kW y C > 5 l/cilindro	3,5	0,4	7,4	0,2

Motores destinados a la propulsión de automotores:

Categoría: Potencia neta (P) (kW)	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Suma de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno ($HC+NO_x$) (g/kWh)	Partículas (PT) (g/kWh)
RC A: 130 kW< P	3,5	4,0	0,20

4.1.2.5. Las emisiones de monóxido de carbono, las emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno (o su suma si procede) y las emisiones de partículas no deberán sobrepasar, en la fase III B, el valor indicado en el cuadro siguiente:

Motores destinados a aplicaciones distintas de la propulsión de locomotoras, automotores y buques que navegan por aguas interiores:

Categoría: 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)
L: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	0,19	2,0	0,025

▼C1

Categoría: 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)
M: 75 kW ≤ P < 130 kW	5,0	0,19	3,3	0,025
N: 56 kW ≤ P < 75 kW	5,0	0,19	3,3	0,025
		Suma de hidrocarburos y de óxidos de nitrógeno ($HC+NO_x$) (g/kWh)		
P: 37 kW ≤ P < 56 kW	5,0	4,7		0,025

Motores destinados a la propulsión de automotores:

Categoría: 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)
RC B: 130 kW < P	3,5	0,19	2,0	0,025

Motores destinados a la propulsión de locomotoras:

Categoría: Potencia neta (P) (kW)	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Suma de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno ($HC+NO_x$) (g/kWh)	Partículas (PT) (g/kWh)
R B: 130 kW < P	3,5	4,0	0,025

4.1.2.6. Las emisiones de monóxido de carbono, las emisiones de hidrocarburos y de óxidos de nitrógeno (o su suma cuando proceda) y las emisiones de partículas no deberán sobrepasar, en la fase IV, los valores indicados en el cuadro siguiente:

Motores destinados a aplicaciones distintas de la propulsión de locomotoras, automotores y buques que navegan por aguas interiores:

Categoría: 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)
Q: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	0,19	0,4	0,025
R: 56 kW ≤ P < 130 kW	5,0	0,19	0,4	0,025

4.1.2.7. Los valores límite de los puntos 4.1.2.4, 4.1.2.5 y 4.1.2.6 incluirán el deterioro calculado de acuerdo con el apéndice 5 del anexo III.

▼C1

En el caso de los valores límite contenidos en las secciones 4.1.2.5 y 4.1.2.6, en todas las condiciones de carga seleccionadas de forma aleatoria, pertenecientes a un área de control definida y con la excepción de las condiciones de funcionamiento del motor no sujetas a la dicha disposición, las muestras de emisiones recogidas durante un período no superior a 30 segundos no deberán exceder en más del 100 % los valores límite que figuran en los cuadros anteriores. ►M5 La Comisión definirá el área de control al que se aplica el porcentaje que no se habrá de superar y las condiciones de funcionamiento del motor excluidas. Estas medidas, destinadas a modificar elementos no esenciales de la presente Directiva, se adoptarán con arreglo al procedimiento de reglamentación con control contemplado en el artículo 15, apartado 2. ◄

▼B

►M3 ►C1 4.1.2.8. ◄ ◄ 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.

▼M2

4.2. **Motores de encendido por chispa**

4.2.1. *Generalidades*

Los componentes que puedan afectar a la emisión de gases contaminantes deberán estar diseñados, construidos 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 del motor y en condiciones normales de utilización de acuerdo con el apéndice 4 del anexo IV.

4.2.2. *Especificaciones relativas a las emisiones de contaminantes*

Los gases emitidos por el motor presentado para su verificación se medirán por los métodos descritos en el anexo VI (e incluirán todo dispositivo de postratamiento).

Podrán aceptarse otros sistemas o analizadores si producen resultados equivalentes a los sistemas de referencia siguientes:

— para las emisiones gaseosas medidas en el escape bruto, el sistema representado en la figura 2 del anexo VI,

▼M2

— 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 VI.

4.2.2.1. Las emisiones de monóxido de carbono, las emisiones de hidrocarburos, las emisiones de óxidos de nitrógeno y la suma de las emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno no superarán en la fase I la cantidad indicada en la tabla siguiente:

Fase I

Clase	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Hidrocarburos (HC) (g/kWh)	Óxidos de nitrógeno (NO_x) (g/kWh)	Suma de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno (g/kWh)
				$HC + NO_x$
SH:1	805	295	5,36	
SH:2	805	241	5,36	
SH:3	603	161	5,36	
SN:1	519			50
SN:2	519			40
SN:3	519			16,1
SN:4	519			13,4

4.2.2.2. Las emisiones de monóxido de carbono y la suma de las emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno no superarán en la fase II la cantidad indicada en la tabla siguiente:

Fase I (*)

Clase	Monóxido de carbono (CO) (g/kWh)	Suma de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno (g/kWh)
		$HC + NO_x$
SH:1	805	50
SH:2	805	50
SH:3	603	72
SN:1	610	50,0
SN:2	610	40,0
SN:3	610	16,1
SN:4	610	12,1

(*) Véase el apéndice 4 del anexo 4: factores de deterioro incluidos.

Las emisiones de NO_x no deberán pasar de 10 g/kWh en ninguna clase de motores.

4.2.2.3. Sin perjuicio de la definición de «motor portátil» establecida en el artículo 2 de la presente Directiva, los motores de dos tiempos utilizados para impulsar máquinas quitanieves sólo deberán cumplir las normas SH:1, SH:2 o SH:3.

▼B

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.

▼B

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

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

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

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

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.

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

▼B

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.

▼M2

6.3. Cilindrada, dentro del 85 % y 100 % del motor de mayor cilindrada de la familia.

6.4. Método de aspiración del aire.

6.5. Tipo de combustible

— diesel,

— gasolina,

6.6. Tipo/diseño de la cámara de combustión.

6.7. Válvulas y lumbreras: configuraciones, tamaño y número.

6.8. Sistema de alimentación de combustible:

para diesel:

— bomba-tubo-inyector,

— bomba en línea,

— bomba distribuidora,

— elemento único,

— inyector unitario,

para gasolina:

— carburador,

— inyección de combustible por lumbreras,

— inyección directa.

6.9. Características diversas:

— recirculación de gases de escape,

— inyección o emulsión de agua,

▼M2

— inyección de aire,

— sistema de refrigeración del aire de admisión,

— tipo de encendido (compresión, chispa).

6.10. Postratamiento del escape:

— catalizador de oxidación,

— catalizador de reducción,

— catalizador de tres vías,

— reactor térmico,

— trampilla de partículas.

▼B

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.

▼M6

8. REQUISITOS PARA LA HOMOLOGACIÓN DE TIPO CORRESPONDIENTES A LAS FASES III B Y IV

8.1. La presente sección se aplicará a la homologación de tipo de motores con control electrónico que utilizan el control electrónico para determinar la cantidad de combustible y de avance de inyección (en lo sucesivo, «el motor»). La presente sección será de aplicación independientemente de la tecnología que se aplique a dichos motores a fin de ajustarse a los límites de emisiones establecidos en los puntos 4.1.2.5 y 4.1.2.6 del presente anexo.

8.2. **Definiciones**

A efectos de la presente sección, se entenderá por:

8.2.1. *«estrategia de control de emisiones»:* combinación de un sistema de control de emisiones con una estrategia básica de control de emisiones y un conjunto de estrategias auxiliares de control de emisiones, incorporada en el diseño general de un motor o de las máquinas móviles no de carretera en las que se instala el motor.

8.2.2. *«reactivo»:* cualquier consumible o medio no recuperable que se requiere y se utiliza para el funcionamiento efectivo del sistema de postratamiento de gases de escape.

▼M6

8.3. **Requisitos generales**

8.3.1. *Requisitos relativos a la estrategia básica de control de emisiones*

8.3.1.1. La estrategia básica de control de emisiones, activada a lo largo de todo el campo operativo de velocidad de giro y de par del motor, se diseñará de manera que permita al motor cumplir lo dispuesto en la presente Directiva.

8.3.1.2. Queda prohibida cualquier estrategia básica de control de emisiones que pueda diferenciar el funcionamiento del motor en el marco de un ensayo de homologación de tipo normalizado y en otras condiciones de funcionamiento y, en consecuencia, pueda reducir el nivel de control de emisiones cuando no funcione en condiciones que están esencialmente incluidas en el procedimiento de homologación de tipo.

8.3.2. *Requisitos relativos a la estrategia auxiliar de control de emisiones*

8.3.2.1. Los motores o las máquinas móviles no de carretera podrán utilizar una estrategia auxiliar de control de emisiones, a condición de que esta, cuando se active, modifique la estrategia básica de control de emisiones en respuesta a un conjunto específico de condiciones ambientales o de funcionamiento pero no reduzca permanentemente la eficacia del sistema de control de emisiones.

a) En aquellos casos en que la estrategia auxiliar de control se active durante el ensayo de homologación de tipo, no serán de aplicación los puntos 8.3.2.2 y 8.3.2.3.

b) En aquellos casos en que la estrategia auxiliar de control de emisiones no se active durante el ensayo de homologación, se demostrará que ésta se activa solo mientras sea necesario a los efectos señalados en el punto 8.3.2.3.

▼M8

8.3.2.2. Las condiciones de control aplicables a las fases III B y IV son las siguientes:

a) condiciones de control para los motores de la fase III B:

i) una altitud no superior a 1 000 metros (o presión atmosférica equivalente de 90 kPa),

ii) una temperatura ambiente comprendida entre 275 K y 303 K (2 °C y 30 °C),

iii) una temperatura del refrigerante del motor superior a 343 K (70 °C).

En aquellos casos en que la estrategia auxiliar de control de emisiones se active cuando el motor esté funcionando dentro de las condiciones de control establecidas en los incisos i), ii) y iii), la estrategia se activará solo excepcionalmente;

(b) condiciones de control para los motores de la fase IV B:

i) una presión atmosférica superior o igual a 82,5 kPa;

ii) una temperatura ambiente situada en el rango siguiente:

— igual o superior a 266 K (– 7 °C),

▼M8

— inferior o igual a la temperatura determinada por la ecuación siguiente a la presión atmosférica especificada: $T_c = -0,4514 \cdot (101,3 - p_b) + 311$, donde: T_c es la temperatura del aire ambiente calculada, en K, y P_b es la presión atmosférica, en kPa.

iii) una temperatura del refrigerante del motor superior a 343 K (70 °C).

En aquellos casos en que la estrategia auxiliar de control de emisiones se active cuando el motor esté funcionando dentro de las condiciones de control establecidas en los incisos i), ii) y iii), la estrategia se activará solo cuando se demuestre que es necesario para los fines señalados en la sección 8.3.2.3 y sea autorizado por la autoridad de homologación de tipo;

c) funcionamiento con temperaturas bajas

No obstante los requisitos dispuestos en la letra b), se podrá utilizar una estrategia auxiliar de control de las emisiones en un motor de la fase IV equipado con recirculación de gases de escape cuando la temperatura ambiente sea inferior a 275 K (2 °C) y se cumpla uno de los dos criterios siguientes:

i) la temperatura en el colector de admisión es inferior o igual a la temperatura definida por la ecuación siguiente: $IMT_c = P_{IM}/15,75 + 304,4$, siendo: IMT_c es la temperatura en el colector de admisión calculada, en K, y P_{IM} es la presión absoluta en el colector de admisión, en kPa,

ii) la temperatura del refrigerante del motor es inferior o igual a la temperatura definida por la ecuación siguiente: $ECT_c = P_{IM}/14,004 + 325,8$, donde: ECT_c es la temperatura del refrigerante del motor calculada, en K, y P_{IM} es la presión absoluta en el colector de admisión, en kPa.

▼M6

8.3.2.3. Se podrá activar una estrategia auxiliar de control en particular para los fines que a continuación se indican:

a) solo mediante señales de a bordo para proteger de daños al motor (incluido el dispositivo de tratamiento de aire) o máquinas móviles no de carretera en las que esté instalado el motor;

▼M8

b) por razones de seguridad de funcionamiento;

▼M6

c) para la prevención de emisiones excesivas, durante el arranque en frío o el calentamiento, o durante el apagado;

d) si se utiliza para compensar el control de un contaminante regulado en condiciones ambientales o de funcionamiento específicas, para mantener el control del resto de contaminantes regulados en los límites de emisión adecuados para el motor de que se trate. El objetivo consiste en compensar los fenómenos que ocurren naturalmente proporcionando un control aceptable de todos los componentes de las emisiones.

8.3.2.4. El fabricante demostrará al servicio técnico en el momento del ensayo de homologación de tipo que el funcionamiento de cualquier estrategia auxiliar de control de emisiones se ajusta a lo dispuesto en el punto 8.3.2. La demostración consistirá en una evaluación de la documentación contemplada en el punto 8.3.3.

▼M6

8.3.2.5. Queda prohibido el funcionamiento de una estrategia auxiliar de control de emisiones que no se ajuste a lo prescrito en el punto 8.3.2.

8.3.3. *Documentación exigida*

8.3.3.1. El fabricante proporcionará un expediente del fabricante adjunto a la solicitud de homologación de tipo en el momento de la presentación al servicio técnico que garantice el acceso a cualquier elemento de diseño y estrategia de control de emisiones y a los medios por los que la estrategia auxiliar controla directa o indirectamente las variables de salida. El expediente del fabricante se entregará en dos partes:

a) el expediente de la documentación, adjunto a la solicitud de homologación de tipo, incluirá un resumen completo de la estrategia de control de emisiones. Se proporcionarán pruebas de que se han identificado todos los resultados permitidos por una matriz obtenida a partir del rango de control de los datos de entrada de cada unidad. Las pruebas se adjuntarán al expediente del fabricante contemplado en el anexo II;

b) el material adicional que se presente al servicio técnico pero que no se adjunte a la solicitud de homologación de tipo incluirá todos los parámetros modificados por cualquier estrategia auxiliar de control de emisiones y las condiciones límite en que funciona dicha estrategia, y en particular:

   i) una descripción de la lógica del control, de las estrategias de avance de inyectores y de los puntos de conmutación durante todos los modos de funcionamiento correspondientes al combustible y a otros sistemas esenciales que dan lugar al control efectivo de las emisiones [como el sistema de recirculación de gases de escape (EGR) o la dosificación del reactivo],

   ii) una justificación del uso de una estrategia auxiliar de control de emisiones aplicada al motor, acompañada de material y datos de ensayo, que demuestre el efecto en las emisiones de gases de escape. Tal justificación podrá basarse en datos de pruebas o análisis técnicos bien fundados,

   iii) una descripción detallada de los algoritmos o sensores (en su caso) utilizados para identificar, analizar o diagnosticar el funcionamiento incorrecto del sistema de control del NO_x,

   iv) las tolerancias empleadas para cumplir los requisitos del punto 8.4.7.2, independientemente de los medios utilizados.

8.3.3.2. El material adicional mencionado en el punto 8.3.3.1, letra b), se tratará de manera estrictamente confidencial. Se pondrán a disposición del organismo de homologación de tipo cuando este así lo solicite. El organismo de homologación de tipo tratará dicho material como confidencial.

8.4. **►M8 Requisitos relativos a las medidas de control de NO_x para motores de la fase III B ◄**

8.4.1. El fabricante proporcionará información que describa íntegramente las características de funcionamiento de las medidas de control del NO_x mediante los documentos previstos en el anexo II, apéndice 1, sección 2 y en el anexo II, apéndice 3, sección 2.

8.4.2. Si el sistema de control de emisiones requiere un reactivo, el fabricante especificará en el anexo II, apéndice 1, punto 2.2.1.13 y en el anexo II, apéndice 3, punto 2.2.1.13, las características de este, entre las que figuran el tipo de reactivo, información sobre la concentración cuando el reactivo está en solución, las condiciones de funcionamiento relativas a la temperatura y la referencia a normas internacionales.

▼**M6**

8.4.3. La estrategia de control de emisiones del motor será operativa en todas las condiciones que ocurren normalmente en el territorio de la Comunidad, especialmente a temperaturas ambiente bajas.

8.4.4. El fabricante demostrará que la emisión de amoniaco durante el ciclo de ensayo de emisiones correspondiente del procedimiento de homologación de tipo no supera un valor medio de 25 ppm cuando se utilice un reactivo.

8.4.5. Si se instalan depósitos de reactivo en una máquina móvil no de carretera o se conectan a la misma, se incluirá algún medio que permita tomar una muestra del reactivo presente en los depósitos. Deberá poder accederse fácilmente al punto de muestreo sin necesidad de utilizar ningún dispositivo o herramienta especializados.

8.4.6. *Requisitos relativos al uso y al mantenimiento*

8.4.6.1. La homologación de tipo se supeditará, conforme al artículo 4, apartado 3, al suministro a cada operario de máquinas móviles no de carretera de instrucciones escritas que incluyan lo siguiente:

a) advertencias detalladas en las que se expliquen los posibles casos de mal funcionamiento producidos por un funcionamiento, uso o mantenimiento incorrectos del motor instalado, acompañadas de las respectivas medidas correctoras;

b) advertencias detalladas sobre el uso incorrecto de la máquina que provoque un posible mal funcionamiento del motor, acompañadas de las respectivas medidas correctoras;

c) información sobre el uso correcto del reactivo, acompañada de instrucciones sobre la reposición del reactivo entre los intervalos normales de mantenimiento;

d) una advertencia clara de que el certificado de homologación de tipo, expedido para el tipo de motor de que se trate, es válido solo cuando se cumplen todas las condiciones siguientes:

i) se hace funcionar el motor, se usa y se mantiene conforme a las instrucciones proporcionadas,

ii) se ha actuado rápidamente para rectificar el funcionamiento, el uso o el mantenimiento incorrectos con arreglo a las medidas correctoras indicadas por las advertencias mencionadas en las letras a) y b),

iii) no se ha producido un mal uso deliberado del motor, en particular desactivando o no manteniendo un sistema EGR o de dosificación del reactivo.

Las instrucciones estarán redactadas de manera clara y no técnica usando el mismo lenguaje que en el manual de funcionamiento de las máquinas móviles no de carretera o del motor.

▼M6

8.4.7. *Control del reactivo (cuando proceda)*

8.4.7.1. La homologación de tipo se supeditará, conforme al artículo 4, apartado 3, al suministro de indicadores u otros medios apropiados, según la configuración de las máquinas móviles no de carretera, que informen al operario de lo siguiente:

a) la cantidad de reactivo que queda en el depósito de almacenamiento del mismo y, mediante una señal adicional específica, cuando el reactivo que quede sea menos del 10 % de la capacidad máxima del depósito;

b) cuando el depósito de reactivo se vacíe o esté casi vacío;

c) cuando el reactivo contenido en el depósito de almacenamiento no se ajuste a las características declaradas y registradas en el anexo II, apéndice 1, punto 2.2.1.13 y en el anexo II, apéndice 3, punto 2.2.1.13, según los medios de evaluación instalados;

d) cuando se interrumpa la dosificación del reactivo, en casos distintos de los ejecutados por la UCE del motor o el controlador de la dosificación, en reacción a condiciones de funcionamiento del motor en las que no se requiera la dosificación, a condición de que estas se comuniquen al organismo de homologación de tipo.

8.4.7.2. El fabricante probará que el reactivo se ajusta a las características declaradas y a la tolerancia de emisión de NO_x correspondiente por uno de los medios siguientes, a su elección:

a) por medios directos, como la utilización de un sensor de la calidad del reactivo;

b) por medios directos, como la utilización de un sensor de NO_x en el escape para evaluar la eficacia del reactivo;

c) por cualquier otro medio, a condición de que su eficacia sea al menos igual a la de los medios de las letras a) o b) y se mantienen los principales requisitos de la presente sección.

▼M8

8.5. **Requisitos relativos a las medidas de control de NO_x para motores de la fase IV**

8.5.1. El fabricante proporcionará información que describa íntegramente las características de funcionamiento de las medidas de control del NO_x mediante los documentos previstos en el anexo II, apéndice 1, sección 2, y en el anexo II, apéndice 3, sección 2.

8.5.2. La estrategia de control de emisiones del motor será operativa en todas las condiciones que ocurren normalmente en el territorio de la Unión, especialmente a temperaturas ambiente bajas. Este requisito no se limita a las condiciones en las que ha de utilizarse una estrategia básica de control de emisiones, especificadas en la sección 8.3.2.2.

8.5.3. Cuando se utilice un reactivo, el fabricante demostrará que la emisión de amoniaco durante el ensayo NRSC o NRTC en caliente en el procedimiento de homologación de tipo no supera un valor medio de 10 ppm.

▼M8

8.5.4. Si se instalan depósitos de reactivo en una máquina móvil no de carretera o se conectan a la misma, se incluirá algún medio que permita tomar una muestra del reactivo presente en los depósitos. Deberá poder accederse fácilmente al punto de muestreo sin necesidad de utilizar ningún dispositivo o herramienta especializados.

8.5.5. La homologación de tipo se supeditará, conforme al artículo 4, apartado 3, al cumplimiento de lo siguiente:

a) suministrar a cada maquinista de máquinas móviles no de carretera de instrucciones escritas de mantenimiento;

b) proporcionar los documentos de instalación del OEM correspondientes al motor, incluido el sistema de control de emisiones que forma parte del tipo de motor homologado;

c) proporcionar las instrucciones del OEM correspondientes a un sistema de alerta al maquinista, un sistema de inducción y (cuando proceda) protección contra la congelación del reactivo;

d) la aplicación de las disposiciones sobre instrucciones destinadas al maquinista, documentos relativos a la instalación, el sistema de alerta al operario, el sistema de inducción y la protección contra la congelación del reactivo que figuran en el apéndice 1 del presente anexo.

8.6. **Zona de control correspondiente a la fase IV**

Conforme al punto 4.1.2.7 del presente anexo, las emisiones de los motores de la fase IV muestreadas dentro de la zona de control definida en el anexo I, apéndice 2, no superarán en más del 100 % los límites de emisiones del cuadro que figura en el punto 4.1.2.6 del presente anexo.

8.6.1. *Requisitos de demostración*

El servicio técnico seleccionará aleatoriamente hasta tres puntos de carga y régimen dentro de la zona de control para la realización de los ensayos. El servicio técnico también determinará un orden aleatorio de realización de los puntos del ensayo. El ensayo se realizará conforme a los requisitos principales del NRSC, pero cada punto del ensayo se evaluará por separado. Cada punto del ensayo respetará los límites definidos en la sección 8.6.

8.6.2. *Requisitos de ensayo*

El ensayo se realizará inmediatamente después de los ciclos de ensayo de modalidad discreta descritos en el anexo III.

No obstante, cuando el fabricante, conforme al punto 1.2.1 del anexo III, opte por el procedimiento del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, el ensayo se realizará como se describe a continuación:

a) el ensayo se realizará inmediatamente después de los ciclos de ensayo de modalidad discreta descritos en las letras a) a e) del punto 7.8.1.2 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, pero antes de los procedimientos posteriores al ensayo contemplados en la letra f) o después del ensayo de ciclo modal con aumentos (RMC) de las letras a) a d) del punto 7.8.2.2 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, pero antes de los procedimientos posteriores al ensayo contemplados en la letra e), según proceda;

▼M8

b) los ensayos se realizarán conforme a los requisitos de las letras b) a e) del punto 7.8.1.2 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, utilizando el método de filtros múltiples (un filtro para cada punto de ensayo) para cada uno de los tres puntos de ensayo elegidos;

c) se calculará un valor de emisiones específicas (en g/kWh) para cada punto de ensayo;

d) los valores de las emisiones se calcularán en una base molar utilizando el apéndice A.7 o en una base de masa mediante el apéndice A.8, pero serán coherentes con el método utilizado para el ensayo de modalidad discreta o el ensayo RMC;

e) para los cálculos de la suma de gases, el N_{mode} se establecerá en 1 y se utilizará un factor de ponderación de 1;

f) para los cálculos de las partículas se utilizará el método de filtros múltiples y para el cálculo de la suma, el N_{mode} se establecerá en 1 y se utilizará un factor de ponderación de 1.

8.7. **Verificación de las emisiones de gases del cárter de los motores de fase IV**

8.7.1. Ninguna emisión del cárter se liberará directamente a la atmósfera ambiente, con la excepción establecida en el punto 8.7.3.

8.7.2. Los motores podrán liberar las emisiones del cárter en el escape antes de cualquier dispositivo de postratamiento durante todas las fases de funcionamiento.

8.7.3. Los motores equipados con turbocompresores, bombas, soplantes o compresores de sobrealimentación para la admisión de aire podrán liberar emisiones del cárter a la atmósfera ambiente. En este caso, las emisiones del cárter se añadirán a las de escape (física o matemáticamente) durante todos los ensayos de emisiones de conformidad con el punto 8.7.3.1 de la presente sección.

8.7.3.1. Emisiones del cárter

Ninguna emisión del cárter se emitirá directamente a la atmósfera ambiente, con las excepciones siguientes: los motores con turbocompresores, bombas, soplantes o compresores de sobrealimentación para la admisión de aire podrán liberar emisiones del cárter a la atmósfera ambiente si las emisiones se añaden a las de escape (física o matemáticamente) durante todos los ensayos de emisiones. Los fabricantes que se acojan a esta excepción instalarán los motores de forma que todas las emisiones del cárter puedan ser encaminadas al sistema de muestreo de las emisiones. A efectos del presente punto, se considerará que no se han emitido directamente a la atmósfera ambiente las emisiones del cárter que son encaminadas al dispositivo de escape antes del sistema de postratamiento del gas de escape durante todas las fases de funcionamiento.

Las emisiones del cárter se encaminarán al sistema de escape para la medición de las emisiones como se indica a continuación:

a) los materiales de los tubos serán lisos, conductores eléctricamente y no deberán reaccionar con las emisiones del cárter. Los tubos serán lo más cortos que sea posible;

b) los tubos utilizados en el laboratorio para recoger las emisiones de cárter tendrán el menor número de codos que sea posible, y los codos que sean inevitables tendrán el mayor radio de curvatura posible;

▼**M8**

c) los tubos utilizados para el gas de escape del cárter cumplirán las especificaciones del fabricante del motor relativas a la contrapresión del cárter;

d) los tubos utilizados para el gas de escape del cárter irán conectados al dispositivo de evacuación del gas de escape sin diluir de cualquier sistema de postratamiento, después de cualquier limitación del gas de escape que se haya instalado y suficientemente antes de cualquier sonda de muestreo a fin de garantizar la mezcla completa con el gas de escape del motor antes del muestreo. El tubo de conducción del gas de escape del cárter entrará en la corriente libre del gas de escape para evitar efectos de capa límite y para facilitar la mezcla. El orificio del tubo del gas de escape del cárter podrá orientarse en cualquier dirección con respecto al flujo del gas de escape sin diluir.

9. SELECCIÓN DE LA CATEGORÍA DE POTENCIA DEL MOTOR

9.1. A efectos de determinar la conformidad de los motores de régimen variable definidos en las secciones 1.A.i) y 1.A.iv) del presente anexo con los límites de emisiones previstos en la sección 4 de este anexo, se asignarán a bandas de potencia basándose en el valor más elevado de la potencia neta medido con arreglo a la sección 2.4 del anexo I.

9.2. En el caso de otros tipos de motores, se utilizará la potencia neta nominal.

▼M8

Apéndice 1

Requisitos para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de control de NO_x

1. **Introducción**

En el presente anexo se exponen los requisitos para velar por un funcionamiento correcto de las medidas de control de NO_x. Asimismo, se incluyen los requisitos aplicables a los motores que recurren al uso de un reactivo para reducir las emisiones.

1.1. *Definiciones y abreviaturas*

«Sistema de diagnóstico del control de NO_x (NCD)»: sistema a bordo del motor que es capaz de:

a) detectar un mal funcionamiento del control de NO_x;

b) identificar la posible causa de los malos funcionamientos del control de NO_x mediante información almacenada en una memoria informática y/o comunicar dicha información a un sistema exterior.

«Mal funcionamiento del control de NO_x (NCM)»: intento de manipular el sistema de control de NO_x de un motor o mal funcionamiento que afecta a dicho sistema que puede deberse a una manipulación, y que, según la presente Directiva, requieren la activación de una alerta o un sistema de inducción una vez detectados.

«Código de problema de diagnóstico (DTC)»: identificador numérico o alfanumérico que identifica o describe un mal funcionamiento del control de NO_x.

«Código de problema de diagnóstico (DTC) confirmado y activo»: DTC almacenado en el tiempo en que el sistema NCD concluye que existe un mal funcionamiento.

«Herramienta de exploración»: equipo de ensayo externo utilizado para establecer una comunicación externa con el sistema NCD.

«Familia de motores NCD»: agrupación, realizada por un fabricante, de sistemas de motor que utilicen métodos comunes de supervisión/diagnóstico de los casos de NCM.

2. **Requisitos generales**

El sistema de motor estará equipado con un sistema de diagnóstico del control de NO_x (NCD) capaz de identificar los casos de mal funcionamiento del control de NO_x (NCM) contemplados en el presente anexo. Los sistemas de motor incluidos en el ámbito de aplicación de la presente sección estarán diseñados, construidos e instalados de manera que puedan cumplir dichos requisitos a lo largo de la vida normal del motor en condiciones normales de uso. Para cumplir este objetivo, es aceptable que los motores que hayan sido utilizados más allá del período de vida útil especificado en la sección 3.1 del apéndice 5 del anexo III de la presente Directiva presenten cierto deterioro en las prestaciones y la sensibilidad del sistema NCD que pueda dar lugar a que se superen los umbrales indicados en el presente anexo antes de que se activen los sistemas de alerta y/o inducción.

2.1. *Información requerida*

2.1.1. Si el sistema de control de emisiones requiere un reactivo, el fabricante especificará en la sección 2.2.1.13 del apéndice 1 y en la sección 2.2.1.13. del apéndice 3 del anexo II las características de este, entre las que figuran el tipo de reactivo, información sobre la concentración cuando el reactivo está en solución, las condiciones de funcionamiento relativas a la temperatura y la referencia a normas internacionales.

▼**M8**

2.1.2. En el momento de la homologación, deberá facilitarse a la autoridad de homologación información detallada por escrito que describa exhaustivamente las características funcionales del sistema de alerta al maquinista, como se establece en el punto 4, y del sistema de inducción del maquinista, como se establece en el punto 5.

2.1.3. El fabricante proporcionará documentación de instalación que, cuando sea utilizada por el OEM, garantizará que el motor, incluido el sistema de control de emisiones que forma parte del tipo de motor homologado, cuando esté instalado en la máquina, funcione, junto con las partes de máquina necesarias, de forma que cumpla los requisitos del presente anexo. Dicha documentación incluirá los requisitos técnicos detallados y las disposiciones correspondientes al sistema de motor (hardware, software y comunicación) necesarios para la instalación correcta del sistema de motor en la máquina.

2.2. *Condiciones de funcionamiento*

2.2.1. El sistema de diagnóstico del control de NO_x será operativo en las condiciones siguientes:

a) cualquier temperatura ambiente entre 266 K y 308 K (– 7 °C y 35 °C);

b) cualquier altitud inferior a 1 600 m;

c) temperaturas del refrigerante del motor superiores a 343 K (70 °C).

La presente sección no se aplicará en el caso de que la supervisión del nivel de reactivo en el depósito de almacenamiento se realice en todas las condiciones en que la medición sea técnicamente viable (por ejemplo, en todas las condiciones en las que un reactivo líquido no esté congelado).

2.3. *Protección contra la congelación del reactivo*

2.3.1. Se permite utilizar un sistema de dosificación y un depósito de reactivo calentado o no calentado. Los sistemas calentados cumplirán los requisitos del punto 2.3.2. Los sistemas no calentados cumplirán los requisitos del punto 2.3.3.

2.3.1.1. La utilización de un sistema de dosificación y de un depósito de reactivo no calentado se indicará en las instrucciones escritas dirigidas al propietario de la máquina.

2.3.2. Depósito de reactivo y sistema de dosificación

2.3.2.1. Si el reactivo se ha congelado, el reactivo estará disponible para ser utilizado en un plazo máximo de 70 minutos a partir del arranque del motor a 266 K (– 7 °C) de temperatura ambiente.

2.3.2.2. Criterios de diseño de los sistemas calentados

Los sistemas calentados estarán diseñados de forma que cumplan los requisitos de funcionamiento establecidos en la presente sección cuando sean sometidos a ensayo utilizando el procedimiento definido.

2.3.2.2.1. El depósito de reactivo y el sistema de dosificación homogeneizarán el calor a 255 K (– 18 °C) durante 72 horas o hasta que el reactivo se solidifique, lo que se produzca primero.

2.3.2.2.2. Tras el período de homogeneización del calor establecido en el punto 2.3.2.2.1, se arrancará el motor/la máquina y se hará funcionar a un máximo de 266 K (– 7 °C) de temperatura ambiente del siguiente modo:

a) de 10 a 20 minutos al ralentí,

b) y después 50 minutos, como máximo, a un porcentaje de carga nominal no superior al 40 %.

▼**M8**

2.3.2.2.3. Al término del procedimiento de ensayo del punto 2.3.2.2.2, el sistema de dosificación del reactivo deberá ser plenamente operativo.

2.3.2.3. La evaluación de los criterios de diseño podrá efectuarse en una celda de ensayo en cámara fría utilizando una máquina completa o partes representativas de las que vayan a instalarse en una máquina o basándose en ensayos de campo.

2.3.3. Activación de la alerta al maquinista y del sistema de inducción en el caso de un sistema no calentado

2.3.3.1. El sistema de alerta al maquinista descrito en el punto 4 se activará si no se produce ninguna dosificación del reactivo a una temperatura ambiente ≤ 266 K (– 7 °C).

2.3.3.2. El sistema de inducción general descrito en el punto 5.4 se activará si no se produce ninguna dosificación del reactivo en un plazo máximo de 70 minutos a partir del arranque del vehículo a una temperatura ambiente ≤ 266 K (– 7 °C).

2.4. *Requisitos relativos al diagnóstico*

2.4.1. El sistema NCD será capaz de identificar los casos de NCM contemplados en el presente anexo mediante DTC almacenados en una memoria informática y comunicar dicha información al exterior cuando así se solicite.

2.4.2. Requisitos relativos al registro de DTC

2.4.2.1. El sistema NCD registrará un DTC por cada NCM distinto.

2.4.2.2. El sistema NCD decidirá, en un período de funcionamiento del motor de 60 minutos, si existe un mal funcionamiento detectable. Se almacenará entonces un DTC «confirmado y activo» y se activará el sistema de alerta con arreglo al punto 4.

2.4.2.3. El aquellos casos en que los monitores necesiten funcionar durante más de 60 minutos para detectar con exactitud y confirmar un NCM (por ejemplo, monitores que utilicen modelos estadísticos o actúen respecto al consumo de fluido en el vehículo), la autoridad de homologación podrá autorizar un período más largo con fines de supervisión si el fabricante justifica la necesidad de un período más largo (por ejemplo, motivos técnicos, resultados experimentales, experiencia interna, etc.).

2.4.3. Requisitos relativos al borrado de los DTC

a) el sistema NCD no borrará los DTC de la memoria informática hasta que no se haya solucionado el fallo relacionado con el DTC correspondiente;

b) el sistema NCD podrá borrar todos los DTC a petición de una herramienta de escaneo o mantenimiento exclusiva proporcionada por el fabricante del motor previa petición, o utilizando una contraseña facilitada por este.

2.4.4. Los sistemas NCD no estarán programados ni diseñados para desactivarse parcial o totalmente en función de la antigüedad de la máquina durante la vida real de la misma, ni contendrán ningún algoritmo o estrategia destinada a reducir la eficacia de los mismos en el transcurso del tiempo.

▼M8

2.4.5. Los parámetros de funcionamiento o códigos informáticos reprogramables del sistema NCD deberán ser resistentes a las manipulaciones.

2.4.6. Familia de motores NCD

El fabricante es responsable de determinar la composición de una familia de motores NCD. El agrupamiento de sistemas de motor dentro de una familia de motores NCD se basará en criterios técnicos adecuados y estará sujeto a la autorización de la autoridad de homologación.

Motores que no pertenezcan a la misma familia de motores pueden pertenecer a la misma familia de motores NCD.

2.4.6.1. Parámetros para definir una familia de motores NCD

Una familia de motores NCD se caracteriza por parámetros básicos de diseño que deberán ser comunes a los sistemas de motor de la familia.

Para que se considere que unos sistemas de motor forman parte de la misma familia de motores NCD, los parámetros básicos siguientes deberán ser similares:

a) los sistemas de control de emisiones;

b) los métodos de supervisión del NCD;

c) los criterios para la supervisión del NCD;

d) los parámetros de supervisión (por ejemplo, la frecuencia).

El fabricante demostrará estas similitudes por medio de las demostraciones técnicas pertinentes u otros procedimientos apropiados y se someterán a la aprobación de la autoridad de homologación.

El fabricante podrá solicitar a la autoridad de homologación que apruebe las diferencias menores en los métodos de supervisión/diagnóstico del sistema NCD debidas a una variación de la configuración del sistema de motor, cuando el fabricante considere que dichos métodos son similares y solo se diferencian para ajustarse a características específicas de los componentes en cuestión (por ejemplo, el tamaño, el flujo de escape, etc.); o sus similitudes se basen en criterios técnicos adecuados.

3. **Requisitos de mantenimiento**

3.1. El fabricante proporcionará o hará que se proporcionen a todos los propietarios de motores o máquinas nuevos instrucciones por escrito sobre el sistema de control de emisiones y su funcionamiento correcto.

Dichas instrucciones establecerán que, si el sistema de control de emisiones no funciona correctamente, el sistema de alerta al maquinista informará a este de la existencia de un problema y que la activación del sistema de inducción del maquinista como consecuencia de ignorar esta alerta impedirá que la máquina no pueda realizar su función.

3.2. Las instrucciones incluirán requisitos para la utilización y el mantenimiento correctos de los motores a fin de mantener su rendimiento en materia de emisiones, incluido, si procede, el uso adecuado de reactivos consumibles.

▼M8

3.3. Las instrucciones estarán redactadas de manera clara y no técnica usando el mismo lenguaje que en el manual de funcionamiento de las máquinas móviles no de carretera o del motor.

3.4. Las instrucciones especificarán si el maquinista debe reponer los reactivos consumibles entre los intervalos normales de mantenimiento. En las instrucciones se especificará también la calidad de los reactivos exigida. Asimismo, indicarán el modo en que el operador debe rellenar el depósito de reactivo. La información también indicará el consumo probable de reactivo para ese tipo de motor y la frecuencia recomendada de reposición.

3.5. Asimismo, las instrucciones indicarán que la utilización y la reposición de un reactivo que cumpla las especificaciones correctas son esenciales para que el motor se ajuste a los requisitos necesarios para la expedición del certificado de homologación de tipo correspondiente a dicho tipo de motor.

3.6. Las instrucciones explicarán el funcionamiento del sistema de alerta al maquinista y del sistema de inducción del mismo. Además, se explicarán las consecuencias que puede tener, en términos de funcionamiento y de registro de fallos, hacer caso omiso del sistema de alerta y no reponer el reactivo o no rectificar el problema.

4. **Sistema de alerta al maquinista**

4.1. La máquina incluirá un sistema de alerta al conductor que utilice alarmas visuales que informen al conductor cuando se haya detectado un bajo nivel de reactivo, una calidad de reactivo incorrecta, la interrupción de la dosificación o un mal funcionamiento del tipo especificado en el punto 9 y que activará el sistema de inducción del maquinista si no se rectifica oportunamente. El sistema de alerta permanecerá activo cuando se haya activado el sistema de inducción del maquinista descrito en el punto 5.

4.2. La alerta no será la misma que la utilizada para señalar un mal funcionamiento u otro tipo de operaciones de mantenimiento del motor, aunque podrá utilizar el mismo sistema de alerta.

4.3. El sistema de alerta al maquinista podrá consistir en uno o más testigos luminosos, o mostrar mensajes breves, que podrán incluir, por ejemplo, mensajes que indiquen claramente:

— el tiempo restante antes de la activación de las inducciones de bajo nivel o general,

— la magnitud de la inducción de bajo nivel o general, por ejemplo la magnitud de la reducción del par,

— las condiciones en las que se puede borrar la puesta fuera de servicio de la máquina.

Cuando se visualicen mensajes, el sistema utilizado al efecto podrá ser el mismo que el utilizado para otros fines de mantenimiento.

4.4. A elección del fabricante, el sistema de alerta podrá incluir también un componente auditivo que alerte al maquinista. Se permitirá que el maquinista pueda suprimir las alertas auditivas.

4.5. El sistema de alerta al maquinista se activará tal como se especifica en los puntos 2.3.3.1, 6.2, 7.2, 8.4 y 9.3.

4.6. El sistema de alerta al maquinista se desactivará cuando las condiciones que provocaron su activación hayan dejado de existir. El sistema de alerta al maquinista no se desactivará automáticamente si no se han corregido las circunstancias que motivaron su activación.

▼M8

4.7. La señal del sistema de alerta podrá ser interrumpida temporalmente por otras señales de advertencia que emitan mensajes importantes relacionados con la seguridad.

4.8. En la sección 11 se describen los procedimientos de activación y desactivación del sistema de alerta al maquinista.

4.9. En el contexto de la solicitud de homologación de tipo con arreglo a la presente Directiva, el fabricante deberá demostrar el funcionamiento del sistema de alerta al maquinista, tal como se especifica en la sección 11.

5. **Sistema de inducción del maquinista**

5.1. La máquina contará con un sistema de inducción del maquinista basado en uno de los principios siguientes:

5.1.1. un sistema de inducción del maquinista en dos fases que comience con una inducción de bajo nivel (restricción de las prestaciones) a la que seguirá una inducción general (desactivación efectiva del funcionamiento de la máquina);

5.1.2. un sistema de inducción general en una fase (desactivación efectiva del funcionamiento de la máquina) activado en las condiciones de un sistema de inducción de bajo nivel especificadas en los puntos 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 y 9.4.1.

5.2. Previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, el motor podrá instalarse con un medio de desactivación de la inducción del maquinista durante una emergencia declarada por una autoridad nacional o regional, sus servicios de emergencia o sus fuerzas armadas.

5.3. *Sistema de inducción de bajo nivel*

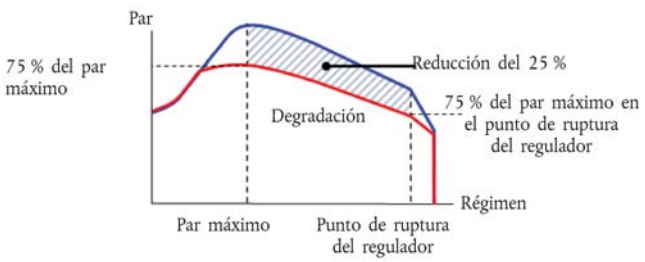
5.3.1. El sistema de inducción de bajo nivel se activará después de que se haya producido cualquiera de las condiciones establecidas en los puntos 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 y 9.4.1.

5.3.2. El sistema de inducción de bajo nivel reducirá gradualmente el par máximo disponible del motor a través del rango de regímenes del motor en un 25 %, como mínimo, entre el régimen del par máximo y el punto de ruptura del regulador, tal como se muestra en la figura 1. El par se reducirá un mínimo de un 1 % por minuto.

5.3.3. Se podrán utilizar otras medidas de inducción que se haya demostrado a la autoridad de homologación que poseen el mismo grado de severidad o uno mayor.

Figura 1

Esquema de reducción del par de la inducción de bajo nivel



▼M8

5.4. *Sistema de inducción general*

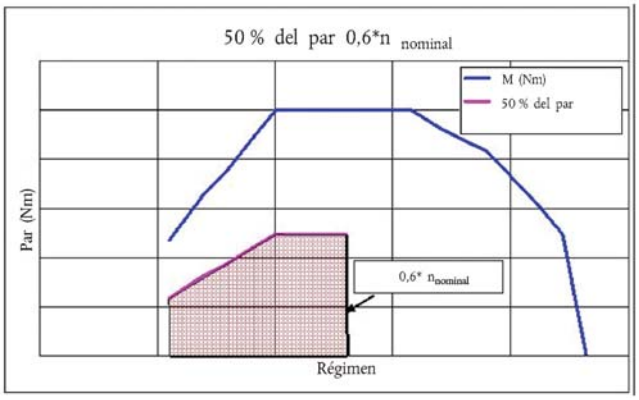
5.4.1. El sistema de inducción general se activará después de que se haya producido cualquiera de las condiciones establecidas en los puntos 2.3.3.2, 6.3.2, 7.3.2, 8.4.2 y 9.4.2.

5.4.2. El sistema de inducción general reducirá la utilidad de la máquina a un nivel lo bastante molesto como para hacer que el maquinista subsane cualquier problema relacionado con las secciones 6 a 9. Las estrategias siguientes son aceptables:

5.4.2.1. El par del motor situado entre el régimen del par máximo y el punto de ruptura del regulador se reducirá gradualmente a partir del par de inducción de bajo nivel de la figura 1 un mínimo de un 1 % por minuto hasta el 50 %, o menos, del par máximo, y el régimen del motor se reducirá gradualmente al 60 %, o menos, del régimen nominal en el mismo período de tiempo que la reducción del par, tal y como se muestra en la figura 2.

Figura 2

Esquema de reducción del par de la inducción general



5.4.2.2. Se podrán utilizar otras medidas de inducción que se haya demostrado a la autoridad de homologación que poseen el mismo grado de severidad o uno mayor.

5.5. Para tener en cuenta los aspectos de seguridad y permitir los diagnósticos para la autorreparación, se permitirá la utilización de una función de invalidación para liberar toda la potencia del motor siempre que:

— no esté activa más de 30 minutos, y

— esté limitada a 3 activaciones durante cada período en el que el sistema de inducción del maquinista esté activo.

5.6. El sistema de inducción del maquinista se desactivará cuando las condiciones que provocaron su activación hayan dejado de existir. El sistema de inducción del maquinista no se desactivará automáticamente si no se han corregido las circunstancias que motivaron su activación.

5.7. En la sección 11 se describen los procedimientos de activación y desactivación del sistema de inducción del maquinista.

5.8. En el contexto de la solicitud de homologación de tipo con arreglo a la presente Directiva, el fabricante deberá demostrar el funcionamiento del sistema de inducción del maquinista, tal como se especifica en la sección 11.

▼M8

6. **Disponibilidad de reactivo**

6.1. *Indicador del nivel de reactivo*

La máquina estará equipada con un indicador que informe claramente al conductor sobre el nivel de reactivo en el depósito de almacenamiento del mismo. Para que el nivel mínimo de funcionamiento del indicador de reactivo sea aceptable, deberá indicar continuamente el nivel de reactivo mientras el sistema de alerta al maquinista contemplado en el punto 4 esté activado. El indicador de reactivo podrá ser analógico o digital y podrá mostrar el nivel como proporción de la capacidad total del depósito, la cantidad de reactivo restante o las horas de funcionamiento estimadas restantes.

6.2. *Activación del sistema de alerta al maquinista*

6.2.1. El sistema de alerta al maquinista especificado en el punto 4 se activará cuando el nivel de reactivo sea inferior al 10 % de la capacidad del depósito de reactivo, o a un porcentaje más alto que decida el fabricante.

6.2.2. La alerta dada será lo suficientemente clara, en conjunción con el indicador del nivel de reactivo, como para que el conductor comprenda que el nivel de reactivo es bajo. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, la alerta visual mostrará un mensaje que indique un bajo nivel de reactivo (por ejemplo, «nivel de urea bajo», «nivel de AdBlue bajo» o «nivel de reactivo bajo»).

6.2.3. Inicialmente no será necesario que el sistema de alerta al conductor esté continuamente activado (por ejemplo, no es necesario que se visualice continuamente un mensaje); sin embargo, la intensidad de la advertencia irá en aumento hasta convertirse en continua cuando el nivel del reactivo se aproxime a cero y se acerque el punto en el que se pone en marcha el sistema de inducción del maquinista (por ejemplo, la frecuencia con la que el testigo luminoso destella). Deberá culminar con una notificación al maquinista del nivel que decida el fabricante, pero deberá ser considerablemente más perceptible en el punto en que se pone en marcha el sistema de inducción del maquinista contemplado en el punto 6.3 que cuando se activó por primera vez.

6.2.4. La alerta continua no podrá desactivarse o ignorarse fácilmente. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, se mostrará una advertencia explícita (por ejemplo, «reponga urea», «reponga AdBlue» o «reponga reactivo»). El sistema de alerta continua podrá ser interrumpido temporalmente por otras señales de alerta que emitan mensajes importantes relacionados con la seguridad.

6.2.5. No será posible apagar el sistema de alerta al maquinista mientras no se haya repuesto el reactivo hasta un nivel en el que ya no se activa.

6.3. *Activación del sistema de inducción del maquinista*

6.3.1. El sistema de inducción del conductor de bajo nivel descrito en el punto 5.3 se activará cuando el nivel de reactivo del depósito sea inferior al 2,5 % de su capacidad total nominal o a un porcentaje más alto que decida el fabricante.

6.3.2. El sistema de inducción general descrito en el punto 5.4 se activará cuando el nivel de reactivo del depósito esté vacío (es decir, cuando el sistema de dosificación sea incapaz de extraer más reactivo del depósito) o a un nivel inferior al 2,5 % de su capacidad total nominal, si el fabricante así lo decide.

6.3.3. Salvo en la medida en que esté permitido por lo dispuesto en el punto 5.5, no será posible apagar el sistema de inducción de bajo nivel o general mientras no se haya repuesto el reactivo hasta un nivel en que no se produzca su activación respectiva.

▼M8

7. **Supervisión de la calidad del reactivo**

7.1. El motor o la máquina incluirán un medio que permita determinar la presencia de un reactivo incorrecto a bordo de una máquina.

7.1.1. El fabricante especificará una concentración de reactivo mínima aceptable CDmin, que hará que las emisiones de NO_x del tubo de escape no superen un umbral de 0,9 g/kWh.

7.1.1.1. El valor correcto de la CDmin se demostrará durante la homologación de tipo por el procedimiento definido en la sección 12 y registrado en la documentación ampliada que se especifica en la sección 8 del anexo I.

7.1.2. Se detectará cualquier concentración de reactivo inferior a la CDmin, y se considerará un reactivo incorrecto a los efectos de la sección 7.1.

7.1.3. Se asignará un contador específico para la calidad del reactivo («el contador de la calidad del reactivo»). El contador de la calidad del reactivo contará el número de horas de funcionamiento del motor con un reactivo incorrecto.

7.1.3.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá agrupar el fallo relativo a la calidad del reactivo con uno o más de los fallos enumerados en las secciones 8 y 9 en un único contador.

7.1.4. En la sección 11 se describen los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la calidad del reactivo.

7.2. *Activación del sistema de alerta al maquinista*

Cuando el sistema de supervisión confirme que la calidad del reactivo es incorrecta, se activará el sistema de alerta al maquinista descrito en el punto 4. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, mostrará un mensaje que indique el motivo de la alerta (por ejemplo, «detectada urea incorrecta», «detectado AdBlue incorrecto» o «detectado reactivo incorrecto»).

7.3. *Activación del sistema de inducción del maquinista*

7.3.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el punto 5.3 se activará si la calidad del reactivo no se rectifica en un máximo de 10 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al maquinista descrito en el punto 7.2.

7.3.2. El sistema de inducción general descrito en el punto 5.4 se activará si la calidad del reactivo no se rectifica en un máximo de 20 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al maquinista descrito en el punto 7.2.

7.3.3. El número de horas antes de la activación de los sistemas de inducción se reducirá en caso de mal funcionamiento frecuente, con arreglo al mecanismo descrito en la sección 11.

8. **Actividad de dosificación del reactivo**

8.1. El motor incluirá un medio que permita determinar la interrupción de la dosificación.

▼M8

8.2. *Contador de la actividad de dosificación del reactivo*

8.2.1. Se asignará un contador específico para la actividad de dosificación («el contador de actividad de dosificación»). El contador contará el número de horas de funcionamiento del motor que se producen con una interrupción de la actividad de dosificación del reactivo. Ello no será necesario si la interrupción es solicitada por la ECU del motor debido a que las condiciones de funcionamiento de la máquina son tales que su comportamiento en materia de emisiones no requiere la dosificación del reactivo.

8.2.1.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá agrupar el fallo relativo a la dosificación del reactivo con uno o más de los fallos enumerados en las secciones 7 y 9 en un único contador.

8.2.2. En la sección 11 se describen los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la dosificación del reactivo.

8.3. *Activación del sistema de alerta al maquinista*

El sistema de alerta al maquinista descrito en el punto 4 se activará en caso de que se produzca una interrupción de la dosificación que ponga en marcha el contador de actividad de dosificación con arreglo al punto 8.2.1. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, mostrará un mensaje que indique el motivo de la alerta (por ejemplo, «mal funcionamiento de la dosificación de urea», «mal funcionamiento de la dosificación de AdBlue» o «mal funcionamiento de la dosificación del reactivo»).

8.4. *Activación del sistema de inducción del maquinista*

8.4.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el punto 5.3 se activará si la interrupción de la dosificación del reactivo no se rectifica en un máximo de 10 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al maquinista descrito en el punto 8.3.

8.4.2. El sistema de inducción general descrito en el punto 5.4 se activará si la interrupción de la dosificación del reactivo no se rectifica en un máximo de 20 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al maquinista descrito en el punto 8.3.

8.4.3. El número de horas antes de la activación de los sistemas de inducción se reducirá en caso de mal funcionamiento frecuente, con arreglo al mecanismo descrito en la sección 11.

9. **Fallos de supervisión atribuibles a la manipulación**

9.1. Además del nivel de reactivo en el depósito de reactivo, la calidad del reactivo y la interrupción de la dosificación, se supervisarán los fallos siguientes debido a que pueden atribuirse a la manipulación:

i) una válvula EGR obstruida,

ii) fallos del sistema NCD, tal como se describe en el punto 9.2.1.

9.2. *Requisitos de seguimiento*

9.2.1. El sistema NCD será supervisado para detectar fallos eléctricos y retirar o desactivar cualquier sensor que le impida diagnosticar cualquiera de los fallos contemplados en los puntos 6 a 8 (supervisión de los componentes).

▼**M8**

En una lista no exhaustiva de sensores que afectan a la capacidad de diagnóstico figurarán los que miden directamente la concentración de NO_x, los sensores de la calidad de la urea, los sensores de ambiente y los sensores utilizados para supervisar la actividad de dosificación del reactivo, el nivel de reactivo y el consumo de reactivo.

9.2.2. Contador de la válvula EGR

9.2.2.1. Se atribuirá un contador específico a una válvula EGR obstruida. El contador de la válvula EGR contará el número de horas de funcionamiento del motor cuando se confirme que el DTC asociado a una válvula EGR obstruida está activo.

9.2.2.1.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá agrupar el fallo relativo a la válvula EGR obstruida con uno o más de los fallos enumerados en las secciones 7, 8 y 9.2.3 en un único contador.

9.2.2.2. En la sección 11 se describen los criterios y mecanismos de activación y desactivación del contador de la válvula EGR.

9.2.3. Contador(es) del sistema NCD

9.2.3.1. Se asignará un contador específico a cada uno de los fallos de supervisión considerados en el punto 9.1.ii). Los contadores del sistema NCD contarán el número de horas de funcionamiento del motor cuando se confirme que el DTC asociado al mal funcionamiento del sistema NCD está activo. Se permitirá el agrupamiento de varios fallos en un contador único.

9.2.3.1.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá agrupar el fallo relativo al sistema NCD con uno o más de los fallos enumerados en las secciones 7, 8 y 9.2.2 en un único contador.

9.2.3.2. En la sección 11 se describen los criterios y mecanismos de activación y desactivación de los contadores del sistema NCD.

9.3. *Activación del sistema de alerta al maquinista*

El sistema de alerta al maquinista descrito en el punto 4 se activará en caso de que se produzca cualquiera de los fallos especificados en el punto 9.1, e indicará que es necesaria una reparación urgente. Cuando el sistema de alerta incluya un sistema de visualización de mensajes, mostrará un mensaje que indique el motivo de la alerta (por ejemplo, «válvula de dosificación del reactivo desconectada», o «fallo de emisiones crítico»).

9.4. *Activación del sistema de inducción del maquinista*

9.4.1. El sistema de inducción de bajo nivel descrito en el punto 5.3 se activará si un fallo especificado en el punto 9.1 no se rectifica en un máximo de 36 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al maquinista descrito en el punto 9.3.

9.4.2. El sistema de inducción general descrito en el punto 5.4 se activará si un fallo especificado en el punto 9.1 no se rectifica en un máximo de 100 horas de funcionamiento del motor tras la activación del sistema de alerta al maquinista descrito en el punto 9.3.

9.4.3. El número de horas antes de la activación de los sistemas de inducción se reducirá en caso de mal funcionamiento frecuente, con arreglo al mecanismo descrito en la sección 11.

9.5. Como alternativa a los requisitos del punto 9.2, el fabricante podrá utilizar un sensor de NO_x emplazado en el gas de escape. En ese caso,

— el valor de los NO_x no superará un umbral de 0,9 g/kWh,

▼M8

— se podrá utilizar un único fallo «valor de NO_x elevado – causa primaria desconocida»,

— la sección 9.4.1 dirá «en un máximo de 10 horas de funcionamiento del motor»,

— la sección 9.4.2 dirá «en un máximo de 20 horas de funcionamiento del motor».

10. **Requisitos de demostración**

10.1. *Generalidades*

Durante la homologación se demostrará el cumplimiento de los requisitos del presente anexo realizando, como se ilustra en el cuadro 1 y se especifica en la presente sección:

a) una demostración de la activación del sistema de alerta;

b) una demostración de la activación del sistema de inducción de bajo nivel, si procede;

c) una demostración de la activación del sistema de inducción general.

Cuadro 1

Ilustración del contenido del proceso de demostración conforme a lo dispuesto en las secciones 10.3 y 10.4 del presente apéndice

Mecanismo	Elementos de demostración
Activación del sistema de alerta especificada en la sección 10.3 del presente apéndice	— 2 ensayos de activación (incl. la carencia de reactivo) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda
Activación de la inducción de bajo nivel especificada en la sección 10.4 del presente apéndice	— 2 ensayos de activación (incl. la carencia de reactivo) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda — 1 ensayo de reducción del par
Activación de la inducción general especificada en la sección 10.4.6 del presente apéndice	— 2 ensayos de activación (incl. la carencia de reactivo) — Elementos de demostración suplementarios, según proceda

10.2. *Familias de motores y familias de motores NCD*

La conformidad de una familia de motores o de una familia de motores NCD con los requisitos de la presente sección 10 podrá demostrarse sometiendo a ensayo uno de los miembros de la familia de que se trate, siempre que el fabricante demuestre a la autoridad de homologación que los sistemas de supervisión necesarios para cumplir los requisitos del presente anexo son similares dentro de la familia.

10.2.1. La demostración de que los sistemas de supervisión de otros miembros de la familia NCD son similares podrá efectuarse presentando a las autoridades de homologación elementos como algoritmos, análisis funcionales, etc.

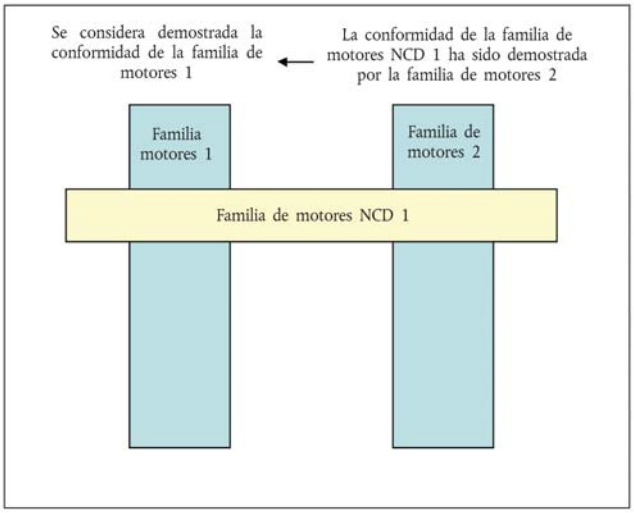
10.2.2. El motor de ensayo será seleccionado por el fabricante de acuerdo con la autoridad de homologación. Podrá ser o no el motor de referencia de la familia considerada.

▼M8

10.2.3. En caso de que los motores de una familia de motores pertenezcan a una familia de motores NCD que ya haya sido homologada con arreglo al punto 10.2.1 (figura 3), se considerará demostrada la conformidad de dicha familia de motores sin realizar más ensayos, siempre que el fabricante demuestre a la autoridad que los sistemas de supervisión necesarios para cumplir los requisitos del presente anexo son similares dentro de la familia de motores y la familia de motores NCD de que se trate.

Figura 3

Conformidad previamente demostrada de una familia de motores NCD



10.3. *Demostración de la activación del sistema de alerta*

10.3.1. La conformidad de la activación del sistema de alerta se demostrará realizando dos ensayos: falta de reactivo y una categoría de fallo prevista en las secciones 7 a 9 del presente anexo.

10.3.2. Selección de los fallos que se someterán a ensayo

10.3.2.1. A los efectos de demostrar la activación del sistema de alerta en caso de que la calidad de un reactivo sea inadecuada, se seleccionará un reactivo con una dilución del ingrediente activo al menos igual a la comunicada por el fabricante conforme a lo dispuesto en la sección 7 del presente anexo.

10.3.2.2. A fin de demostrar la activación del sistema de alerta en caso de fallos que puedan atribuirse a la manipulación y que estén definidos en la sección 9 del presente anexo, la selección se realizará de conformidad con los requisitos siguientes:

10.3.2.2.1. El fabricante proporcionará a la autoridad de homologación una lista de dichos fallos potenciales.

10.3.2.2.2. El fallo que deberá considerarse en el ensayo será seleccionado por la autoridad de homologación a partir de la lista contemplada en la sección 10.3.2.2.1.

▼**M8**

10.3.3. Demostración

10.3.3.1. A los efectos de esta demostración, se realizará un ensayo aparte para cada uno de los fallos considerados en la sección 10.3.1.

10.3.3.2. Durante un ensayo no deberá haber ningún fallo distinto del fallo objeto del ensayo.

10.3.3.3. Antes de comenzar un ensayo deberán haberse borrado todos los DTC.

10.3.3.4. A petición del fabricante y con el consentimiento de la autoridad de homologación, podrán simularse los fallos objeto de ensayo.

10.3.3.5. Detección de los fallos distintos de la falta de reactivo

En el caso de los fallos distintos de la falta de reactivo, una vez que se ha producido o simulado el fallo, la detección del mismo se realizará como se indica a continuación:

10.3.3.5.1. El sistema NCD responderá a la introducción de un fallo seleccionado según proceda por la autoridad de homologación de tipo con arreglo a lo dispuesto en el presente apéndice. Se considera que ello queda demostrado si la activación se produce en dos ciclos consecutivos de ensayo del sistema NCD con arreglo a lo dispuesto en el punto 10.3.3.7 del presente apéndice.

Cuando en la descripción de la supervisión se haya especificado, y la autoridad de homologación lo haya aceptado, que un monitor específico necesita más de dos ciclos de ensayo del sistema NCD para completar su supervisión, el número de ciclos de ensayo del sistema NCD podrá aumentarse a 3.

Cada ciclo de ensayo particular del sistema NCD dentro del ensayo de demostración podrá estar separado por una parada del motor. En el período de tiempo hasta el arranque siguiente se tendrá en cuenta cualquier supervisión que pueda producirse después de la parada del motor y cualquier situación que sea necesaria para que se produzca la supervisión en el arranque siguiente.

10.3.3.5.2. Se considerará demostrada la activación del sistema de alerta si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme a la sección 10.3.2.1, el sistema de alerta se ha activado de forma adecuada y el DTC correspondiente al fallo seleccionado ha obtenido la calificación de «confirmado y activo».

10.3.3.6. Detección en caso de falta de reactivo

A fin de demostrar la activación del sistema de alerta en caso de falta de disponibilidad de reactivo, el sistema de motor se hará funcionar durante una o más ciclos de ensayo del sistema NCD a discreción del fabricante.

10.3.3.6.1. La demostración comenzará con un nivel de reactivo en el depósito que deberán acordar el fabricante y la autoridad de homologación y que no represente menos del 10 % de la capacidad nominal del depósito.

10.3.3.6.2. Se considerará que el sistema de alerta ha funcionado de forma correcta si se cumplen simultáneamente las condiciones siguientes:

a) se ha activado el sistema de alerta con una disponibilidad de reactivo superior o igual al 10 % de la capacidad del depósito de reactivo, y

b) el sistema de alerta «continua» ha sido activado con una disponibilidad de reactivo superior o igual al valor declarado por el fabricante con arreglo a lo dispuesto en la sección 6 del presente anexo.

▼**M8**

10.3.3.7. Ciclo de ensayo del sistema NCD

10.3.3.7.1 El ciclo de ensayo del sistema NCD contemplado en la presente sección 10 para demostrar el funcionamiento correcto del sistema NCD es el NRTC en caliente.

10.3.3.7.2 A petición del fabricante, y previa autorización de la autoridad de homologación, podrá utilizarse un ciclo alternativo de ensayo del sistema NCD (por ejemplo, el NRSC) para un monitor específico. La solicitud incluirá elementos (consideraciones técnicas, simulación, resultados de ensayo, etc.) que demuestren:

a) que se obtienen los resultados del ciclo de ensayo requeridos en un monitor que funcione en condiciones de circulación real, y

b) que el ciclo de ensayo del sistema NCD aplicable, especificado en el punto 10.3.3.7.1, es menos apropiado para la supervisión en cuestión.

10.3.4. Se considerará que se ha realizado la demostración de la activación del sistema de alerta si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme a la sección 10.3.3, el sistema de alerta se ha activado de forma adecuada.

10.4. *Demostración de la activación del sistema de inducción*

10.4.1. La demostración de la activación del sistema de inducción se realizará mediante ensayos sobre un banco de ensayo de motores.

10.4.1.1. Cualquier componente o subsistema no instalado físicamente en el sistema de motor (como, entre otros, los sensores de la temperatura ambiente, los sensores de nivel y los sistemas de alerta al maquinista y de información) que sea necesario para realizar las demostraciones se conectará al sistema del motor para tal fin, o se simulará, a satisfacción de la autoridad de homologación.

10.4.1.2. Previa autorización de la autoridad de homologación, el fabricante puede decidir que los ensayos de demostración se realicen en maquinaria o una máquina completa montando la máquina en un banco de ensayos adecuado o bien haciéndola funcionar en una pista de ensayo en condiciones controladas.

10.4.2. La secuencia de ensayo demostrará la activación del sistema de inducción en caso de falta de reactivo y en caso de que se produzca alguno de los fallos que se definen en las secciones 7, 8 o 9 del presente anexo.

10.4.3. A los efectos de esta demostración:

a) la autoridad de homologación seleccionará, además de la falta de reactivo, uno de los fallos definidos en las secciones 7, 8 o 9 del presente anexo que se hayan utilizado previamente en la demostración de la activación del sistema de alerta;

b) previa autorización de la autoridad de homologación, se permitirá al fabricante acelerar el ensayo simulando que ha alcanzado un número determinado de horas de funcionamiento;

c) la consecución de la reducción del par necesario para una inducción de bajo nivel podrá demostrarse al mismo tiempo que el proceso de homologación del funcionamiento general del motor realizado de conformidad con la presente Directiva; en este caso no se requiere una medición aparte del par durante la demostración del sistema de inducción;

d) la inducción general se demostrará conforme a los requisitos de la sección 10.4.6 del presente apéndice.

▼**M8**

10.4.4. El fabricante deberá demostrar, además, el funcionamiento del sistema de inducción en las condiciones de fallo definidas en las secciones 7, 8 o 9 del presente anexo por las que no se ha optado para realizar los ensayos de demostración descritos en las secciones 10.4.1 a 10.4.3.

Estas demostraciones adicionales podrán realizarse presentando a la autoridad de homologación un caso técnico que presente pruebas como algoritmos, análisis funcionales y los resultados de ensayos anteriores.

10.4.4.1. En particular, estas demostraciones adicionales demostrarán, a satisfacción de la autoridad de homologación, la inclusión del mecanismo correcto de reducción del par en la ECU del motor.

10.4.5. Ensayo de demostración del sistema de inducción de bajo nivel

10.4.5.1. Esta demostración comenzará cuando el sistema de alerta o un sistema de alerta «continua» adecuado se haya activado como consecuencia de que la autoridad de homologación haya detectado un fallo.

10.4.5.2. Cuando se compruebe el sistema para conocer su reacción en caso de falta de reactivo en el depósito, se hará funcionar el sistema de motor hasta que la disponibilidad de reactivo haya alcanzado un valor del 2,5 % de la capacidad total nominal del depósito o el valor declarado por el fabricante, de conformidad con la sección 6.3.1 del presente anexo, al que se pretende que funcione el sistema de inducción de bajo nivel.

10.4.5.2.1. Con la autorización de la autoridad de homologación, el fabricante podrá simular un funcionamiento continuo extrayendo reactivo del depósito, ya sea con el motor en funcionamiento o con el motor parado.

10.4.5.3. Cuando se compruebe el sistema para conocer su reacción en caso de un fallo distinto de la falta de reactivo en el depósito, se hará funcionar el sistema de motor durante el número pertinente de horas de funcionamiento que se indica en el cuadro 3 del presente apéndice o, a elección del fabricante, hasta que el contador pertinente haya alcanzado el valor al que se activa el sistema de inducción de bajo nivel.

10.4.5.4. Se considerará que se ha realizado la demostración del sistema de inducción de bajo nivel si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme a las secciones 10.4.5.2 y 10.4.5.3, el fabricante ha demostrado a la autoridad de homologación que la ECU del motor ha activado el mecanismo de reducción del par.

10.4.6. Ensayo de demostración del sistema de inducción general

10.4.6.1. Esta demostración comenzará a partir de una condición en la que se haya activado previamente el sistema de inducción de bajo nivel, y podrá realizarse como continuación de los ensayos efectuados para demostrar el sistema de inducción de bajo nivel.

10.4.6.2. Cuando se compruebe el sistema para conocer su reacción en caso de falta de reactivo en el depósito, se hará funcionar el sistema de motor hasta que el depósito de reactivo esté vacío o haya alcanzado un nivel inferior al 2,5 % de la capacidad total nominal del depósito a la que el fabricante ha declarado que se activará el sistema de inducción general.

10.4.6.2.1. Con la autorización de la autoridad de homologación, el fabricante podrá simular un funcionamiento continuo extrayendo reactivo del depósito, ya sea con el motor en funcionamiento o con el motor parado.

▼M8

10.4.6.3. Cuando se compruebe el sistema para conocer su reacción en caso de un fallo que no sea la falta de reactivo en el depósito, se hará funcionar el sistema de motor durante el número adecuado de horas de funcionamiento que se indica en el cuadro 3 del presente apéndice o, a elección del fabricante, hasta que el contador pertinente haya alcanzado el valor al que se activa el sistema de inducción general.

10.4.6.4. Se considerará que se ha realizado la demostración del sistema de inducción general si, al final de cada ensayo de demostración realizado conforme a los puntos 10.4.6.2 y 10.4.6.3, el fabricante ha demostrado a la autoridad de homologación que se ha activado el mecanismo de inducción general contemplado en el presente anexo.

10.4.7. Alternativamente, previa autorización de la autoridad de homologación, el fabricante podrá elegir que la demostración de los mecanismos de inducción se realice en una máquina completa de conformidad con los requisitos de la sección 5.4, bien montando la máquina en un banco de ensayos adecuado o bien haciéndola funcionar en una pista de ensayo en condiciones controladas.

10.4.7.1. Se hará funcionar la máquina hasta que el contador asociado con el fallo seleccionado haya alcanzado el número pertinente de horas de funcionamiento indicado en el cuadro 3 del presente apéndice o, según proceda, hasta que el depósito de reactivo esté vacío o haya alcanzado el nivel inferior al 2,5 % de la capacidad total nominal del depósito a la que el fabricante haya decidido activar el sistema de inducción general.

11. **Descripción de los mecanismos de activación y desactivación de la alerta al maquinista y de la inducción del maquinista**

11.1. Para complementar los requisitos especificados en el presente anexo relativos a los mecanismos de activación y desactivación de la alerta al maquinista y de la inducción del maquinista, en la presente sección 11 se especifican los requisitos técnicos para la aplicación de dichos mecanismos.

11.2. *Mecanismos de activación y desactivación del sistema de alerta*

11.2.1. El sistema de alerta al maquinista se activará cuando el código de problema de diagnóstico (DTC) asociado con un NCM que justifique su activación tenga la calificación que se define en el cuadro 2 del presente apéndice.

Cuadro 2

Activación del sistema de alerta al maquinista

Tipo de fallo	Calificación del DTC relativa a la Activación del sistema de alerta
Reactivo de mala calidad	confirmado y activo
Interrupción de la dosificación	confirmado y activo
Válvula EGR obstruida	confirmado y activo
Mal funcionamiento del sistema de supervisión	confirmado y activo
Umbral de NO_x, si procede	confirmado y activo

▼M8

11.2.2. El sistema de alerta al maquinista estará desactivado cuando el sistema de diagnóstico concluya que el mal funcionamiento correspondiente a dicha alerta ya no existe cuando la información, incluidos los DTC relativos a los fallos, justifiquen que activación se borre mediante una herramienta de exploración.

11.2.2.1. Requisitos para el borrado de la información relativa al control de NO_x

11.2.2.1.1. Borrado/reinicialización de la información relativa al control de NO_x mediante una herramienta de exploración

Cuando lo solicite la herramienta de exploración, los datos siguientes se borrarán o reinicializarán con el valor especificado en el presente apéndice a partir de la memoria del ordenador (véase el cuadro 3).

Cuadro 3

Borrado/reinicialización de la información relativa al control de NO_x mediante una herramienta de exploración

Información relativa al control de NO_x	Borrable	Reinicializable
Todos los DTC	X	
Valor del contador que indique el mayor número de horas de funcionamiento del motor		X
Número de horas de funcionamiento del motor a partir de los contadores del sistema NCD		X

11.2.2.1.2. La información relativa al control de NO_x no se borrará si se desconectan las baterías del vehículo.

11.2.2.1.3. El borrado de la información relativa al control de NO_x será posible solo con el motor apagado.

11.2.2.1.4. Cuando se borre información relativa al control de NO_x, incluidos los DTC, no se borrará ningún contador asociado con dichos fallos que se señale en el presente anexo, sino que será reinicializado al valor especificado en la sección pertinente del presente anexo.

11.3. *Mecanismos de activación y desactivación del sistema de inducción del maquinista*

11.3.1. El sistema de inducción del maquinista se activará cuando el sistema de alerta esté activo y el contador correspondiente al tipo de NCM que justifique su activación haya alcanzado el valor especificado en el cuadro 4 del presente apéndice.

11.3.2. El sistema de inducción del maquinista se desactivará cuando el sistema deje de detectar un mal funcionamiento que justifique su activación o si la información, incluidos los DTC, relativa a los NCM que justifiquen su activación haya sido borrada mediante una herramienta de exploración o de mantenimiento.

11.3.3. Los sistemas de alerta al maquinista y de inducción del maquinista se activarán o desactivarán inmediatamente, según proceda, conforme a lo dispuesto en la sección 6 del presente anexo, después de evaluar la cantidad de reactivo en el depósito de reactivo. En ese caso, los mecanismos de activación o desactivación no dependerán de la calificación de ningún DTC asociado.

▼**M8**

11.4. *Mecanismo de los contadores*

11.4.1. Generalidades

11.4.1.1. Para cumplir los requisitos del presente anexo, el sistema tendrá, como mínimo, cuatro contadores para registrar el número de horas durante las que ha funcionado el motor mientras el sistema haya detectado cualquiera de los fallos siguientes:

a) calidad del reactivo inadecuada;

b) una interrupción de la actividad de dosificación del reactivo;

c) una válvula EGR obstruida;

d) un fallo del sistema NCD con arreglo a la sección 9.1.ii) del presente anexo.

11.4.1.1.1. Con carácter opcional, el fabricante podrá utilizar uno o varios contadores para agrupar los fallos indicados en la sección 11.4.1.1.

11.4.1.2. Cada uno de los contadores contará hasta el valor máximo previsto en un contador de 2 bytes con 1 hora de resolución y mantendrá ese valor, salvo que se den las condiciones para una puesta a cero del contador.

11.4.1.3. El fabricante podrá utilizar un único contador o varios contadores para el sistema NCD. Un único contador podrá acumular el número de horas de dos o más casos de mal funcionamiento pertinentes para dicho tipo de contador, sin que ninguno de ellos haya alcanzado el tiempo indicado por el contador único.

11.4.1.3.1. Cuando el fabricante decida utilizar varios contadores para el sistema NCD, el sistema será capaz de asignar un contador específico del sistema de supervisión a cada caso de mal funcionamiento pertinente para dicho tipo de contador conforme al presente anexo.

11.4.2. Principio del mecanismo de los contadores

11.4.2.1. Cada contador funcionará de la manera siguiente:

11.4.2.1.1. Si se empieza de cero, el contador comenzará a contar en cuanto se detecte un mal funcionamiento pertinente para ese contador y el DTC correspondiente tenga la calificación definida en el cuadro 2.

11.4.2.1.2. En caso de fallos repetidos, se aplicará una de las disposiciones siguientes, a elección del fabricante.

i) El contador se detendrá y mantendrá su valor de ese momento si se produce un único acontecimiento de supervisión y deja de detectarse el mal funcionamiento que activó originalmente el contador o si el fallo ha sido borrado mediante una herramienta de exploración o de mantenimiento. Si el contador deja de contar cuando el sistema de inducción general esté activo, el contador se quedará fijo en el valor definido en el cuadro 4 del presente apéndice o en un valor superior o igual al del contador correspondiente a la inducción general menos 30 minutos.

▼M8

ii) El contador se quedará fijo en el valor definido en el cuadro 4 del presente apéndice o en un valor superior o igual al del contador correspondiente a la inducción general menos 30 minutos.

11.4.2.1.3. En el caso de un contador con sistema de supervisión único, dicho contador seguirá contando si se ha detectado un NCM pertinente para ese contador y su DTC correspondiente tiene la calificación de «confirmado y activo». El contador se detendrá y mantendrá uno de los valores especificados en la sección 11.4.2.1.2 si no se detecta ningún NCM que justifique la activación del contador o si todos los fallos pertinentes para dicho contador han sido borrados mediante una herramienta de exploración o de mantenimiento.

Cuadro 4

Contadores e inducción

	Calificación del DTC para la primera activación del contador	Valor del contador relativo a la inducción de bajo nivel	Valor del contador relativo a la inducción general	Valor fijo retenido por el contador
Contador de la calidad del reactivo	confirmado y activo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % del valor del contador relativo a la inducción general
Contador de la dosificación	confirmado y activo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % del valor del contador relativo a la inducción general
Contador de la válvula EGR	confirmado y activo	≤ 36 horas	≤ 100 horas	≥ 95 % del valor del contador relativo a la inducción general
Contador del sistema de supervisión	confirmado y activo	≤ 36 horas	≤ 100 horas	≥ 95 % del valor del contador relativo a la inducción general
Umbral de NO_x, si procede	confirmado y activo	≤ 10 horas	≤ 20 horas	≥ 90 % del valor del contador relativo a la inducción general

11.4.2.1.4. Una vez que esté fijo, se volverá a poner el contador a cero cuando los monitores pertinentes para dicho contador hayan funcionado al menos una vez hasta completar su ciclo de funcionamiento sin haber detectado un mal funcionamiento y sin que se haya detectado ningún mal funcionamiento pertinente para ese contador durante 40 horas de funcionamiento del motor desde que el valor del contador se retuvo por última vez (véase la figura 4).

11.4.2.1.5. El contador seguirá contando a partir del punto en que se retuvo su valor si se detecta un mal funcionamiento pertinente para dicho contador durante un período en que el contador se haya quedado fijo (véase la figura 4).

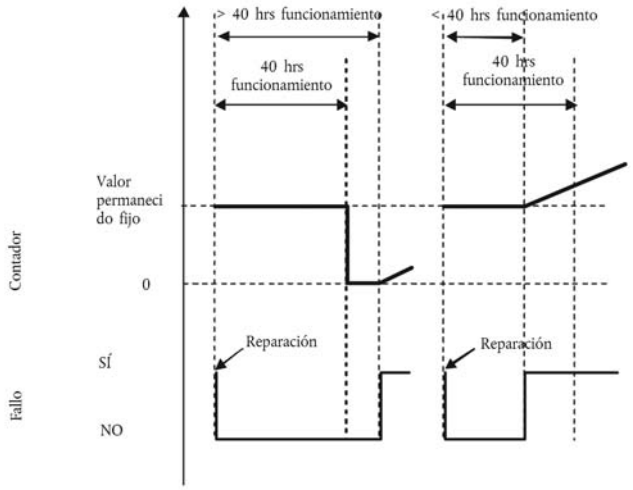
11.5. *Ilustración de los mecanismos de activación y desactivación y de los contadores*

11.5.1. En el presente punto se ilustran los mecanismos de activación y desactivación y de los contadores para algunos casos típicos. Las figuras y las descripciones que se presentan en los puntos 11.5.2, 11.5.3 y 11.5.4 se facilitan en el presente anexo únicamente a efectos ilustrativos y no deben mencionarse como ejemplos de los requisitos de la presente Directiva ni como declaraciones definitivas de los procesos que implican. Las horas de los contadores de las figuras 6 y 7 se refieren a los valores máximos de inducción del cuadro 4. Por ejemplo, para simplificar, el hecho de que el sistema de alerta también esté activo cuando el sistema de inducción esté activo no se ha contemplado en las ilustraciones que se presentan.

▼M8

Figura 4

Reactivación y puesta a cero de un contador después de un período en que su valor se ha quedado fijo



11.5.2. La figura 5 ilustra el funcionamiento de los sistemas de activación y desactivación cuando se supervisa la disponibilidad del reactivo para cinco casos:

— caso de utilización nº 1: el maquinista sigue haciendo funcionar la máquina a pesar de la alerta hasta que se desactiva el funcionamiento de la misma,

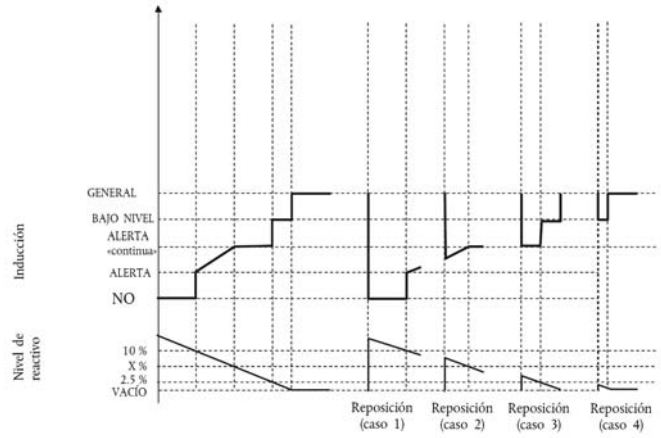
— caso de reposición nº 1 (reposición «adecuada»): el maquinista rellena el depósito de combustible para que se alcance un nivel superior al umbral del 10 %; la alerta y la inducción se desactivan,

— casos de reposición nºs 2 y 3 (reposición «inadecuada»): el sistema de alerta se activa; el nivel de la alerta depende de la cantidad de reactivo disponible,

— caso de reposición nº 4 (reposición «muy inadecuada»): la inducción de bajo nivel se activa inmediatamente.

Figura 5

Disponibilidad de reactivo



▼M8

11.5.3. La figura 6 ilustra tres casos de calidad inadecuada del reactivo:

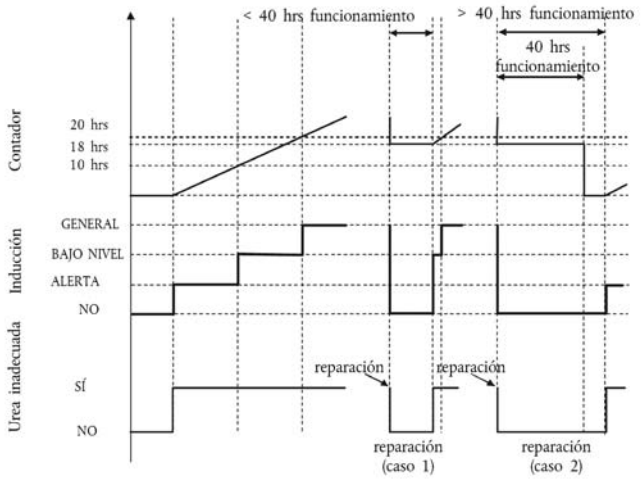
— caso de utilización nº 1: el maquinista sigue haciendo funcionar la máquina a pesar de la alerta hasta que se desactiva el funcionamiento de la misma,

— caso de reparación nº 1 (reparación «incorrecta» o «fraudulenta»): tras la desactivación de la máquina, el maquinista cambia la calidad del reactivo, pero poco después la vuelve a cambiar por uno de mala calidad. El sistema de inducción se reactiva de inmediato y la máquina se pone fuera de servicio después de 2 horas de funcionamiento del motor,

— caso de reparación nº 2 (reparación «acertada»): tras la puesta fuera de servicio de la máquina, el maquinista rectifica la calidad del reactivo. No obstante, pasado algún tiempo, vuelve a rellenar el depósito con un reactivo de mala calidad. Los procesos de alerta, inducción y recuento vuelven a empezar a partir de cero.

Figura 6

Llenado con reactivo de mala calidad



11.5.4. La figura 7 ilustra tres casos de fallo del sistema de dosificación de urea. Esta figura también ilustra el proceso que se aplica en el caso de los fallos de supervisión descritos en la sección 9 del presente anexo.

— caso de utilización nº 1: el maquinista sigue haciendo funcionar la máquina a pesar de la alerta hasta que se desactiva el funcionamiento de la misma,

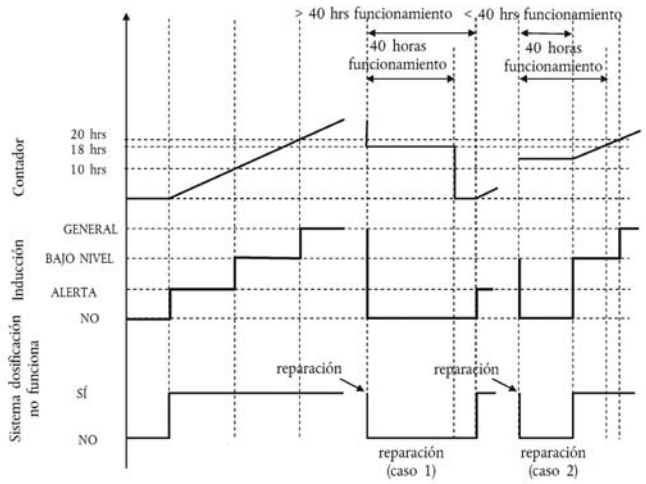
— caso de reparación nº 1 (reparación «acertada»): tras la puesta fuera de servicio de la máquina, el maquinista repara el sistema de dosificación. No obstante, pasado algún tiempo, el sistema de dosificación vuelve a fallar. Los procesos de alerta, inducción y recuento vuelven a empezar a partir de cero,

— caso de reparación nº 2 (reparación «incorrecta»): durante el tiempo de inducción de bajo nivel (reducción del par), el maquinista repara el sistema de dosificación. No obstante, poco después, el sistema de dosificación vuelve a fallar. El sistema de inducción de bajo nivel se reactiva de inmediato y el contador se reinicia a partir del valor que tenía en el momento de la reparación.

▼M8

Figura 7

Fallo del sistema de dosificación del reactivo



12. **Demostración de la concentración de reactivo mínima aceptable CD_{min}**

12.1. El fabricante demostrará el valor correcto de la CD_{min} durante la homologación de tipo realizando la parte caliente del ciclo NRTC con un reactivo con la concentración CD_{min}.

12.2. El ensayo seguirá los ciclos NCD adecuados o el ciclo de preacondicionamiento definido por el fabricante, que permitan a un sistema de control de NO_x de bucle cerrado adaptarse a la calidad del reactivo con la concentración CD_{min}.

12.3. Las emisiones de contaminantes resultantes de este ensayo serán inferiores al umbral de NO_x especificado en la sección 7.1.1 del presente anexo.

▼M8

Apéndice 2

Requisitos relativos a la zona de control de los motores de la fase IV

1. **Zona de control del motor**

   La zona de control (véase la figura 1) se define del siguiente modo:

   Rango de regímenes: del régimen A al régimen superior;

   donde:

   régimen A = régimen inferior + 15 % * (régimen superior-régimen inferior).

   El régimen superior y el régimen inferior se definen en el anexo III o, si el fabricante, con arreglo a la sección 1.2.1 del anexo III, opta por utilizar el procedimiento del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, se utilizará la definición de los puntos 2.1.33 y 2.1.37 de dicho Reglamento.

   Si el régimen A medido presenta una desviación no superior a ± 3 % del régimen del motor declarado por el fabricante, se utilizarán los regímenes del motor declarados. Si se rebasa el margen de tolerancia en cualquiera de los regímenes del ensayo, se utilizarán los regímenes medidos.

2. Se excluirán del ensayo las siguientes condiciones de funcionamiento del motor:

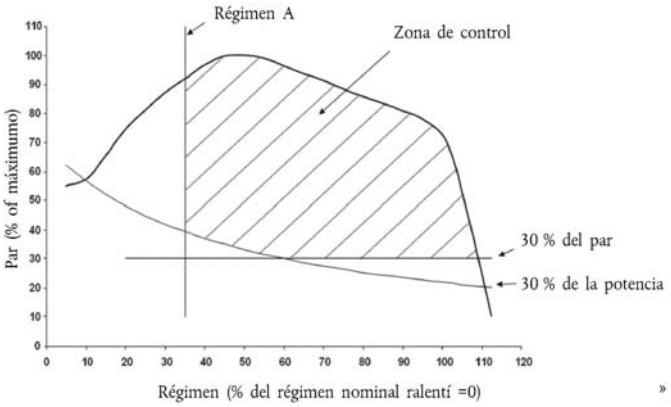
   a) los puntos situados por debajo del 30 % del par máximo;

   b) los puntos situados por debajo del 30 % de la potencia máxima.

   Durante el proceso de homologación de tipo/certificación, el fabricante podrá solicitar al servicio técnico que excluya puntos de funcionamiento de la zona de control definida en las secciones 1 y 2 del presente apéndice. Previo dictamen favorable de la autoridad de homologación, el servicio técnico podrá aceptar la exclusión si el fabricante es capaz de demostrar que el motor no puede funcionar nunca en tales puntos, sea cual fuere la combinación de máquinas que se utilice.

Figura 1

Zona de control



»

▼B

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).

▼B

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:..... cm^3

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.

▼B

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

▼M6

2. MEDIDAS ADOPTADAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

2.1. Dispositivo para reciclar los gases del cárter: sí/no (1) .....

2.2. Dispositivos adicionales anticontaminación (si existen y no se han incluido en otro punto)

2.2.1. Catalizador: sí/no (1)

2.2.1.1. Marca(s): .....

2.2.1.2. Tipo(s): .....

2.2.1.3. Número de catalizadores y elementos .....

2.2.1.4. Dimensiones y volumen del catalizador o catalizadores: .....

2.2.1.5. Tipo de acción catalítica: .....

2.2.1.6. Carga total de metales preciosos: .....

2.2.1.7. Concentración relativa: .....

2.2.1.8. Sustrato (estructura y material): .....

2.2.1.9. Densidad celular: .....

2.2.1.10. Tipo de carcasa del catalizador o catalizadores: .....

2.2.1.11. Localización del catalizador o catalizadores (emplazamientos y distancias máximas/mínimas a partir del motor): .....

2.2.1.12. Intervalo de temperaturas normales de funcionamiento (K): .....

2.2.1.13. Reactivo consumibles (cuando proceda): .....

2.2.1.13.1. Tipo y concentración del reactivo necesario para la acción catalítica: .....

2.2.1.13.2. Intervalo de temperaturas de funcionamiento normales del reactivo: .....

2.2.1.13.3. Norma internacional (cuando proceda): .....

2.2.1.14. Sensor de NO_x: sí/no (1)

2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no (1)

2.2.2.1. Marca(s): .....

2.2.2.2. Tipo: .....

2.2.2.3. Localización: .....

2.2.3. Inyección de aire: sí/no (1)

2.2.3.1. Tipo (impulsos de aire, bomba de aire, etc.): .....

2.2.4. Recirculación de los gases de escape (EGR): sí/no (1)

2.2.4.1. Características (con/sin refrigeración, alta/baja presión, etc.): .....

2.2.5. Filtro de partículas: sí/no (1)

(1) Táchese lo que no proceda.

▼M6

2.2.5.1. Dimensiones y capacidad del filtro de partículas: .....

2.2.5.2. Tipo y diseño del filtro de partículas: .....

2.2.5.3. Localización (emplazamientos y distancias máximas/mínimas a partir del motor): .....

2.2.5.4. Método o sistema de regeneración, descripción y/o plano: .....

2.2.5.5. Intervalo de temperaturas (K) y presiones (kPa) de funcionamiento normales: .....

2.2.6. Otros sistemas: sí/no [1]

2.2.6.1. Descripción y funcionamiento: .....

▼B

3. ▶[1] ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE PARA MOTORES DIÉSEL ◀

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 ... mm^3 [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.

▶[1] M8

▼B

►(1) 4. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE PARA MOTORES DE GASOLINA (1)

4.1. Carburador: .....

4.1.1. Marcas: .....

4.1.2. Tipos: .....

4.2. Inyección del combustible en el colector u orificio de admisión: monopunto o multipunto: .....

4.2.1. Marcas: .....

4.2.2. Tipos: .....

4.3. Inyección directa: .....

4.3.1. Marcas: .....

4.3.2. Tipos: .....

4.4. Caudal de combustible [g/h] y relación aire/combustible al régimen nominal y con la mariposa totalmente abierta: ◄

►(1) M8

▼M8

5. REGLAJE DE LAS VÁLVULAS

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

5.2. **Juegos de referencia y/o márgenes de reglaje** (1)

5.3. **Sistema de distribución variable (en su caso: de admisión o escape)**

5.3.1. Tipo: continuo o intermitente (1)

5.3.2. Ángulo de cambio de fase de leva: .....

6. CONFIGURACIÓN DE LOS CONDUCTOS

6.1. Posición, tamaño y número:

7. SISTEMA DE ENCENDIDO

7.1. **Bobina de encendido**

7.1.1. Marcas: .....

7.1.2. Tipos: .....

7.1.3. Número: .....

7.2. Bujías de encendido: .....

7.2.1. Marcas: .....

7.2.2. Tipos: .....

7.3. Magneto: .....

7.3.1. Marcas: .....

7.3.2. Tipos: .....

7.4. Reglaje del encendido: .....

7.4.1. Avance estático con respecto al punto muerto superior [grados de ángulo del cigüeñal]

7.4.2. Curva de avance, en su caso: .....

(1) Táchese lo que no proceda.

▼B

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] 1.8. Sistema de postratamiento del gas de escape [2]: ..... ◀

2. RELACIÓN DE LA FAMILIA DE MOTORES

2.1. Denominación de la familia de motores: .....

2.2. Características de los motores de esta familia:

▶[3]	Motor de referencia [1]	Motores pertenecientes a la familia [2]			
Tipo de motor					
Nº de cilindros					
Régimen nominal (min^{-1})					
Combustible suministrado por carrera (mm^3) en el caso de los motores diésel, caudal de combustible (g/h) en el caso de los motores de gasolina, a la potencia neta nominal					
Potencia neta nominal (kW)					
Régimen de la potencia máxima (min^{-1})					
Potencia neta máxima (kW)					
Régimen del par máximo (min^{-1})					
Combustible suministrado por carrera (mm^3) en el caso de los motores diésel, caudal de combustible (g/h) en el caso de los motores de gasolina, al par máximo					
Par máximo (Nm)					
Régimen de ralentí (min^{-1})					
Desplazamiento del cilindro (en % del motor de referencia)	100				

[1] Para más detalles véase el apéndice 1.
[2] Para más detalles véase el apéndice 3. ◀

[1] Cumpliméntese conjuntamente con las especificaciones indicadas en los puntos 6 y 7 del Anexo I.
▶[2] [2] Si no procede, indíquese n.p. ◀

▶[1] [2] [3] M8

▼B

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:	cm^3
1.8.	Velocidad de giro nominal:	
.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.

▼B

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

▼M6

2. MEDIDAS ADOPTADAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

2.1. Dispositivo para reciclar los gases del cárter: sí/no (1) .....

2.2. Dispositivos adicionales anticontaminación (si existen y no se han incluido en otro punto)

2.2.1. Catalizador: sí/no (1)

2.2.1.1. Marca(s): .....

2.2.1.2. Tipo(s): .....

2.2.1.3. Número de catalizadores y elementos .....

2.2.1.4. Dimensiones y volumen del catalizador o catalizadores: .....

2.2.1.5. Tipo de acción catalítica: .....

2.2.1.6. Carga total de metales preciosos: .....

2.2.1.7. Concentración relativa: .....

2.2.1.8. Sustrato (estructura y material): .....

2.2.1.9. Densidad celular: .....

2.2.1.10. Tipo de carcasa del catalizador o catalizadores: .....

2.2.1.11. Localización del catalizador o catalizadores (emplazamientos y distancias máximas/mínimas a partir del motor): .....

2.2.1.12. Intervalo de temperaturas normales de funcionamiento (K) .....

2.2.1.13. Reactivo consumibles (cuando proceda): .....

2.2.1.13.1. Tipo y concentración del reactivo necesario para la acción catalítica: .....

2.2.1.13.2. Intervalo de temperaturas de funcionamiento normales del reactivo: .....

2.2.1.13.3. Norma internacional (cuando proceda): .....

2.2.1.14. Sensor de NO_x: sí/no (1)

2.2.2. Sensor de oxígeno: sí/no (1)

2.2.2.1. Marca(s): .....

2.2.2.2. Tipo: .....

2.2.2.3. Localización: .....

2.2.3. Inyección de aire: sí/no (1)

2.2.3.1. Tipo (impulsos de aire, bomba de aire, etc.): .....

2.2.4. Recirculación de los gases de escape (EGR): sí/no (1)

2.2.4.1. Características (con/sin refrigeración, alta/baja presión, etc.): .....

(1) Táchese lo que no proceda.

▼M6

2.2.5. Filtro de partículas: sí/no (1)

2.2.5.1. Dimensiones y capacidad del filtro de partículas: .....

2.2.5.2. Tipo y diseño del filtro de partículas: .....

2.2.5.3. Localización (emplazamientos y distancias máximas/mínimas a partir del motor):

2.2.5.4. Método o sistema de regeneración, descripción y/o plano: .....

2.2.5.5. Intervalo de temperaturas (K) y presiones (kPa) de funcionamiento normales: .....

2.2.6. Otros sistemas: sí/no (1)

2.2.6.1. Descripción y funcionamiento: .....

▼B

3. ►(1) ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE PARA MOTORES DIESEL◄

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 ... mm^3 (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.

►(1) M2

▼B

3.3.	**Sistema de arranque en frío**
3.3.1.	Marca(s): .....
3.3.2.	Tipo(s): .....
3.3.3.	Descripción: .....
►(1) 4.	ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE PARA MOTORES DE GASOLINA
4.1.	**Carburador** .....
4.1.1.	**Marca(s):** .....
4.1.2.	**Tipo(s):** .....
4.2.	**Inyección de combustible por lumbreras: un solo punto o varios puntos** .....
4.2.1.	**Marca(s):** .....
4.2.2.	**Tipo(s):** .....
4.3.	**Inyección** .....
4.3.1.	**Marca(s):** .....
4.3.2.	**Tipo(s):** .....
4.4.	**Caudal de combustible [g/h] y relación de mezcla aire/combustible a la velocidad nominal y con la mariposa totalmente abierta** ◄
►(2) 5. ◄	DISTRIBUCIÓN
►(3) 5.1.◄	Levantamientos máximos de las válvulas y ángulos de apertura y de cierre referidos a los puntos muertos o datos equivalentes: .....
►(4) 5.2.◄	Juegos de referencia y/o de reglaje (1): .....
►(5) 5.3.	**Sistema de distribución variable (en su caso: de admisión o escape)**
5.3.1.	**Tipo: continuo o intermitente**
5.3.2.	**Ángulo de cambio de fase de leva** ◄
►(6) 6.	CONFIGURACIÓN DE LUMBRERAS
6.1.	**Posición, tamaño y número** ◄
►(7) 7.	SISTEMA DE ENCENDIDO
7.1.	Bobina de encendido
7.1.1	Marca(s): .....
7.1.2	Tipo(s): .....
7.1.3	Número: .....
7.2.	Bujía(s):
7.2.1	Marca(s): .....
7.2.2	Tipo(s): .....
7.3.	Magneto:
7.3.1.	Marca(s) .....
7.3.2.	Tipo(s) .....
7.4.	Reglaje del encendido
7.4.1.	Avance estático con respecto al punto muerto superior [grados de ángulo del cigüeñal] .....
7.4.2.	Curva de avance, en su caso: .....◄

(1) Táchese lo que no proceda.

▶(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) **M2**

▼B

ANEXO III

▼M2

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN

▼B

1. INTRODUCCIÓN

▼M6

1.1. El presente anexo describe el método para determinar las emisiones de gases y partículas contaminantes procedentes del motor que se va a comprobar.

Los siguientes ciclos de ensayo serán de aplicación:

— el NRSC (ciclo continuo no de carretera) adecuado para la especificación del equipo que se empleará para medir las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno y las partículas para las fases I, II, III A, III B y IV de los motores descritos en el anexo I, sección 1, letra A, incisos i) y ii), y

— el NRTC (ciclo transitorio no de carretera) que se utilizará a fin de medir las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno y las partículas para las fases III B y IV de los motores descritos en el el anexo I, sección 1, letra A, inciso i),

— en el caso de los motores destinados a los buques que navegan por aguas interiores, se aplicará el procedimiento de ensayo ISO 8178-4:2002 y el que figura en el anexo VI (código NO_x) de MARPOL ([1]) 73/78 de la OMI ([2]),

— en el caso de los motores destinados a la propulsión de automotores, se utilizará un ensayo NRSC para la medición de los gases y partículas contaminantes para la fase III A y para la fase III B,

— en el caso de los motores destinados a la propulsión de locomotoras, se utilizará un ensayo NRSC para la medición de los gases y partículas contaminantes para la fase III A y para la fase III B.

▼M8

1.2. **Selección del procedimiento de ensayo**

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

1.2.1. *Procedimientos de ensayo para las fases I, II, III A, III B y IV*

El ensayo se realizará conforme al procedimiento contemplado en el presente anexo o, a elección del fabricante, al procedimiento de ensayo especificado en el anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

Serán aplicables, además, los requisitos siguientes:

i) los requisitos de durabilidad del apéndice 5 del presente anexo,

ii) las disposiciones sobre la zona de control del motor de la sección 8.6 del anexo I (solo en el caso de los motores de la fase IV),

([1]) MARPOL: Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques.
([2]) OMI: Organización Marítima Internacional.

▼M8

iii) los requisitos de notificación del CO_2 del apéndice 6 del presente anexo en el caso de los motores sometidos a ensayo conforme al procedimiento del presente anexo. En el caso de los motores sometidos a ensayo con arreglo al procedimiento del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, será de aplicación el apéndice 7 del presente anexo,

iv) se utilizará el combustible de referencia del anexo V de la presente Directiva para los motores sometidos a ensayo conforme a los requisitos del presente anexo. Se utilizará el combustible de referencia del anexo V de la presente Directiva en el caso de los motores sometidos a ensayo conforme a los requisitos del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de modificaciones.

1.2.1.1. Se emplearán los ciclos de ensayo especificados en la sección 3.7.1 en caso de que, para someter a ensayo motores de las fases I, II, III A o III B, el fabricante elija, conforme al anexo I, sección 8.6.2, utilizar el procedimiento de ensayo especificado en el anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de modificaciones.

▼M3
▼C1

1.3. **Principio de medición**

Entre las emisiones de escape del motor que deben medirse se incluyen los componentes gaseosos (monóxido de carbono, el total de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno) y las partículas. Asimismo, a menudo se utiliza el dióxido de carbono como gas indicador para determinar la relación de dilución de los sistemas de dilución de flujo total y en las de flujo parcial. Desde un punto de vista técnico, se recomienda una medición general del dióxido de carbono, ya que es una herramienta excelente para detectar de problemas de medición durante la realización de la prueba.

1.3.1. *Prueba NRSC:*

Durante una secuencia prescrita de condiciones de funcionamiento con el motor caliente, se determinará constantemente la cantidad de emisiones de escape tomando muestras de los gases de escape sin diluir. El ciclo de prueba consiste en un número determinado de modalidades de velocidad de giro y de par (carga) que cubren la gama típica de las condiciones de funcionamiento de los motores diésel. Durante cada modalidad, se determinará la concentración de los contaminantes gaseosos, el caudal de los gases de escape, así como la potencia, y se ponderarán los valores medidos. La muestra de partículas deberá diluirse con aire ambiente acondicionado. Se tomará una muestra a lo largo de todo el procedimiento de prueba mediante los filtros adecuados.

Como alternativa, se tomará una muestra mediante filtros separados, uno para cada modalidad y se calcularán los resultados del ciclo ponderados.

La cantidad de cada contaminante emitido en gramos por kilovatio hora se calculará según el método descrito en el apéndice 3 del presente anexo.

▼M6

1.3.2. *Ensayo NRTC:*

El ensayo de un ciclo transitorio prescrito basado estrechamente en las condiciones de funcionamiento de los motores diésel instalados en las máquinas no de carretera se realizará dos veces:

— la primera vez (arranque en frío), después de que el motor haya alcanzado la temperatura ambiente, y que la temperatura del refrigerante del motor y del lubricante, de los dispositivos de postratamiento, así como de todos los dispositivos auxiliares de control del motor se hayan estabilizado entre los 20 y los 30 °C,

▼M6

— la segunda vez (arranque en caliente), después de 20 minutos de parada en caliente que comienza inmediatamente después de concluido el ciclo de arranque en frío.

Durante esta secuencia de ensayo, se estudiarán los contaminantes mencionados anteriormente. La secuencia del ensayo consiste en un ciclo de arranque en frío tras el enfriamiento forzado o natural del motor, un período de parada en caliente y un ciclo de arranque en frío, que da como resultado un cálculo de emisiones compuestas. Utilizando las señales de retorno del par y de la velocidad de giro del dinamómetro del motor, se integrará la potencia con respecto a la duración del ciclo, con lo que se obtendrá el trabajo producido por el motor a lo largo del ciclo. La concentración de los componentes gaseosos se determinará a lo largo del ciclo, bien en los gases de escape sin diluir mediante la integración de la señal del analizador de acuerdo con el apéndice 3 del presente anexo, o bien en los gases de escape diluidos de un sistema de dilución de flujo total CVS mediante integración o toma de muestras con bolsas con arreglo al apéndice 3 del presente anexo. En el caso de las partículas, se recogerá una muestra proporcional de los gases de escape diluidos en un filtro especificado mediante dilución de flujo parcial o total. Dependiendo del método utilizado, se determinará el caudal de gases de escape diluidos o sin diluir a lo largo del ciclo a fin de calcular los valores de emisión másica de los contaminantes. Dichos valores de emisión másica se relacionarán con el trabajo del motor, a fin de calcular la cantidad de cada contaminante emitido en gramos por kilovatio-hora.

Las emisiones (g/kWh) se medirán durante los ciclos de arranque en frío y de arranque en caliente. Las emisiones compuestas ponderadas se calcularán mediante la ponderación del 10 % de los resultados del arranque en frío y del 90 % de los resultados del arranque en caliente. Los resultados compuestos ponderados habrán de respetar los límites.

▼B

2. CONDICIONES DE PRUEBA

2.1. **Prescripciones generales**

Todos los volúmenes y gastos volumétricos estarán referidos a 273 °CK (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:

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

▼B

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:

▼M1

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

▼M3
▼C1

2.2.3. *Motores con refrigeración del aire de sobrealimentación*

Se registrará la temperatura del aire de sobrealimentación, la cual deberá estar, a la velocidad de giro nominal declarada y a plena carga, a ± 5 K de la temperatura máxima del aire de sobrealimentación especificada por el fabricante. La temperatura mínima del agente refrigerante será de 293 K (20 °C).

Si se utiliza un sistema de taller de pruebas o un ventilador externo, la temperatura del aire de sobrealimentación deberá estar a ± 5 K de la temperatura máxima del aire de sobrealimentación especificada por el fabricante, a la velocidad de giro de la potencia máxima declarada y a plena carga. La temperatura del refrigerante y el caudal del refrigerante del aire de sobrealimentación en el punto establecido anteriormente no se modificarán durante todo el ciclo de prueba. El volumen del refrigerante del aire de sobrealimentación se basará en un método técnico adecuado y en las aplicaciones típicas vehículo/máquina.

Como alternativa, el reglaje del refrigerante del aire de sobrealimentación podrá hacerse con arreglo a SAE J 1937 en la versión publicada en enero de 1995.

▼B

2.3. **Sistema de admisión del motor**

▼M3
▼C1

El motor de prueba deberá estar equipado con un sistema de admisión que presente una restricción a la entrada del aire de ± 300 Pa del valor 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. Las restricciones se fijarán a la velocidad de giro nominal. Se podrá utilizar el sistema A de taller de pruebas a carga completa, siempre que reproduzca las condiciones reales de funcionamiento del motor.

▼B

2.4. **Sistema de escape del motor**

▼M3
▼C1

El motor de prueba deberá estar equipado con un sistema de escape que presente una contrapresión de ± 650 Pa del valor prescrito por el fabricante para las condiciones de funcionamiento del motor que produzcan la potencia máxima declarada.

Si el motor incorpora un dispositivo de postratamiento de los gases de escape, el tubo de escape deberá tener el mismo diámetro que en la realidad en una longitud mínima igual a 4 veces el diámetro en dirección a la entrada del comienzo de la sección de expansión donde se encuentra el dispositivo de postratamiento. La distancia entre la brida del colector de escape o salida del turbocompresor y el dispositivo de postratamiento será la misma que en la configuración de la máquina o estará dentro de las especificaciones de distancia del fabricante. La contrapresión o restricción del escape se regirá por esos mismos criterios y podrá regularse con una válvula. El contenedor de postratamiento podrá retirarse durante las pruebas simuladas y el análisis gráfico del motor, para sustituirse con un contenedor equivalente que incorpore un portacatalizador inactivo.

▼B

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 ►M2 anexo V ◄.

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 ►M2 anexo VII ◄.

La temperatura del combustible a la entrada en la bomba de inyección deberá ser de 306-316 ^{o}CK (33-43 ^{o}C).

▼M3
▼C1

———————

▼C1

3. REALIZACIÓN DE LA PRUEBA (PRUEBA NRSC)

3.1. **Determinación de los ajustes del dinamómetro**

La base de la medición de las emisiones específicas es la potencia al freno sin corregir con arreglo a ISO 14396:2002.

Los equipos auxiliares que sólo sean necesarios para el funcionamiento de la máquina y pudieran estar montados en el motor deberán ser retirados antes de realizar la prueba. Sirva de ejemplo esta lista incompleta:

— compresor de aire para frenos,

— bomba de servodirección,

— compresor del aire acondicionado,

— bombas de los actuadores hidráulicos.

En el caso de que no se desmonten estos equipos auxiliares, se determinará la potencia por ellos absorbida a las velocidades de la prueba con el fin de calcular los ajustes del dinamómetro, salvo en el caso de que esos equipos auxiliares formen parte del motor (por ejemplo, los ventiladores de refrigeración de los motores refrigerados por aire).

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 los regímenes de prueba prescritos 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 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:

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

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.

▼B

►M3 ►C1 3.2. ◄ ◄ **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.

►M3 ►C1 3.3. ◄ ◄ **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.

►M3 ►C1 3.4. ◄ ◄ **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 estabilicen todas las temperaturas y presiones a plena carga y a la velocidad de giro nominal (punto 3.6.2).

▼M3
▼C1

3.5. **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 no se filtra el aire de dilución, la medición se realizará en una muestra tomada mientras dure la prueba.

Se ajustará el aire de dilución para obtener una temperatura entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C) en la superficie frontal del filtro en cada modalidad. La relación de dilución total no deberá ser inferior a 4.

Nota: En el procedimiento de estado continuo, la temperatura del filtro podrá mantenerse a una temperatura igual o inferior a la máxima de 325 K (52 °C) en lugar de respetar la gama de temperaturas 42 a 52 °C.

En los métodos de filtro único y múltiple, 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 ± 5 % del valor promediado de la modalidad, 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 ± 5 % en relación con el valor promediado de la modalidad, excepto durante los 10 primeros segundos de cada modalidad en los sistemas sin *bypass*.

▼C1

En los sistemas controlados por concentración de CO_2 o NO_x, el contenido de CO_2 o NO_x del aire de dilución deberá medirse al comienzo y al final de cada prueba. Los valores de concentración básica de CO_2 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, 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.

▼B

►M3 ►C1 3.6. ◄ ◄ **Comprobación de los analizadores**

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

►M3 ►C1 3.7. ◄ ◄ **Ciclo de prueba**

▼M6

3.7.1. Especificaciones sobre el equipo con arreglo al anexo I, sección 1, letra A:

3.7.1.1. Especificación A

En el caso de los motores del anexo I, sección 1, letra A, incisos i) y iv), se aplicará el siguiente ciclo ([1]) de 8 modalidades en el funcionamiento con dinamómetro del motor de prueba:

Nº de modalidad	Velocidad de giro del motor (r/min)	Carga (%)	Factor de ponderación
1	Nominal o de referencia (*)	100	0,15
2	Nominal o de referencia (*)	75	0,15
3	Nominal o de referencia (*)	50	0,15
4	Nominal o de referencia (*)	10	0,10
5	Intermedia	100	0,10
6	Intermedia	75	0,10
7	Intermedia	50	0,10
8	Ralentí	—	0,15

(*) La velocidad de giro de referencia del motor se define en el anexo III, punto 4.3.1.

([1]) Idéntico al ciclo C1 descrito en el punto 8.3.1.1 de la norma ISO 8178-4:2007 (versión corregida de 1.7.2008).

▼M6

3.7.1.2. Especificación B

En el caso de los motores del el anexo I, sección 1, letra A, inciso ii), se aplicará el siguiente ciclo ([1]) de 5 modalidades en el funcionamiento con dinamómetro del motor de prueba:

Nº de modalidad	Velocidad de giro del motor (r/min)	Carga (%)	Factor de ponderación
1	Nominal	100	0,05
2	Nominal	75	0,25
3	Nominal	50	0,30
4	Nominal	25	0,30
5	Nominal	10	0,10

Las cifras de carga son porcentajes del par correspondiente a la potencia nominal definida como la máxima potencia disponible durante una secuencia de potencia variable, que puede ejecutarse durante un número ilimitado de horas al año, entre los intervalos de mantenimiento establecidos y en las condiciones ambientales establecidas, realizándose el mantenimiento de conformidad con las instrucciones del fabricante.

3.7.1.3. Especificación C

En el caso de los motores de propulsión ([2]) destinados a los buques que navegan por aguas interiores, se aplicará el procedimiento de prueba ISO 8178-4:2002 y el que figura en el anexo VI (código NO_x) de Marpol 73/78 de la OMI.

Los motores de propulsión que operan sobre una curva de hélice de palas fijas se probarán en un dinamómetro que utilice el siguiente ciclo de 4 modalidades en estado continuo ([3]) desarrollado para representar el funcionamiento en condiciones de uso de los motores diésel marinos comercializados.

Nº de modalidad	Velocidad de giro del motor (r/min)	Carga (%)	Factor de ponderación
1	100 % (nominal)	100	0,20
2	91 %	75	0,50
3	80 %	50	0,15
4	63 %	25	0,15

Los motores de propulsión de velocidad fija, de hélices de paso variable o acopladas eléctricamente, destinados a la navegación en aguas interiores se probarán en un dinamómetro que utilice el siguiente ciclo de 4 modalidades en estado continuo ([4]), que se caracteriza por la misma carga y factores de ponderación que el ciclo anteriormente citado, pero con el motor que funciona a la velocidad nominal en cada modalidad.

([1]) Idéntica al ciclo D2 descrito en el punto 8.4.1 de la norma ISO 8178-4: 2002(E).

([2]) Los motores auxiliares de velocidad constante se certificarán con arreglo al ciclo de servicio ISO D2, es decir, el ciclo de 5 modalidades en estado continuo que se especifica en el punto 3.7.1.2, mientras que los motores auxiliares de velocidad variable se certificarán con arreglo al ciclo de servicio ISO C1, es decir, el ciclo de 8 modalidades en estado continuo que se especifica en el punto 3.7.1.1.

([3]) Idéntico al ciclo E3 descrito en los puntos 8.5.1, 8.5.2 y 8.5.3 de la norma ISO 8178-4: 2002(E). Las cuatro modalidades presuponen una curva de propulsión media basada en mediciones en condiciones de funcionamiento.

([4]) Idéntico al ciclo E2 descrito en los puntos 8.5.1, 8.5.2 y 8.5.3 de la norma ISO 8178-4: 2002(E).

▼M6

Nº de modalidad	Velocidad de giro del motor (r/min)	Carga (%)	Factor de ponderación
1	Nominal	100	0,20
2	Nominal	75	0,50
3	Nominal	50	0,15
4	Nominal	25	0,15

3.7.1.4. Especificación D

En el caso de los motores del el anexo I, sección 1, letra A, inciso v), se aplicará el siguiente ciclo ([1]) de 3 modalidades en el funcionamiento con dinamómetro del motor de prueba:

Nº de modalidad	Velocidad de giro del motor (r/min)	Carga (%)	Factor de ponderación
1	Nominal	100	0,25
2	Intermedia	50	0,15
3	Ralentí	—	0,60

►M3 ►C1 3.7.2. ◄ ◄ *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.

▼M2

►M3 ►C1 3.7.3. ◄ ◄ *Secuencia de prueba*

▼M3
▼C1

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

Durante cada modalidad del ciclo de prueba en cuestión, después del período de transición inicial, se deberá mantener la velocidad de giro prescrita con una tolerancia de ± 1 % de la velocidad nominal o de ± 3 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 ± 2 % del par máximo a la velocidad de giro de la prueba.

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.

([1]) Idéntico al ciclo F de la norma ISO 8178-4: 2002(E).

▼C1

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.

▼B

►M3 ►C1 3.7.4. ◄ ◄ *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 CO_2 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.

►M3 ►C1 3.7.5. ◄ ◄ *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.

►M3 ►C1 3.7.6. ◄ ◄ *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).

►M3 ►C1 3.8. ◄ ◄ **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 %.

▼M3
▼C1

4. REALIZACIÓN DE LA PRUEBA (PRUEBA NRTC)

4.1. **Introducción**

El ciclo transitorio no de carretera (NRTC) que figura en el apéndice 4 del anexo III consiste en una secuencia segundo a segundo de valores de velocidad de giro y par normalizados aplicables a todos los motores diésel cubiertos por la presente Directiva. Con el fin de realizar la prueba en una celda de prueba del motor, los valores normalizados se convertirán en valores reales para el motor que se está ensayando basándose en la curva de representación gráfica del motor. Esta conversión se denomina «desnormalización» y el ciclo de prueba desarrollado «ciclo de referencia del motor que se va a probar». Con esos valores de velocidad de giro y par de referencia, se realizará la prueba en la celda de prueba y se registrarán los valores de velocidad de giro y par obtenidos. Para validar la realización de la prueba, una vez finalizada esta, se efectuará un análisis regresivo entre los valores de referencia de velocidad de giro y par y los valores obtenidos.

4.1.1. Quedan prohibidos el uso de dispositivos de manipulación y las estrategias irracionales de control de las emisiones.

4.2. **Procedimiento de análisis gráfico del motor**

Al crear el NRTC en la celda de prueba, es preciso analizar gráficamente el motor antes del ciclo de prueba para determinar la curva de la velocidad en relación con el par.

4.2.1. *Determinación de la gama de velocidades de giro para el análisis gráfico*

Por velocidades de giro mínimas y máximas del análisis gráfico se entenderá lo siguiente:

Velocidad de giro mínima del análisis gráfico	=	régimen de ralentí
Velocidad de giro máxima del análisis gráfico	=	$n_{hi} \times 1{,}02$ o la velocidad de giro en la que el par de carga total desciende a cero, el valor más bajo de los dos (en donde n_{hi} es la velocidad de giro elevada, entendida como la velocidad de giro más elevada del motor al que se obtiene el 70 % de la potencia nominal).

4.2.2. *Curva del análisis gráfico del motor*

Es preciso calentar el motor a la máxima potencia a fin de estabilizar los parámetros del motor según las recomendaciones del fabricante y los métodos técnicos adecuados. Una vez estabilizado el motor, se realizará el análisis gráfico del motor aplicando el procedimiento siguiente:

4.2.2.1. Análisis gráfico transitorio

a) Se pondrá en funcionamiento el motor sin carga y al régimen de ralentí.

b) Se hará funcionar el motor en condiciones de plena carga/a todo gas a la velocidad de giro mínima del análisis gráfico.

c) Se irá aumentando la velocidad de giro del motor a un ritmo medio de 8 ± 1 min – 1/s de la velocidad de giro mínima a la máxima del análisis gráfico. Se registrarán los puntos de velocidad de giro del motor y de par con una frecuencia de toma de muestras de al menos un punto por segundo.

▼C1

4.2.2.2. Análisis gráfico escalonado

a) Se pondrá en funcionamiento el motor sin carga y al régimen de ralentí.

b) Se hará funcionar el motor en condiciones de plena carga/a todo gas a la velocidad de giro mínima del análisis gráfico.

c) A plena carga, se mantendrá la velocidad de giro mínima del análisis gráfico durante al menos 15 segundos y se registrará el par medio durante los últimos 5 segundos. La curva del par máximo a partir de la velocidad de giro mínima hasta la velocidad de giro máxima del análisis gráfico se determinará en incrementos de la velocidad de giro no superiores a 100 ± 20/min. Cada punto de prueba se mantendrá durante al menos 15 segundos y se registrará el par medio durante los últimos 5 segundos.

4.2.3. *Generación de la curva del análisis gráfico*

Todos los puntos de datos registrados de conformidad con el punto 4.2.2 se relacionarán entre sí mediante la interpolación lineal entre puntos. La curva del par resultante es la curva de análisis gráfico, que se utilizará para convertir los valores de par normalizados del plan de servicio del dinamómetro del anexo IV en valores de par efectivos para el ciclo de prueba, como se describe en el punto 4.3.3.

4.2.4. *Análisis gráfico alternativo*

Si un fabricante opina que las técnicas de análisis gráfico arriba descritas no son seguras o no son representativas de un motor en concreto, podrán utilizarse otras técnicas de análisis gráfico. Esas otras técnicas deberán tener la misma finalidad que los procedimientos de análisis gráfico especificados, que consiste en determinar el par máximo disponible en todas las velocidades de giro del motor alcanzadas durante los ciclos de prueba. Las desviaciones que, por motivos de seguridad o representatividad, se produzcan respecto a las técnicas de análisis gráfico especificadas en el presente punto se someterán a la aprobación de las partes implicadas, junto con la justificación de su empleo. No obstante, bajo ningún concepto se obtendrá la curva del par reduciendo la velocidad de giro de los motores regulados o con turbocompresor.

4.2.5. *Repetición de las pruebas*

No es preciso analizar gráficamente un motor antes de todos y cada uno de los ciclos de prueba. Se repetirá el análisis gráfico de un motor antes de un ciclo de prueba si:

— según criterios técnicos bien fundados, ha transcurrido un intervalo de tiempo excesivo desde el último análisis gráfico, o bien

— se han efectuado cambios físicos o recalibrados del motor que pueden influir potencialmente en su rendimiento.

4.3. **Creación del ciclo de prueba de referencia**

▼M6

4.3.1. *Velocidad de referencia*

La velocidad de giro de referencia (n_{ref}) corresponde a los valores de velocidad de giro normalizados al 100 % especificados en el plan de servicio del dinamómetro del motor del anexo III, apéndice 4. El ciclo real del motor, resultado de la desnormalización a la velocidad de giro de referencia, depende en gran medida de la selección de la velocidad de giro de referencia adecuada. La velocidad de giro de referencia se determinará mediante la siguiente fórmula:

▼M6

n_{ref} = velocidad de giro inferior + 0,95 x (velocidad de giro superior – velocidad de giro inferior)

(la velocidad de giro superior es la más elevada del motor a la que se alcanza el 70 % de la potencia nominal, mientras que la velocidad de giro inferior es la más baja a la que se obtiene el 50 % de la potencia nominal).

Si la velocidad de giro medida presenta una desviación no superior al ± 3 % de la velocidad de giro de referencia declarada por el fabricante, esta última podrá utilizarse para la prueba de emisiones. Si se rebasa el límite de tolerancia, será la velocidad de referencia medida la que se utilice para la prueba de emisiones ([1]).

▼C1

4.3.2. *Desnormalización de la velocidad de giro del motor*

La velocidad de giro se desnormalizará mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad de giro efectiva} = \frac{\text{velocidad de giro } \% \times (\text{velocidad de giro de referencia} - \text{régimen de ralentí})}{100} + \text{régimen de ralentí}$$

4.3.3. *Desnormalización del par del motor*

Los valores del par en el plan de servicio del dinamómetro del apéndice 4 del anexo III están normalizados al par máximo de la velocidad de giro respectiva. Es preciso desnormalizar los valores de par del ciclo de referencia, utilizando la curva de análisis gráfico determinada según el punto 4.2.2, de la manera siguiente:

$$\text{Par efectivo} = \frac{\%\ \text{par} \times \text{par máx.}}{100} \quad (5)$$

para la velocidad de giro efectiva correspondiente, determinado según el punto 4.3.2.

4.3.4. *Ejemplo de procedimiento de desnormalización*

A modo de ejemplo, desnormalizaremos el siguiente punto de prueba:

% velocidad de giro = 43 %

% par = 82 %

Dados los valores siguientes:

Velocidad de giro de referencia = 2 200/min

Régimen de ralentí = 600/min

resulta que:

$$\text{velocidad de giro efectiva} = \frac{43 \times (2\,200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288/\text{min}$$

Con el par máximo de 700 Nm observado en la curva de análisis gráfico a 1 288/min

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

([1]) Esto es coherente con la norma ISO 8178-11:2006.

▼C1

4.4. **Dinamómetro**

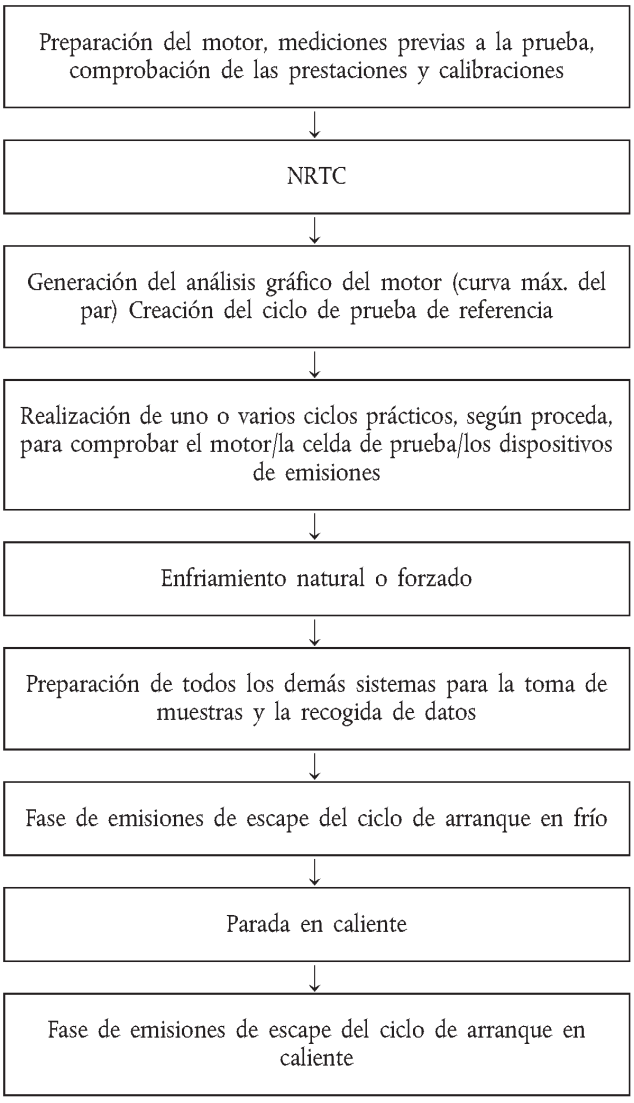
4.4.1. En caso de utilizarse una célula de carga, la señal del par se transmitirá al eje del motor y se considerará la inercia del dinamómetro. El par efectivo del motor es el registrado en la célula de carga más el momento de inercia del freno multiplicado por la aceleración angular. El sistema de control tiene que efectuar este cálculo en tiempo real.

4.4.2. Si el motor se prueba con un dinamómetro de corriente inducida, se recomienda que el número de puntos en los que la diferencia $T_{sp} - 2 \times \pi \times \dot{n}_{sp} \times \Theta_D$ sea inferior a – 5 % del par máximo no sea de más de 30 (siendo T_{sp} el par pedido, $\dot{n}_{sp}$ la derivada de la velocidad de giro del motor y Θ_D la inercia giratoria del dinamómetro de corriente inducida).

▼M6

4.5. **Realización de la prueba sobre emisiones**

El diagrama siguiente presenta el desarrollo de la prueba:



▼M6

Se realizarán uno o varios ciclos prácticos, según proceda, para comprobar el motor, la celda de prueba y los dispositivos de emisiones antes del ciclo de medición.

4.5.1. *Preparación de los filtros de toma de muestras*

Una hora antes de la prueba, como mínimo, se colocará cada filtro en una caja de Petri, que esté protegida de la contaminación por polvo, pero que permita el intercambio de aire, y se introducirá en una cámara de pesaje para su estabilización. Al finalizar el período de estabilización, se pesará cada filtro y se anotará el peso. A continuación, se guardará el filtro en una caja de Petri cerrada o en una portafiltros sellado hasta que se precise para la prueba. El filtro se utilizará en el plazo de 8 horas después de su extracción de la cámara de pesaje. Se registrará la tara.

4.5.2. *Instalación del equipo de medición*

Se instalará la instrumentación y las sondas de toma de muestras según se requiera. Se conectará el tubo de escape al sistema de dilución de flujo total, si lo hubiere.

4.5.3. *Puesta en marcha del sistema de dilución*

Se pondrá en marcha el sistema de dilución. El total del caudal de los gases de escape diluidos de un sistema de dilución de flujo total o el caudal de los gases de escape diluidos a través de un sistema de dilución de flujo parcial se fijará de manera que elimine la condensación del agua en el sistema y se obtenga una temperatura en la superficie frontal del filtro situada entre 315 K (42 °C) y 325 K (52 °C).

4.5.4. *Puesta en marcha del sistema de muestreo de partículas*

El sistema de toma de muestras de partículas se pondrá en marcha en derivación. El nivel básico de partículas del aire de dilución podrá determinarse tomando muestras del aire de dilución antes de la entrada de los gases de escape en el túnel de dilución. La muestra de partículas básica se recogerá de preferencia durante el ciclo transitorio si se dispone de otro sistema de toma de muestras de partículas. Si no, el sistema de toma de muestras de partículas se podrá utilizar para recoger las partículas del ciclo transitorio. Si se utiliza aire de dilución filtrado, podrá realizarse una sola una medición antes o después de la prueba. Si el aire de dilución no se filtra, las mediciones deberán efectuarse antes del principio y después del final del ciclo y se calculará el promedio de los valores obtenidos.

4.5.5. *Comprobación de los analizadores*

Los analizadores de emisiones se ajustarán a cero y se comprobarán con gas de *span*. Si se utilizan bolsas de toma de muestras, habrá que retirarlas.

4.5.6. *Requisitos relativos al enfriamiento*

Puede aplicarse un procedimiento de enfriamiento natural o forzado. Respecto al enfriamiento forzado, se aplicarán buenas prácticas técnicas para el establecimiento de sistemas para enviar aire refrigerante al motor, enviar aceite frío al sistema de lubricación del motor, extraer el calor del refrigerante mediante el sistema refrigerante del motor y extraer el calor del sistema de postratamiento del escape. En el caso de un enfriamiento forzado del sistema de postratamiento, no se aplicará el aire refrigerante hasta que la temperatura del sistema de postratamiento haya descendido por debajo del nivel de activación catalítica. No se permitirá ningún procedimiento de enfriamiento que dé lugar a emisiones no representativas.

▼**M6**

La prueba de emisiones de escape del ciclo de arranque en frío podrá empezar después de un enfriamiento solo cuando las temperaturas del aceite y del refrigerante del motor y del sistema de postratamiento se hayan estabilizado entre los 20 y los 30 °C durante un mínimo de 15 minutos.

4.5.7. *Realización del ciclo*

4.5.7.1. Ciclo de arranque en frío

La secuencia de prueba comenzará con el ciclo de arranque en frío al término del enfriamiento cuando se cumplan todos los requisitos especificados en el punto 4.5.6.

El motor se pondrá en marcha de acuerdo con el procedimiento que recomiende el fabricante en el manual de uso, utilizando bien un motor de arranque o el dinamómetro.

En cuanto se haya determinado que el motor ha arrancado, póngase en marcha un cronómetro de «ralentí libre». Déjese que el motor funcione al ralentí libremente sin carga durante 23 ± 1 s. Iníciese el ciclo de transición del motor de forma que el primer registro del ciclo en el que el motor no esté al ralentí tenga lugar a los 23 ± 1 s. El tiempo en el que el motor funciona al ralentí libremente está incluido en los 23 ± 1 s.

La prueba se efectuará de conformidad con el ciclo de referencia establecido en el anexo III, apéndice 4. Los valores de consigna de la velocidad de giro del motor y del mando del par se configurarán a una frecuencia de al menos 5 Hz (se recomiendan 10 Hz). Los valores de consigna se calcularán mediante interpolación lineal entre los valores de consigna de 1 Hz del ciclo de referencia. El par y la velocidad de giro de retorno del motor se registrarán al menos una vez por segundo durante el ciclo de prueba y las señales podrán filtrarse electrónicamente.

4.5.7.2. Respuesta de los analizadores

Al poner en marcha el motor, se pondrá en marcha el equipo de medición y, simultáneamente:

— se empezará a recoger o analizar el aire de dilución, si se utiliza un sistema de dilución de flujo total,

— se empezarán a recoger o analizar los gases de escape diluidos o sin diluir, dependiendo del método utilizado,

— se empezará a medir el volumen de los gases de escape diluidos y las temperaturas y presiones necesarias,

— se empezará a registrar el caudal másico del gas de escape, si se opta por el análisis del gas de escape sin diluir,

— se empezarán a registrar los datos de retorno de la velocidad de giro y del par del dinamómetro.

Si se realiza la medición de los gases de escape sin diluir, se medirán constantemente las concentraciones de las emisiones (HC, CO y NO_x) y el gasto másico de los gases de escape y se las almacenará con una frecuencia mínima de 2 Hz en un sistema informático. Todos los demás datos podrán registrarse con una frecuencia de toma de muestras de al menos 1 Hz. En el caso de los analizadores analógicos, se registrará la reacción y los datos de calibración podrán aplicarse en línea o fuera de línea durante la evaluación de los mismos.

▼**M6**

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, los HC y NO_x se medirán de forma continua en el túnel de dilución con una frecuencia de 2 Hz como mínimo. Las concentraciones medias se determinarán integrando las señales del analizador a lo largo del ciclo de prueba. El tiempo de reacción del sistema no será superior a 20 segundos y estará coordinado con las fluctuaciones del caudal de CVS y con las desviaciones del tiempo de toma de muestras/ciclo de prueba, si es preciso. El CO y el CO_2 se determinarán integrando o analizando las concentraciones de la bolsa de toma de muestras recogidas a lo largo del ciclo. Las concentraciones de los gases contaminantes en el aire de dilución se determinarán mediante integración o recogida en la bolsa básica. El resto de parámetros que deban medirse se registrarán con una frecuencia mínima de una medición por segundo (1 Hz).

4.5.7.3. Toma de muestras de partículas

Al poner en marcha el motor, el sistema de toma de muestras de partículas pasará de la posición de derivación a la de recogida de partículas.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo parcial, la o las bombas de toma de muestras se ajustarán de manera que el caudal a través de la sonda o tubo de transferencia para toma de muestras de partículas sea proporcional al gasto másico de gases de escape.

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, la o las bombas de toma de muestras se ajustarán de manera que el caudal a través de la sonda o tubo de transferencia para toma de muestras de partículas se mantenga a ± 5 % del caudal preestablecido. En caso de utilizarse la compensación del caudal (es decir, un control proporcional del caudal de toma de muestras), es preciso demostrar que la relación entre el caudal que circula por el túnel principal y el caudal de toma de muestras de partículas no varía en más de un ± 5 % respecto a su valor preestablecido (excepto durante los primeros 10 segundos de toma de muestras).

NOTA: En el funcionamiento con doble dilución, se entenderá por caudal de toma de muestras la diferencia neta entre el caudal que pasa por los filtros de toma de muestras y el caudal del aire de dilución secundario.

Se registrará la temperatura media y la presión en la entrada del o de los medidores de gases o de los instrumentos indicadores del caudal. Si el caudal preestablecido no se puede mantener durante todo el ciclo (con una desviación máxima del ± 5 %) debido a la carga elevada de partículas en el filtro, se invalidará la prueba. Esta volverá a efectuarse utilizando un caudal menor y/o un filtro de diámetro mayor.

4.5.7.4. Paro del motor durante el ciclo de prueba de arranque en frío

Si el motor se para en algún momento del ciclo de prueba de arranque en frío, se preacondicionará y se repetirá en procedimiento de enfriamiento; finalmente se arrancará de nuevo el motor y se repetirá la prueba. Si durante el ciclo de ensayo se produce un fallo en alguno de los elementos del equipo de ensayo prescrito, se invalidará el ensayo.

▼**M6**

4.5.7.5. Operaciones después del ciclo de arranque en frío

Una vez finalizado el ciclo de prueba de arranque en frío, se detendrá la medición del gasto másico de gases de escape, el volumen de los gases de escape diluidos, el caudal de gases hacia el interior de las bolsas de recogida y la bomba de toma de muestras de partículas. En el caso de un sistema de análisis por integración, la toma de muestras proseguirá hasta que hayan transcurrido los tiempos de reacción del sistema.

Las concentraciones de las bolsas de recogida, en caso de que se utilicen, se analizarán lo antes posible y, en cualquier caso, antes de que transcurran 20 minutos tras finalizar el ciclo de prueba.

Después de la prueba de emisiones, se repetirá la comprobación de los analizadores utilizando un gas de puesta a cero y el mismo gas de *span*. La prueba se considerará válida si la diferencia entre los resultados anteriores y posteriores a la prueba es inferior al 2 % del valor del gas de *span*.

Los filtros de partículas se introducirán de nuevo en la cámara de pesaje antes de que transcurra una hora tras finalizar la prueba. Se pondrán dentro de una caja de Petri, que los proteja de la contaminación por polvo y permita el intercambio de aire, durante al menos una hora y se le pesará seguidamente. Se registrará el peso bruto de los filtros.

4.5.7.6. Parada en caliente

Inmediatamente después de que el motor esté apagado, se apagarán el ventilador o los ventiladores de refrigeración del motor en caso de que se utilicen, así como el soplante del CVS (o se desconectará el sistema de escape del CVS), si se utiliza.

Déjese que la temperatura del motor se estabilice durante 20 ± 1 minutos. Prepárese el motor y el dinamómetro para la prueba de arranque en caliente. Conéctense bolsas de toma de muestras evacuadas a los sistemas de toma de muestras de gas de escape diluido y de aire de dilución. Póngase en marcha el CVS (si se utiliza o aún no está en marcha) o conecte el sistema de escape el CVS (si está desconectado). Ponga en marcha las bombas de toma de muestras (excepto la o las bombas de toma de muestras de partículas) el o los ventiladores de refrigeración del motor y el sistema de recogida de datos.

El intercambiador de calor del sistema de toma de muestras de volumen constante (en caso de utilizarse) y los componentes calentados de cualquier sistema o sistemas de toma de muestras continua (en su caso) se calentarán previamente a sus temperaturas de funcionamiento designadas antes de que la prueba empiece.

Ajústense los caudales de toma de muestras al caudal deseado y pónganse a cero los dispositivos de medición del caudal de gases del CVS. Instálese cuidadosamente un filtro de partículas limpio en cada portafiltros e instálense portafiltros montados en el conducto del caudal de muestreo.

4.5.7.7. Ciclo de arranque en caliente

En cuanto se haya determinado que el motor ha arrancado, póngase en marcha un cronómetro de «ralentí libre». Déjese que el motor funcione al ralentí libremente sin carga durante 23 ± 1 s. Iníciese el ciclo de transición del motor de forma que el primer registro del ciclo en el que el motor no esté al ralentí tenga lugar a los 23 ± 1 s. El tiempo en el que el motor funciona al ralentí libremente está incluido en los 23 ± 1 s.

▼M6

La prueba se efectuará de conformidad con el ciclo de referencia establecido en el anexo III, apéndice 4. Los valores de consigna de la velocidad de giro del motor y del mando del par se configurarán a una frecuencia de al menos 5 Hz (se recomiendan 10 Hz). Los valores de consigna se calcularán mediante interpolación lineal entre los valores de consigna de 1 Hz del ciclo de referencia. El par y la velocidad de giro de retorno del motor se registrarán al menos una vez por segundo durante el ciclo de prueba y las señales podrán filtrarse electrónicamente.

Entonces podrá repetirse el procedimiento descrito en los puntos 4.5.7.2 y 4.5.7.3 anteriores.

4.5.7.8. Paro del motor durante el ciclo de arranque en caliente

Si el motor se para en algún momento del ciclo de arranque en caliente, se podrá apagar el motor y estabilizar de nuevo su temperatura durante 20 minutos. Entonces podrá volverse a efectuar el ciclo de arranque en caliente. Solo se permite una vez volver a estabilizar la temperatura en caliente y a empezar el ciclo de arranque en caliente.

4.5.7.9. Operaciones después del ciclo de arranque en caliente

Una vez finalizado el ciclo de arranque en caliente, se detendrá la medición del gasto másico de gases de escape, el volumen de los gases de escape diluidos, el caudal de gases hacia el interior de las bolsas de recogida y la bomba de toma de muestras de partículas. En el caso de un sistema de análisis por integración, la toma de muestras proseguirá hasta que hayan transcurrido los tiempos de reacción del sistema.

Las concentraciones de las bolsas de recogida, en caso de que se utilicen, se analizarán lo antes posible y, en cualquier caso, antes de que transcurran 20 minutos tras finalizar el ciclo de prueba.

Después de la prueba de emisiones, se repetirá la comprobación de los analizadores utilizando un gas de puesta a cero y el mismo gas de *span*. La prueba se considerará válida si la diferencia entre los resultados anteriores y posteriores a la prueba es inferior al 2 % del valor del gas de *span*.

Los filtros de partículas se introducirán de nuevo en la cámara de pesaje antes de que transcurra una hora tras finalizar la prueba. Se pondrán dentro de una caja de Petri, que los proteja de la contaminación por polvo y permita el intercambio de aire, durante al menos una hora y se le pesará seguidamente. Se registrará el peso bruto de los filtros.

▼C1

4.6. **Comprobación de la realización de la prueba**

4.6.1. *Desplazamiento de datos*

A fin de minimizar la influencia que pueda ejercer el desfase temporal entre el valor de retorno y el del ciclo de referencia, la secuencia completa de la señal de retorno de par y de la velocidad de giro del motor se puede adelantar o retrasar en el tiempo con respecto a la velocidad de giro de referencia y a la secuencia de par. Si las señales de retorno se desplazan, tanto la velocidad de giro como el par tendrán que desplazarse en igual medida en la misma dirección.

▼C1

4.6.2. *Cálculo del trabajo producido durante el ciclo*

El trabajo efectivo producido durante el ciclo Wact (kWh) se calculará utilizando todos los pares de valores de retorno de la velocidad de giro y del par del motor registrados. El trabajo efectivo producido durante el ciclo Wact servirá para realizar una comparación con el trabajo de referencia producido durante el ciclo Wref y para calcular las emisiones específicas de frenado. La misma metodología se utilizará para integrar la potencia de referencia y la potencia efectiva del motor. Si es preciso determinar valores entre valores de referencia o medidos adyacentes, se empleará la interpolación lineal.

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

Wact deberá estar situado entre el – 15 y el + 5 % de Wref.

4.6.3. *Estadísticas de validación del ciclo de prueba*

Se efectuarán regresiones lineales de los valores de retorno sobre los valores de referencia para la velocidad de giro, el par y la potencia. Ello tendrá lugar después de cualquier desplazamiento de datos de retorno, en caso de que se recurra a esta opción. Se utilizará el método de los mínimos cuadrados y la ecuación ideal tendrá la forma:

$y = mx + b$

siendo:

y = valor (efectivo) de retorno de la velocidad de giro (min^{-1}), par (N.m) o potencia (kW)

m = pendiente de la línea de regresión

x = valor de referencia de la velocidad de giro (min^{-1}), par (N.m) o potencia (kW)

b = intersección de la línea de regresión «y» con el eje de ordenadas

Para cada línea de regresión se calculará el error típico de estimación (SE) de «y» en «x» y el coeficiente de determinación (r^2).

Se recomienda efectuar este análisis a una frecuencia de 1 Hertzio. Para que se considere válida una prueba, deben cumplirse los criterios del cuadro 1.

▼C1

Cuadro 1 — Tolerancias de la línea de regresión

	Velocidad de giro	Par	Potencia
Error típico de estimación (SE) de Y en X	máx. de 100 min^{-1}	máx. del 13 % del par máximo del motor del análisis gráfico de la potencia	máx. de 8 % de la potencia máxima del motor del análisis gráfico de la potencia
Pendiente de la línea de regresión, m	0,95 a 1,03	0,83 — 1,03	0,89 — 1,03
Coeficiente de determinación, r^2	mín. de 0,9700	mín. de 0,8800	mín. de 0,9100
Intersección de la línea de regresión Y con el eje de coordenadas, b	± 50 min^{-1}	± 20 N·m o ± 2 % del par máximo, el valor que sea mayor	± 4 kW o ± 2 % de la potencia máxima, el valor que sea mayor

Únicamente para fines de regresión, se autoriza la eliminación de puntos cuando así se indique en el cuadro 2 antes de efectuar el cálculo de regresión. Sin embargo, esos puntos no se eliminarán del cálculo del trabajo efectivo producido durante el ciclo y de las emisiones. Por punto de ralentí se entiende el que tiene un par de referencia normalizado de 0 % y una velocidad de giro de referencia normalizada también de 0 %. La eliminación de puntos se podrá efectuar en todo el ciclo o en cualquiera de sus partes.

Cuadro 2 — Puntos que se permite eliminar del análisis de regresión (tienen que especificarse los puntos que se eliminen)

Condición	Puntos de velocidad de giro, par y potencia que pueden eliminarse cumpliendo las condiciones enumeradas en la columna de la izquierda
Primeros 24 (± 1) segundos y los 25 segundos finales	Velocidad de giro, par y potencia
Mariposa totalmente abierta y retorno del par < 95 % del par de referencia	Par y potencia
Mariposa totalmente abierta y retorno de la velocidad de giro < 95 % de la velocidad de giro de referencia	Velocidad de giro y potencia
Mariposa cerrada, retorno de la velocidad de giro > régimen de ralentí + 50 min^{-1} y retorno del par > 105 % del par de referencia	Par y potencia
Mariposa cerrada, retorno de la velocidad de giro ≤ régimen de ralentí + 50 min^{-1} y retorno del par = par de ralentí definido o medido por el fabricante ± 2 % del par máximo	Velocidad de giro y potencia
Mariposa cerrada y retorno de la velocidad de giro > 105 % de la velocidad de giro de referencia	Velocidad de giro y potencia

▼M3
▼C1

Apéndice 1

PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y TOMA DE MUESTRAS

1. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y TOMA DE MUESTRAS (PRUEBA NRSC)

Los gases y partículas emitidos por el motor presentado para su verificación se medirán por los métodos descritos en el anexo VI. Los métodos del anexo VI describen los sistemas de análisis recomendados para las emisiones gaseosas (punto 1.1) y los sistemas de toma de muestras y dilución de partículas recomendados (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 3.7.1 del anexo III. Los instrumentos de medida del par y la velocidad de giro deberán permitir la medición de la potencia dentro de los límites señalados. Puede ser necesario efectuar cálculos adicionales. La precisión del equipo de medición 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 medición equivalente (para más detalles, véase la norma ISO 5167:2000).

Nota: La medición directa del caudal de gases 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:

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

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. *Método de medición con indicadores*

Este método consiste en la medición de la concentración de gases indicadores en los gases de escape. Se inyectará un volumen determinado de gas inerte (por ejemplo, helio puro) como indicador en el caudal de gases de escape. El gas se mezclará y diluirá en los gases de escape, pero no debe reaccionar en el tubo de escape. Se medirá entonces la concentración del gas en la muestra de gases de escape.

Con el fin de garantizar la mezcla total del gas indicador, la sonda de toma de muestras de los gases de escape se colocará al menos a 1 metro o a 30 veces el diámetro del tubo de escape, la distancia de ambas que sea mayor, en un punto posterior al de inyección del gas indicador. La sonda de toma de muestras podrá estar situada más cerca del punto de inyección si se comprueba la obtención de la mezcla total comparando la concentración del gas indicador con la concentración de referencia al inyectar el gas indicador antes del motor.

▼C1

El gasto másico del gas indicador se fijará de manera que la concentración del gas indicador con el motor al ralentí después de la mezcla sea inferior al valor máximo de la escala del analizador del gas indicador.

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

$$G_{EXHW} = \frac{G_T \times \rho_{EXH}}{60 \times \left(conc_{mix} - conc_a\right)}$$

siendo

G_{EXHW} = gasto másico instantáneo de los gases de escape (en kg/s)

G_T = caudal del gas indicador (en cm^3/min)

$conc_{mix}$ = concentración instantánea del gas indicador después de la mezcla (en ppm)

ρ_{EXH} = densidad de los gases de escape (en kg/m^3)

$conc_a$ = concentración básica del gas indicador en el aire de admisión (en ppm)

La concentración básica del gas indicador ($conc_a$) podrá determinarse promediando la concentración básica medida inmediatamente antes y después de la realización de la prueba.

Si la concentración básica es inferior a 1 % de la concentración del gas indicador después de la mezcla ($conc_{mix.}$) con un caudal máximo de gases de escape, podrá despreciarse la concentración básica.

Todo el sistema respetará las especificaciones de precisión del caudal de gases de escape y estará calibrado de acuerdo con el punto 1.11.2 del apéndice 2.

1.2.5. *Método de medición del caudal de aire y de la relación de la mezcla aire/combustible*

Este método consiste en el cálculo del gasto másico de los gases de escape en el caudal de aire y en la relación de la mezcla aire/combustible. El cálculo del gasto másico instantáneo de los gases de escape se realiza como sigue:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda}\right)$$

$$A / F_{st} = 14{,}5$$

$$\lambda = \frac{\left(100 - \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{2} - conc_{HC} \times 10^{-4}\right) + \left(0{,}45 \times \frac{1 - \frac{2 \times conc_{CO} \times 10^{-4}}{3{,}5 \times conc_{CO2}}}{1 + \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{3{,}5 \times conc_{CO2}}}\right) \times \left(conc_{CO2} + conc_{CO} \times 10^{-4}\right)}{6{,}9078 \times \left(conc_{CO2} + conc_{CO} \times 10^{-4} + conc_{HC} \times 10^{-4}\right)}$$

siendo

A/Fst = relación estoquiométrica de la mezcla aire/combustible (en kg/kg)

λ = relación relativa de la mezcla aire/combustible

▼C1

$conc_{CO2}$ = concentración seca de CO_2 (en %)

$conc_{CO}$ = concentración seca de CO (en ppm)

$conc_{HC}$ = concentración de HC (en ppm)

Nota: El cálculo se refiere a un combustible diésel con una relación H/C igual a 1,8.

El caudalímetro del aire respetará las especificaciones de precisión del cuadro 3, el analizador de CO_2 utilizado se ajustará a las especificaciones del punto 1.4.1 y todo el sistema respetará las especificaciones de precisión sobre el caudal de gases de escape.

Como alternativa, se podrá utilizar un equipo de medición de la relación de la mezcla aire/combustible como, por ejemplo, un sensor del tipo Zirconia para medir la relación relativa de la mezcla de aire/combustible con arreglo a lo especificado en el punto 1.4.4.

1.2.6. *Caudal total de gases de escape diluidos*

Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, se medirá el total del caudal de los gases de escape diluidos (G_{TOTW}) con un PDP, CFV o SSV (véase el punto 1.2.1.2 del anexo VI). La precisión se ajustará a las disposiciones del punto 2.2 del apéndice 2 del anexo III.

1.3. **Precisión**

El calibrado de todos los instrumentos de medición deberá ser conforme con las normas nacionales o internacionales pertinentes y cumplir los requisitos del cuadro 3.

Cuadro 3 — Precisión de los instrumentos de medición

Nº	Instrumento de medición	Precisión
1	Velocidad de giro del motor	± 2 % del valor medido o ± 1 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
2	Par	± 2 % del valor medido o ± 1 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
3	Consumo de combustible	± 2 % del valor máximo del motor
4	Consumo de aire	± 2 % del valor medido o ± 1 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
5	Caudal de gases de escape	± 2,5 % del valor medido o ± 1,5 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
6	Temperaturas ≤ 600 K	± 2 K absolutos
7	Temperaturas > 600 K	± 1 % del valor medido
8	Presión de los gases de escape	± 0,2 kPa absolutos
9	Presión negativa del aire de admisión	± 0,05 kPa absolutos
10	Presión atmosférica	± 0,1 kPa absolutos
11	Otras presiones	± 0,1 kPa absolutos
12	Humedad absoluta	± 5 % del valor medido
13	Caudal de aire de dilución	± 2 % del valor medido
14	Caudal de gases de escape diluidos	± 2 % del valor medido

▼C1

1.4. **Determinación de los componentes gaseosos**

1.4.1. *Características generales de los analizadores*

Los analizadores deberán tener una amplitud de medición 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 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 analizador no se desviará del punto de calibrado nominal más de un ± 2 % del valor medido o ± 0,3 % del valor máximo de la escala, debiendo tenerse en cuenta el más elevado de estos dos valores.

Nota: A los efectos de esta norma, se entenderá por precisión la desviación de la lectura del analizador de los valores nominales de calibración utilizando un gas de calibración (≡ valor real).

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 ± 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 ± 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 10 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 medición 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.

▼C1

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 VI 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 (CO_2)

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) ± 10 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 NO_2/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 328 K (55 °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).

Tanto con CLD como con HCLD, el circuito de toma de muestras se mantendrá a una temperatura de pared de 328 K a 473 K (55 a 200 °C) hasta el convertidor en el caso de la medición en seco, y hasta el analizador en el caso de la medición en fase húmeda.

1.4.4. *Medición de la mezcla aire/combustible*

El equipo de medición de la mezcla aire/combustible utilizado para determinar el caudal de gases de escape según lo dispuesto en el punto 1.2.5 será un sensor de la relación aire/combustible de gama amplia o un sensor lambda del tipo Zirconia.

El sensor se colocarán directamente en el tubo de escape en donde la temperatura de los gases de escape sea lo suficientemente elevada como para que no haya condensación de agua.

La precisión del sensor con los dispositivos electrónicos incorporados será de:

± 3 % del valor medido $\lambda < 2$

± 5 % del valor medido $2 \leq \lambda < 5$

± 10 % del valor medido $5 \leq \lambda$

Para alcanzar dicha precisión, se calibrará el sensor de acuerdo con las instrucciones del fabricante del instrumento.

▼C1

1.4.5. *Toma de muestras de emisiones gaseosas*

Las sondas de toma de muestras de emisiones gaseosas deberán colocarse como mínimo a 0,5 metros 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 las pruebas de la fase I y a continuación de tal dispositivo en las pruebas de la fase 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 VI). El CO y el CO_2 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 de las 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 del caudal 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 entre 315 K (42 °C) y 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.

Nota: En el procedimiento de estado continuo, la temperatura del filtro podrá mantenerse a una temperatura igual o inferior a la máxima de 325 K (52 ^{o}C) en lugar de respetar la gama de temperaturas 42 a 52 ^{o}C.

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 a 12 del punto 1.2.1.1 del anexo VI.

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 el 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 VI).

▼C1

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 μm del 99 % como mínimo, con una velocidad frontal de los gases comprendida entre 35 y 100 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 gases de escape diluidos se realizará con una pareja de filtros acoplados en serie (un filtro primario y uno auxiliar) 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 100 cm/s. El incremento de la caída de presión entre el comienzo y el final de la prueba no será superior a 25 kPa.

1.5.1.5. Carga de los filtros

En el cuadro siguiente se indica la carga mínima de los filtros recomendada para los tamaños más comunes de filtros. En el caso de filtros mayores, la carga mínima del filtro será de 0,065 mg/1 000 mm^2 del área del filtro.

Diámetro del filtro (mm)	Diámetro de mancha recomendado (mm)	Carga mínima recomendada (mg)
47	37	0,11
70	60	0,25
90	80	0,41
110	100	0,62

▼C1

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 ± 3 K durante el acondicionamiento y pesaje de todos los filtros. La humedad deberá mantenerse a un punto de rocío de 282,5 K (9,5 °C) ± 3 K y a una humedad relativa de 45 ± 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 10 μg, 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 2 μg y una resolución de 1 μg (1 dígito = 1 μg) especificada por el fabricante de la misma.

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 conductores de la electricidad que no reaccionen con los componentes de los gases de escape y deberán estar conectados eléctricamente a tierra para evitar efectos electrostáticos.

▼C1

2. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y TOMA DE MUESTRAS (PRUEBA NRTC)

2.1. **Introducción**

Los gases y partículas emitidos por el motor presentado para su verificación se medirán por los métodos del anexo VI. Los métodos del anexo VI describen los sistemas de análisis recomendados para las emisiones gaseosas (punto 1.1) y los sistemas de toma de muestras y dilución de partículas recomendados (punto 1.2).

2.2. **Dinamómetro y equipamiento de la celda de prueba**

En las pruebas sobre emisiones de motores en dinamómetros se empleará el equipamiento siguiente:

2.2.1. *Dinamómetro del motor*

Se utilizará un dinamómetro para motores con características adecuadas para realizar el ciclo de prueba descrito en el apéndice 4 del presente anexo. Los instrumentos de medida del par y la velocidad de giro deberán permitir la medición de la potencia dentro de los límites señalados. Puede ser necesario efectuar cálculos adicionales. La precisión del equipo de medición deberá ser tal que no se sobrepasen las tolerancias máximas de las cifras indicadas en el cuadro 3.

2.2.2. *Otros instrumentos*

Se emplearán los instrumentos que se precisen para medir el consumo de combustible, consumo de aire, temperatura del refrigerante y del lubricante, presión de los gases de escape y presión negativa del colector de admisión, temperatura de los gases de escape, temperatura de admisión de aire, presión atmosférica, humedad y temperatura del combustible. Estos instrumentos deberán cumplir los requisitos indicados en el cuadro 3:

Cuadro 3 — Precisión de los instrumentos de medición

Nº	Instrumento de medición	Precisión
1	Velocidad de giro del motor	± 2 % del valor medido o ± 1 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
2	Par	± 2 % del valor medido o ± 1 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
3	Consumo de combustible	± 2 % del valor máximo del motor
4	Consumo de aire	± 2 % del valor medido o ± 1 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
5	Caudal de gases de escape	± 2,5 % del valor medido o ± 1,5 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
6	Temperaturas ≤ 600 K	± 2 K absolutos
7	Temperaturas > 600 K	± 1 % del valor medido
8	Presión de los gases de escape	± 0,2 kPa absolutos
9	Presión negativa del aire de admisión	± 0,05 kPa absolutos
10	Presión atmosférica	± 0,1 kPa absolutos
11	Otras presiones	± 0,1 kPa absolutos

▼C1

Nº	Instrumento de medición	Precisión
12	Humedad absoluta	± 5 % del valor medido
13	Caudal de aire de dilución	± 2 % del valor medido
14	Caudal de gases de escape diluidos	± 2 % del valor medido

2.2.3. *Caudal de gases de escape*

Para calcular las emisiones de los gases de escape y controlar el sistema de dilución de flujo parcial, es necesario conocer el gasto másico de gases de escape. Para determinar el gasto másico de los gases de escape, se podrá utilizar cualquiera de los métodos descritos a continuación.

A efectos del cálculo de las emisiones, el tiempo de reacción de cualquiera de los métodos descritos a continuación será igual o inferior al tiempo de reacción exigido al analizador, de acuerdo con el punto 1.11.1 del apéndice 2.

Para controlar el sistemas de dilución de flujo parcial es necesaria una reacción más rápida. En los sistemas de dilución de flujo parcial y control en línea, el tiempo de reacción deberá ser ≤ 0,3 segundos. En los sistema de dilución de flujo parcial y control anticipado basado en la realización de una prueba pregrabada, el tiempo de reacción del sistema de medición del caudal de los gases de escape será de ≤ 5 segundos con un tiempo de subida de ≤ 1 segundos. El tiempo de reacción del sistema será especificado por el fabricante del instrumento. Los requisitos combinados sobre el tiempo de reacción del caudal de gases de escape y del sistema de dilución de flujo parcial figuran en el punto 2.4.

Método de medición directa

La medición directa del caudal instantáneo de gases de escape se realizará utilizando un sistema del tipo:

— dispositivos deprimógenos que miden, por ejemplo, mediante boquilla (véase ISO 5167:2000),

— caudalímetro ultrasónico,

— caudalímetro de remolino.

Se deberán adoptar precauciones para evitar errores de medición que afectarían a los errores en los valores de las emisiones. Entre esas precauciones se incluyen la instalación cuidadosa del dispositivo en el sistema de escape del motor de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del instrumento y los métodos técnicos adecuados. En especial, no deben verse afectadas por la instalación del dispositivo las prestaciones del motor ni las emisiones.

Los caudalímetros respetarán las especificaciones sobre precisión del cuadro 3.

Método de medición de aire y combustible

Consiste en la medición del caudal de aire y del caudal de combustible con los caudalímetros adecuados. El cálculo del caudal instantáneo de gases de escape se realiza como sigue:

$G_{EXHW} = G_{AIRW} + G_{FUEL}$ (para una masa húmeda de gases de escape)

Los caudalímetros respetarán las especificaciones sobre precisión del cuadro 3, pero serán también lo suficientemente exactos como para cumplir también los requisitos de precisión sobre el caudal de gases de escape.

▼C1

Método de medición con indicadores

Este método consiste en la medición de la concentración de gases indicadores en los gases de escape.

Se inyectará un volumen determinado de gas inerte (por ejemplo, helio puro) como indicador en el caudal de gases de escape. El gas se mezclará y diluirá en los gases de escape, pero no debe reaccionar en el tubo de escape. Se medirá entonces la concentración del gas en la muestra de gases de escape.

Con el fin de garantizar la mezcla total del gas indicador, la sonda de toma de muestras de los gases de escape se colocará al menos a 1 metro o a 30 veces el diámetro del tubo de escape, la distancia de ambas que sea mayor, en un punto posterior al de inyección del gas indicador. La sonda de toma de muestras podrá estar situada más cerca del punto de inyección si se comprueba la obtención de la mezcla total comparando la concentración del gas indicador con la concentración de referencia al inyectar el gas indicador antes del motor.

El gasto másico del gas indicador se fijará de manera que la concentración del gas indicador con el motor al ralentí después de la mezcla sea inferior al valor máximo de la escala del analizador del gas indicador.

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

$$G_{EXHW} = \frac{G_T \times \rho_{EXH}}{\left(60 \times conc_{mix} - conc_a\right)}$$

siendo

G_{EXHW} = gasto másico instantáneo de los gases de escape (en kg/s)

G_T = caudal del gas indicador (en cm^3/min)

$conc_{mix}$ = concentración instantánea del gas indicador después de la mezcla (en ppm)

ρ_{EXH} = densidad de los gases de escape (en kg/m^3)

$conc_a$ = concentración básica del gas indicador en el aire de admisión (en ppm)

La concentración básica del gas indicador ($conc_a$) podrá determinarse promediando la concentración básica medida inmediatamente antes y después de la realización de la prueba.

Si la concentración básica es inferior a 1 % de la concentración del gas indicador después de la mezcla ($conc_{mix.}$) con un caudal máximo de gases de escape, podrá despreciarse la concentración básica.

Todo el sistema respetará las especificaciones de precisión del caudal de gases de escape y estará calibrado de acuerdo con el punto 1.11.2 del apéndice 2.

▼C1

Método de medición del caudal de aire y de la relación de la mezcla aire/combustible

Consiste en el cálculo del gasto másico de los gases de escape en el caudal de aire y en la relación de la mezcla aire/combustible. El cálculo del gasto másico instantáneo de los gases de escape se realiza como sigue:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda}\right)$$

$$\lambda = \frac{\left(100 - \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{2} - conc_{HC} \times 10^{-4}\right) + \left(0{,}45 \times \frac{1 - \frac{2 \times conc_{CO} \times 10^{-4}}{3{,}5 \times conc_{CO2}}}{1 + \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{3{,}5 \times conc_{CO2}}}\right) \times \left(conc_{CO2} + conc_{CO} \times 10^{-4}\right)}{6{,}9078 \times \left(conc_{CO2} + conc_{CO} \times 10^{-4} + conc_{HC} \times 10^{-4}\right)}$$

siendo

A/Fst = relación estoquiométrica de la mezcla aire/combustible (en kg/kg)

λ = relación relativa de la mezcla aire/combustible

$conc_{CO2}$ = concentración seca de CO_2 (en %)

$conc_{CO}$ = concentración seca de CO (en ppm)

$conc_{HC}$ = concentración de HC (en ppm)

Nota: El cálculo se refiere a un combustible diésel con una relación H/C igual a 1,8.

El caudalímetro de aire respetará las especificaciones de precisión del cuadro 3, el analizador de CO_2 utilizado se ajustará a las especificaciones del punto 2.3.1 y todo el sistema respetará las especificaciones de precisión sobre el caudal de gases de escape.

Como alternativa, se podrá utilizar un equipo de medición de la relación de la mezcla aire/combustible como, por ejemplo, un sensor del tipo Zirconia para medir la relación de aire sobrante con arreglo a lo especificado en el punto 2.3.4.

2.2.4. *Caudal de gases de escape diluidos*

Para calcular las emisiones en los gases de escape sin diluir, es preciso conocer el gasto másico de gases de escape diluidos. El caudal total de gases de escape diluidos durante el ciclo (kg/prueba) se calculará a partir de los valores medidos a lo largo del ciclo y de los correspondientes datos de calibrado del caudalímetro (V_0 para PDP, K_V para CFV y C_d para SSV) mediante los métodos correspondientes descritos en el punto 2.2.1 del apéndice 3. Si la masa total de la muestra de partículas y gases contaminantes supera el 0,5 % del caudal total de CVS, el caudal de CVS se corregirá o bien el caudal de toma de muestras de partículas se dirigirá de nuevo al CVS antes de pasar por el caudalímetro.

▼C1

2.3. **Determinación de los componentes gaseosos**

2.3.1. *Características generales de los analizadores*

Los analizadores deberán tener una amplitud de medición 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 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.

2.3.1.1. Error de medición

El analizador no se desviará del punto de calibrado nominal más de un ± 2 % del valor medido o ± 0,3 % del valor máximo de la escala, debiendo tenerse en cuenta el más elevado de estos dos valores.

Nota: A los efectos de esta norma, se entenderá por precisión la desviación de la lectura del analizador de los valores nominales de calibración utilizando un gas de calibración (≡ valor real).

2.3.1.2. Repetibilidad

La repetibilidad, definida como 2,5 veces la desviación típica de diez respuestas repetitivas a un determinado gas de calibración o de *span*, no deberá ser superior a ± 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 ± 2 % para cada campo de medida utilizado por debajo de 155 ppm (o ppm C).

2.3.1.3. Ruido

La respuesta pico a pico del analizador a los gases de cero y calibración o *span* en cualquier período de 10 segundos no deberá sobrepasar el 2 % del valor máximo de la escala en todos los campos de medida utilizados.

2.3.1.4. 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.

2.3.1.5. 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 medición 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.

2.3.1.6. Tiempo de subida

En el análisis de los gases de escape no diluidos, el tiempo de subida del analizador instalado en el sistema de medición no será superior a 2,5 segundos.

▼C1

Nota: Sólo mediante la evaluación del tiempo de reacción del analizador no se establece claramente la adecuación de todo el sistema a la realización de pruebas transitorias. Los volúmenes, en especial los volúmenes muertos, del sistema no solo afectarán al tiempo de transporte de la sonda al analizador, sino también al tiempo de subida. Se definirán también los tiempos de transporte dentro del analizador en tiempo de reacción del analizador, como el convertidor o las trampas de agua dentro de los analizadores de NO_x. La determinación del tiempo total de reacción del sistema se describe en el punto 1.11.1 del apéndice 2.

2.3.2. *Secado de los gases*

Son de aplicación las mismas especificaciones que para el ciclo de prueba NRSC (punto 1.4.2) de la manera que se indica a continuación.

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.

2.3.3. *Analizadores*

Son de aplicación las mismas especificaciones que para el ciclo de prueba NRSC (punto 1.4.3) de la manera que se indica a continuación.

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.

2.3.3.1. Análisis de monóxido de carbono (CO)

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

2.3.3.2. Análisis de dióxido de carbono (CO_2)

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

2.3.3.3. 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) ± 10 K.

2.3.3.4. 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 NO_2/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 328 K (55 °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).

Tanto con CLD como con HCLD, el circuito de toma de muestras se mantendrá a una temperatura de pared de 328 K a 473 K (55 a 200 °C) hasta el convertidor en el caso de la medición en seco, y hasta el analizador en el caso de la medición en fase húmeda.

2.3.4. *Medición de la mezcla aire/combustible*

El equipo de medición de la mezcla aire/combustible utilizado para determinar el caudal de gases de escape según lo dispuesto en el punto 2.2.3 será un sensor de la relación aire/combustible de gama amplia o un sensor lambda del tipo Zirconia.

▼C1

El sensor se colocará directamente en el tubo de escape en donde la temperatura de los gases de escape sea lo suficientemente elevada como para que no haya condensación de agua.

La precisión del sensor con los dispositivos electrónicos incorporados será de:

± 3 % del valor medido $\lambda < 2$

± 5 % del valor medido $2 \leq \lambda < 5$

0 % del valor medido $5 \leq \lambda$

Para alcanzar dicha precisión, se calibrará el sensor de acuerdo con las instrucciones del fabricante del instrumento.

2.3.5. *Toma de muestras de las emisiones de gases*

2.3.5.1. Caudal de gases de escape sin diluir

Para calcular las emisiones en los gases de escape sin diluir, se aplicarán las mismas especificaciones que al ciclo de prueba NRSC (punto 1.4.4) de la manera que se indica a continuación.

Las sondas de toma de muestras de emisiones gaseosas deberán colocarse como mínimo a 0,5 metros 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 las pruebas de la fase I y a continuación de tal dispositivo en las pruebas de la fase II.

2.3.5.2. Caudal de gases de escape diluidos

Si se utiliza un sistema de dilución sin restricción del caudal, se respetarán las especificaciones siguientes:

El tubo de escape situado entre el motor y el sistema de dilución de flujo total deberá ser conforme a los requisitos del anexo VI.

La o las sondas de toma de muestras para emisiones de gases se instalarán en el túnel de dilución, en un punto donde el aire de dilución y los gases de escape se mezclen perfectamente y cerca de la sonda de toma de muestras de partículas.

Por regla general, la toma de muestras puede efectuarse de dos maneras:

— los contaminantes se recogen en una bolsa de toma de muestras durante el ciclo y se miden tras finalizar la prueba,

— los contaminantes se muestrean continuamente y se integran a lo largo del ciclo; este método es obligatorio para los HC y NO_x.

▼C1

La toma de muestras de las concentraciones básicas se efectuará en un punto anterior al túnel de dilución utilizando una bolsa de toma de muestras y se restarán de la concentración de emisiones de acuerdo con el punto 2.2.3 del apéndice 3.

2.4. **Determinación de las 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 del caudal 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 entre 315 K (42 °C) y 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.

La sonda de toma de muestras de partículas se instalará a muy poca distancia de la sonda de toma de muestras de las emisiones de gases y la instalación será conforme a lo dispuesto en el punto 2.3.5.

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.

Características del sistema de dilución de flujo parcial

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 el 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 VI).

Para controlar el sistema de dilución de flujo parcial es necesario un sistema que reaccione más rápido. El tiempo de transformación del sistema se determinará mediante el procedimiento descrito en el punto 1.11.1 del apéndice 2.

Si el tiempo combinado de transformación de la medición del caudal de escape (véase el punto anterior) y el sistema de dilución de flujo parcial es inferior a 0,3 segundos, se podrá utilizar el control en línea. Si el tiempo de transformación es superior a 0,3 segundos, se utilizará un control anticipado basado en la realización de una prueba pregrabada. En este caso, el tiempo de subida será $\leq$ 1 segundo y el tiempo de retraso de la combinación $\leq$ 10 segundos.

La reacción de todo el sistema estará diseñada de manera que se obtenga una muestra representativa de las partículas, $G_{SE,}$ proporcional al gasto másico de escape. Para determinar la proporcionalidad, se realizará un análisis de regresión de G_{SE} en relación con G_{EXHW} a un ritmo mínimo de adquisición de datos de 5 Hz cumpliendo los criterios siguientes:

— el coeficiente de correlación r^2 de la regresión lineal entre G_{SE} y G_{EXHW} no será inferior a 0,95,

— el error típico de cálculo de G_{SE} en G_{EXHW} no será superior al 5 % del G_{SE} máximo,

— la intersección G_{SE} de la línea de regresión no será superior a ± 2 % del G_{SE} máximo.

▼C1

Si se quiere, se podrá realizar una prueba previa y utilizarse la señal del gasto másico de escape para controlar el caudal de la muestra en el sistema de partículas (control previo). Ese procedimiento será obligatorio si el tiempo de transformación del sistema de partículas $t_{50,P}$ o el tiempo de transformación de la señal del gasto másico de escape $t_{50,F}$ son > 0,3 segundos. Se consigue un control correcto del sistema de dilución de flujo parcial si la marca temporal de $G_{EXHW,pre}$ de la prueba previa, que controla G_{SE}, es desplazada un tiempo anticipado de $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Para establecer la correlación entre G_{SE} y G_{EXH}, se utilizarán los datos registrados durante la prueba real, con el tiempo G_{EXHW} alineado por $t_{50,F}$ referido a G_{SE} (ninguna contribución de $t_{50,P}$ a la alineación del tiempo). Es decir, el desplazamiento temporal entre G_{EXHW} y G_{SE} es la diferencia entre sus tiempos de transformación que se determinaron en el punto 2.6 del apéndice 2.

En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial, tiene especial importancia la exactitud del caudal de la muestra G_{SE} si no se mide directamente y se determina mediante la medición de la diferencia de caudales:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

En este caso no basta una precisión de ± 2 % para G_{TOTW} y G_{DILW} para garantizar una precisión de G_{SE} admisible. 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_{SE} esté dentro de la tolerancia de ± 5 % cuando la relación de dilución sea inferior a 15. Puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

Para obtener una precisión de G_{SE} admisible, se puede utilizar cualquiera de los métodos siguientes:

a) la precisión absoluta de G_{TOTW} y G_{DILW} es ± 0,2 %, lo que garantizar una precisión de G_{SE} de ≤ 5 % con una relación de dilución de 15. Sin embargo, se producirán errores mayores si la relación de dilución es superior;

b) el calibrado de G_{DILW} en relación con G_{TOTW} se realiza de manera que se obtenga la misma exactitud que en a) para G_{SE}. Véanse los detalles de esta calibración en el punto 2.6 del apéndice 2;

c) la precisión de G_{SE} se determina indirectamente a partir de la precisión de la relación de dilución determinada por un gas indicador, por ejemplo: CO_2. Es necesaria de nuevo una precisión equivalente a la del método a) para G_{SE};

d) la precisión absoluta de G_{TOTW} y G_{DILW} no supera ± 2 % del valor máximo de la escala, el error máximo de la diferencia entre G_{TOTW} y G_{DILW} no supera 0,2 % y el error de linearidad no es superior a ± 0,2 % del G_{TOTW} más elevado registrado durante la prueba.

2.4.1. *Filtros de toma de muestras de partículas*

2.4.1.1. 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 μm del 99 % como mínimo, con una velocidad frontal de los gases comprendida entre 35 y 100 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.

▼C1

2.4.1.2. 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 2.4.1.5).

2.4.1.3. Filtros primarios y auxiliares

La toma de muestras de gases de escape diluidos se realizará con una pareja de filtros acoplados en serie (un filtro primario y uno auxiliar) durante la secuencia de prueba. El filtro auxiliar 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.

2.4.1.4. Velocidad frontal en el filtro

Se deberá conseguir una velocidad frontal de paso de los gases por el filtro de 35 a 100 cm/s. El incremento de la caída de presión entre el comienzo y el final de la prueba no será superior a 25 kPa.

2.4.1.5. Carga de los filtros

En el cuadro siguiente se indica la carga mínima de los filtros recomendada para los tamaños más comunes de filtros. En el caso de filtros mayores, la carga mínima del filtro será de 0,065 mg/1 000 mm^2 del área del filtro.

Diámetro del filtro (mm)	Diámetro de mancha recomendado (mm)	Carga mínima recomendada (mg)
47	37	0,11
70	60	0,25
90	80	0,41
110	100	0,62

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

2.4.2.1. 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 ± 3 K durante el acondicionamiento y pesaje de todos los filtros. La humedad deberá mantenerse a un punto de rocío de 282,5 K (9,5 °C) con una tolerancia de ± 3 K y a una humedad relativa de 45 ± 8 %.

2.4.2.2. 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 2.4.2.1 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.

▼C1

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 10 μg, 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 2.4.2.1 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.

2.4.2.3. Balanza analítica

La balanza analítica utilizada para determinar los pesos de todos los filtros deberá tener una precisión (desviación típica) de 2 μg y una resolución de 1 μg (1 dígito = 1 μg) especificada por el fabricante de la misma.

2.4.2.4. 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.

2.4.3. *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 conductores de la electricidad que no reaccionen con los componentes de los gases de escape y deberán estar conectados eléctricamente a tierra para evitar efectos electrostáticos.

▼M3
▼C1

Apéndice 2

PROCEDIMIENTO DE CALIBRADO [NRSC Y NRTC ([1])]

▼B

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 CO_2, ≤ 0,1 ppm NO);

— oxígeno purificado

(pureza > 99,5 vol O_2);

— mezcla de hidrógeno y helio

(40 ± 2 % de hidrógeno, resto helio)

(contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm ►**M1** CO_2 ◄);

— aire sintético purificado

(contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2, ≤ 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:

— C_3H_8 y aire sintético purificado (punto 1.2.1),

— CO y nitrógeno purificado,

— NO y nitrógeno purificado (la cantidad de NO_2 contenida en este gas de calibración no deberá sobrepasar el 5 % del contenido de NO),

— O_2 y nitrógeno purificado,

— CO_2 y nitrógeno purificado,

— CH_4 y aire sintético purificado,

— C_2H_6 y aire sintético purificado.

([1]) El procedimiento de calibrado es el mismo para las pruebas NRSC y NRTC, excepto en lo que se refiere a los requisitos especificados en los puntos 1.11 y 2.6.

▼B

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 relacion 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 N_2 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 %.

▼M3
▼C1

Esta precisión implica el conocimiento de que los gases primarios utilizados en la mezcla tienen una precisión mínima de ± 1 % de acuerdo con las normas nacionales e internacionales sobre gases. La verificación se realizará a un valor entre el 15 y el 50 % del valor máximo de la escala para cada calibración que incorpore un mezclador. Se podrá efectuar una verificación adicional utilizando otro gas de calibrado si la primera verificación ha fallado.

Como alternativa, el mezclador puede comprobarse con un instrumento que sea lineal por naturaleza, por ejemplo, que utilice gas NO con un CLD. El valor de *span* del instrumento se ajustará con el gas de *span* directamente conectado al mismo. El mezclador se comprobará en los valores utilizados y el valor nominal se comparará con la concentración medida del instrumento. La diferencia en cada punto será del orden de ± 1 % del valor nominal.

Se podrán utilizar otros métodos basados en los métodos técnicos adecuados con el consentimiento previo de todos los interesados.

Nota: Se recomienda un divisor de gases cuya precisión sea de ± 1 % para establecer la curva exacta de calibración del analizador. El divisor de gases será calibrado por el fabricante del instrumento.

▼B

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.

▼B

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, CO_2, NO_x, HC y O_2 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

►M3 ►C1 La curva de calibración del analizador se determina con seis puntos de calibración como mínimo (excluyendo el cero) espaciados lo más uniformemente posible. ◄ ◄ 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.

▼M3
▼C1

La curva de calibración no deberá diferir en más de ± 2 % del valor nominal de cada punto de calibración ni en más de ± 0,3 % del valor máximo de la escala a cero.

▼B

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.

▼M3
▼C1

La curva de calibración no deberá diferir en más de ± 4 % del valor nominal de cada punto de calibración ni en más de ± 0,3 % del valor máximo de la escala a cero.

▼B

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 ± 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**

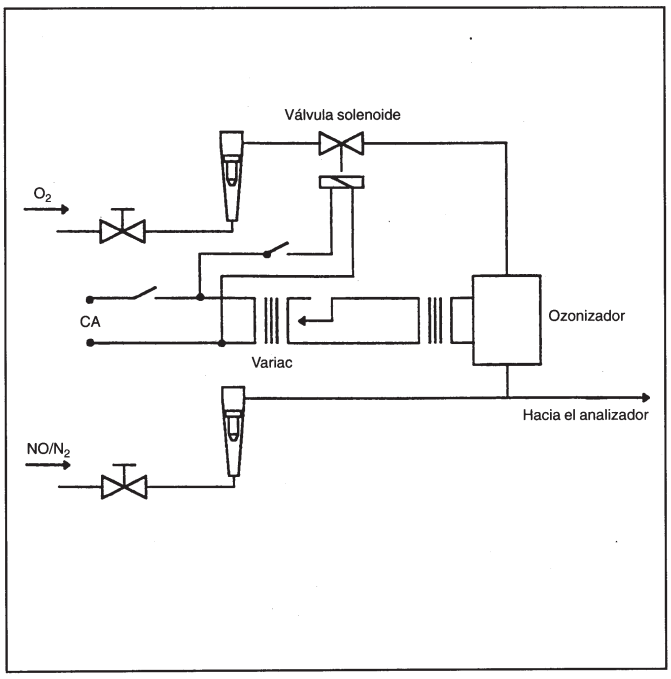
El rendimiento del convertidor utilizado para la conversión de NO_2 en NO se comprobará como se indica en los puntos 1.7.1 a 1.7.8 (figura 1).

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



▼B

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, NO_2, O_2 y N_2) 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).

▼B

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 cuadal 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 ± 2 % en relación con un patrón gravimétrico expresado en volumen. Asimismo, la botella de gas deberá preacondicionarse durante 24 horas a una temperatura de 298 ^{o}CK (25 ^{o}C) ± 5 ^{o}CK.

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*

▼M3
▼C1

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

▼C1

Se escogerá un campo de medida en el que los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno se sitúen en el 50 % superior. La prueba se realizará con el horno a la temperatura necesaria.

1.8.3.1. Gases de interferencia de oxígeno

Los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno contendrán propano con 350 ppmC ÷ 75 ppmC de hidrocarburos. El valor de concentración se determinará con arreglo a las tolerancias del gas de calibración mediante un análisis cromatográfico de los hidrocarburos totales más impurezas o mediante una mezcla dinámica. El nitrógeno será el diluyente predominante, siendo el resto oxígeno. Las mezclas exigidas en las pruebas de los motores diésel son las siguientes:

Concentración de O_2	Balanza
21 (20 a 22)	Nitrógeno
10 (9 a 11)	Nitrógeno
5 (4 a 6)	Nitrógeno

1.8.3.2. Procedimiento

a) Se pondrá el analizador a cero.

b) Se comprobará el analizador con gas de *span* y la mezcla de 21 % de oxígeno.

c) Se volverá a comprobar la respuesta de cero. Si ha cambiado más de un 0,5 % del valor máximo de la escala, se repetirán los ajustes de las letras a) y b).

d) Se introducirán los gases de comprobación de interferencia de oxígeno al 5 y al 10 %.

e) Se volverá a comprobar la respuesta de cero. Si ha cambiado más de un ± 1 % del valor máximo de la escala, se repetirá la prueba.

f) Se calculará la interferencia de oxígeno (% O_2I) para cada mezcla de la letra d) de la manera siguiente:

$$O_2 I = \frac{(B - C)}{B} \times 100$$

A = concentración de hidrocarburos (ppmC) del gas de *span* utilizado en la letra b)

B = concentración de hidrocarburos (ppmC) de los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno utilizados en la letra d) del presente punto

C = respuesta del analizador

$$(ppmC) = \frac{A}{D}$$

D = porcentaje de la respuesta del analizador en la escala máxima debido a A

g) El porcentaje de interferencia de oxígeno (% O_2I) será inferior al ± 3,0 % en todos los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno requeridos antes de la prueba.

▼C1

h) Si la interferencia de oxígeno es superior a un ± 3,0 %, el caudal de aire por encima y por debajo de las prescripciones del fabricante se ajustará de modo incremental, repitiendo el punto 1.8.1 para cada caudal.

i) Si la interferencia de oxígeno es superior a ± 3,0 %, después de ajustar el caudal de aire, deberá variarse el caudal de combustible y después el caudal de la muestra, repitiendo la optimización del punto 1.8.1 para cada nuevo ajuste.

j) Si la interferencia de oxígeno sigue siendo superior a ± 3,0 %, se reparará o reemplazará el analizador, el combustible FID o el aire del quemador antes de la prueba. Después se repetirá esta operación tras reparar o sustituir el equipo o los gases.

▼B

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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2

Se hará pasar por el analizador NDIR un gas de «span» de CO_2 con una concentración del 80 al 100 % del valor máximo de la escala correspondiente al máximo campo operativo y se registrará el valor de CO_2 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 CO_2 y de NO como B y C respectivamente. Después se cortará el CO_2 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 CO_2 no diluido medida con NDIR en %

▼B

B = concentración de CO_2 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

▼M1

1.9.2.2. Comprobación de la amortiguación por agua

▼M3
▼C1

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 determinará la temperatura del agua y se registrará como F. Se determinará la presión de vapor de saturación de la mezcla correspondiente a la temperatura (F) del agua de la cuba de borboteo y se registrará como G. La concentración de vapor de agua (en %) de la mezcla se calculará como sigue:

▼M1

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

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

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

▼M3
▼C1

y se registrará como De. Para el escape diésel se efectuará un cálculo estimado de la máxima concentración (en %) de vapor de agua en el escape esperada en la prueba, a partir de la máxima concentración de CO_2 en el escape o de la concentración del gas de *span* de CO_2 no diluido (valor A medido de acuerdo con el punto 1.9.2.1), suponiendo una relación atómica H/C de 1,8 a 1, utilizando la fórmula siguiente:

▼M1

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

y se registrará como Hm.

La amortiguación por agua se calculará de la manera siguiente:

$$\%\ \text{amortiguación}\ H_2O = 100 \times \left(\frac{De - C}{De} \right) \times \left(\frac{Hm}{H} \right)$$

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)

▼M1

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 NO_2, dado que la absorción de NO_2 en agua no se ha tenido en cuenta en los cálculos de amortiguación.

▼B

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.

▼M3
▼C1

1.11. **Requisitos adicionales de calibración para las mediciones de gases de escape sin diluir en las pruebas NRTC**

1.11.1. *Comprobación del tiempo de reacción del sistema analítico*

Los ajustes del sistema para evaluar el tiempo de reacción serán exactamente los mismos que durante la medición de la realización de la prueba (es decir, presión, caudal, ajustes del filtro de los analizadores y todas las demás influencias sobre el tiempo de reacción). La determinación del tiempo de reacción se efectuará cambiando el gas directamente en la entrada de la sonda de toma de muestras. El cambio de gas se realizará en menos de 0,1 segundos. Los gases utilizados en la prueba darán lugar a un cambio de la concentración del 60 % del FS como mínimo.

Se registrará la indicación de concentración de cada uno de los componentes del gas. Por tiempo de respuesta se entenderá la diferencia temporal entre el cambio de gas y el cambio adecuado de la concentración registrada. El tiempo de reacción del sistema (t_{90}) consiste en el tiempo de retraso del detector de medición y el tiempo de subida del detector. Por tiempo de retraso se entiende el tiempo desde el cambio (t_0) hasta que la reacción sea el 10 % de la lectura final (t_{10}). Por tiempo de subida se entiende el tiempo entre la reacción al 10 % y al 90 % del valor final medido ($t_{90} — t_{10}$).

Para el alineamiento temporal del analizador y las señales del caudal de escape en el caso de la medición sin dilución, se entenderá por tiempo de transformación el tiempo desde el cambio (t_0) hasta que la reacción es el 50 % del valor final medido (t_{50}).

El tiempo de reacción del sistema será ≤ 10 segundos, con un tiempo de subida ≤ 2,5 segundos para todos los componentes limitados (CO, NO_x, HC) y todos los campos de medida utilizados.

1.11.2. *Calibración del analizador de gas indicador para la medición del caudal de escape*

La calibración del analizador con el que se mide la concentración del gas indicador, en caso de que se use uno, se realizará con el gas patrón.

La curva de calibración se determinará en al menos 10 puntos de calibración (excepto el cero) espaciados de modo que la mitad de los puntos de calibración queden situados entre el 4 y el 20 % del valor máximo de la escala del analizador y el resto entre el 20 y el 100 % del valor máximo de dicha escala. La curva de calibración se calcula por el método de los mínimos cuadrados.

La curva de calibración no deberá diferir en más de ± 1 % del valor máximo de la escala a partir del valor nominal de cada punto de calibración, en la gama del 20 al 100 % del valor máximo de la escala. Tampoco debe diferir más de ± 2 % del valor nominal en la gama del 4 al 20 % del valor máximo de la escala.

▼C1

El analizador se ajustará a cero y se comprobará con gas de *span* antes de realizar la prueba, utilizando un gas de cero y un gas de *span* cuyo valor nominal sea superior al 80 % del valor máximo de la escala del analizador.

▼B

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**

▼M3
▼C1

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

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

En el caso de los sistemas de dilución de flujo parcial, tiene especial importancia la exactitud del caudal de la muestra G_{SE} si no se mide directamente y se determina mediante la medición de la diferencia de caudales:

$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$

En este caso no basta una precisión de ± 2 % para G_{TOTW} y G_{DILW} para garantizar una precisión de G_{SE} admisible. 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_{SE} esté dentro de la tolerancia de ± 5 % cuando la relación de dilución sea inferior a 15. Puede calcularse tomando la media cuadrática de los errores de cada instrumento.

▼B

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 ± 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.

▼M3
▼C1

2.6. **Requisitos adicionales de calibración para los sistemas de dilución de flujo parcial**

2.6.1 *Calibrado periódico*

Se el caudal del gas de muestra se determina mediante la medición de las diferencias de caudal, se calibrará el caudalímetro o los instrumentos de medición del caudal mediante uno de los procedimientos siguientes, de manera que el caudal de la sonda G_{SE} en el túnel respete los requisitos de precisión del punto 2.4 del apéndice I:

▼C1

El caudalímetro de G_{DILW} está conectado en serie al caudalímetro de G_{TOTW}, estando calibrada la diferencia entre ambos caudalímetros en al menos 5 puntos de ajuste con valores de caudal equidistantes entre el valor G_{DILW} más bajo utilizado durante la prueba y el valor de G_{TOTW} utilizado durante la prueba. Se podrá circunvalar el túnel de dilución.

Se conectará en serie un dispositivo calibrado del gasto másico al caudalímetro de G_{TOTW} y se verificará su precisión para el valor utilizado en la prueba. Seguidamente se conectará en serie el dispositivo calibrado de gasto másico al caudalímetro de G_{DILW} y se comprobará su precisión en al menos 5 ajustes correspondientes a una relación de dilución de entre 3 y 50 en relación con el G_{TOTW} utilizado durante la prueba.

Se desconectará del escape el tubo de transferencia TT y se conectará un dispositivo calibrado de medición del caudal con un campo adecuado para medir G_{SE}. Después se ajustará G_{TOTW} al valor utilizado durante la prueba y se ajustará consecutivamente G_{DILW} a por lo menos 5 valores correspondientes a las relaciones de dilución «q» entre 3 y 50. Como alternativa, se podrá aportar un recorrido especial de calibración del caudal que circunvale el túnel, pero en el que el aire total y el diluido pasen a través de los medidores correspondientes como en la prueba actual.

Se introducirá un gas marcador en el tubo de transferencia TT. Este gas marcador podrá ser uno de los componentes de los gases de escape como, por ejemplo, CO_2 o NO_x. Se medirá el componente del gas marcador después de la dilución en el túnel. Esta operación se realizará para los 5 índices de dilución entre 3 y 50. La precisión del caudal de la muestra se determina a partir de la relación de dilución q:

$$G_{SE} = G_{TOTW}/q$$

La precisión de los analizadores de gas se tendrá en cuenta para garantizar la precisión de G_{SE}.

2.6.2. *Comprobación del caudal de carbono*

Se recomienda encarecidamente una comprobación del caudal de carbono utilizando gases de escape reales para detectar problemas de medición y control y verificar el buen funcionamiento del sistema de dilución de flujo parcial. La comprobación del caudal de carbono se efectuará por lo menos cada vez que se instale un motor nuevo o se cambie algo significativo de la configuración de la celda de prueba.

El motor funcionará a la carga y velocidad de giro del par máximas o en cualquier modalidad de estado continuo que genere al menos un 5 % de CO_2. El sistema de toma de muestras de flujo parcial funcionará con un factor de dilución de aproximadamente 15 a 1.

2.6.3. *Comprobación previa a la prueba*

Se realizará una comprobación previa a la prueba dos horas antes de la realización de la misma como sigue:

La precisión de los caudalímetros se verificará con el mismo método utilizado para el calibrado en al menos dos puntos, incluidos los valores del caudal de G_{DILW} que corresponden a los índices de dilución entre 5 y 15 para el valor de G_{TOTW} utilizado durante la prueba.

Si se puede demostrar mediante el registro del procedimiento de calibrado descrito anteriormente que el calibrado del caudalímetro es estable durante un período de tiempo más largo, podrá omitirse la comprobación previa a la prueba.

▼C1

2.6.4. *Determinación del tiempo de transformación*

Los ajustes del sistema para la evaluación del tiempo de transformación serán exactamente los mismos que durante la medición de la realización de la prueba. El tiempo de transformación se determinará mediante el método siguiente:

Se conectará en serie a la sonda y estrechamente asociado a esta un caudalímetro de referencia independiente con un campo de medición apropiado al caudal de la sonda. El caudalímetro tendrá un tiempo de transformación inferior a 100 ms para el volumen de caudal utilizado para medir el tiempo de reacción, con una restricción del caudal lo suficientemente baja como para no afectar a las prestaciones dinámicas del sistema de dilución de flujo parcial y conforme con los métodos técnicos apropiados.

Se efectuará un cambio escalonado del caudal de escape (o del aire de escape si se calcula el caudal de escape) que entra en el sistema de dilución de flujo parcial partiendo de un caudal bajo hasta llegar, al menos, al 90 % del valor máximo de la escala. El accionador del cambio escalonado será el mismo que el utilizado para poner en marcha el control anticipado en las pruebas reales. Se registrarán el estímulo escalonado del caudal de escape y la reacción del caudalímetro a un ritmo de toma de muestras de al menos 10 Hz.

A partir de esos datos, se determinará el tiempo de transformación del sistema de dilución de flujo parcial, que será el tiempo desde el principio del estímulo del escalón hasta el punto del 50 % de la reacción del caudalímetro. De manera similar, se determinará el tiempo de transformación de la señal G_{SE} del sistema de dilución de flujo parcial y de la señal G_{EXHW} del caudalímetro de escape. Estas señales se utilizan en las comprobaciones de regresión realizadas después de cada prueba (punto 2.4 del apéndice I).

Se repetirá el cálculo por lo menos 5 veces con estímulos de subida y caída y se calculará la media de los resultados. Se restará de este valor el tiempo de transformación interno (<100 ms) del caudalímetro de referencia. Este es el valor de anticipación del sistema de dilución de flujo parcial que se aplicará de acuerdo con el punto 2.4 del apéndice I.

3. CALIBRADO DEL SISTEMA CVS

3.1. **Generalidades**

Se calibrará el sistema CVS utilizando un caudalímetro preciso y los medios para modificar las condiciones de funcionamiento.

Se medirá el caudal que circula por el sistema en distintas condiciones de funcionamiento. Asimismo, los parámetros de control del sistema se medirán y se relacionarán con el caudal.

Pueden utilizarse distintos tipos de caudalímetros, por ejemplo, un tubo Venturi calibrado, un caudalímetro laminar calibrado o un turbinímetro calibrado.

3.2. **Calibrado de la bomba volumétrica (PDP)**

Todos los parámetros relacionados con la bomba se medirán al mismo tiempo que los parámetros relacionados con el Venturi de calibración que está conectado en serie con la bomba. El caudal calculado (en m^3/min en la entrada de la bomba, para una presión y temperatura absolutas) se representará gráficamente en relación con una función correlacional que represente el valor de una combinación específica de parámetros de la bomba. A continuación se determinará la ecuación lineal que relaciona el caudal de la bomba y la función correlacional. Si un sistema CVS posee un accionamiento de varias velocidades, se efectuará el calibrado para cada uno de los campos utilizados.

La temperatura se mantendrá estable durante el calibrado.

▼C1

Las fugas en las conexiones y los conductos entre el Venturi de calibrado y la bomba CVS serán inferiores al 0,3 % del punto de caudal más bajo (reducción más elevada y punto de velocidad de giro PDP más bajo).

3.2.1. *Análisis de los datos*

El caudal de aire (Q_s) para cada posición del limitador (mínimo 6 posiciones) se calculará en m^3 normalizados/min a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. A continuación se convertirá el caudal de aire a caudal de la bomba (V_0) en m^3/rev a una temperatura y presión absolutas en la entrada de la bomba, de la manera siguiente:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101.3}{p_A}$$

siendo

Q_s = caudal de aire en condiciones normales (101,3 kPa, 273 K) (en m^3/s)

T = temperatura en la entrada de la bomba (en K)

p_A = presión absoluta en la entrada de la bomba ($p_B - p_1$) (en kPa)

n = velocidad de la bomba (en rev/s).

Para tener en cuenta la interacción de las variaciones de presión en la bomba y la pérdida de la bomba, se calculará la función correlacional (X_0) entre la velocidad de la bomba, la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba y la presión absoluta en la salida de la bomba, de la manera siguiente:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_A}}$$

siendo

Δp_p = diferencia de presión entre la entrada y la salida de la bomba (en kPa)

p_A = presión absoluta en la salida de la bomba (en kPa).

Se realizará un ajuste lineal por el método de los mínimos cuadrados a fin de generar la ecuación de calibrado, como sigue:

$$V_0 = D_0 - m \times (X_0)$$

D_0 y «m» son las constantes de intersección y de pendiente, respectivamente, que describen las líneas de regresión.

Para un sistema CVS que disponga de varias velocidades, las curvas de calibrado generadas para los distintos caudales de la bomba serán aproximadamente paralelas y los valores de intersección (D_0) aumentarán de manera inversamente proporcional al caudal de la bomba.

Los valores calculados con la ecuación presentarán una diferencia máxima de ± 0,5 % respecto al valor de V_0 medido. Los valores de «m» variarán de una bomba a otra. El flujo de partículas acabará por provocar un descenso de la pérdida de la bomba, que se refleja en que los valores de «m» son menores. Así pues, el calibrado tendrá lugar a la puesta en servicio de la bomba, después de una reparación importante, y si la verificación total del sistema (punto 3.5) indica que se ha producido una variación de la pérdida.

▼C1

3.3. **Calibrado del tubo Venturi de caudal crítico (CFV)**

El calibrado del CFV se basa en la ecuación de caudal para un Venturi crítico. El caudal de gas es una función de la presión y la temperatura de entrada, como se indica a continuación:

$$Q_s = \frac{K_v \times p_A}{\sqrt{T}}$$

siendo

K_v = coeficiente de calibrado

p_A = presión absoluta en la entrada del Venturi (en kPa)

T = temperatura en la entrada del Venturi (en K).

3.3.1. *Análisis de los datos*

El caudal de aire (Q_s) para cada posición del limitador (mínimo 8 posiciones) se calculará en m^3 normalizados/min a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de calibrado se calculará a partir de los datos de calibrado para cada posición, de la manera siguiente:

$$K_v = \frac{Q_S \times \sqrt{T}}{p_A}$$

siendo

Q_s = caudal de aire en condiciones normales (101,3 kPa, 273 K) (en m^3/s)

T = temperatura en la entrada del Venturi (en K)

p_A = presión absoluta en la entrada del Venturi (en kPa)

Para determinar la gama del caudal crítico, K_v se representará gráficamente como una función de la presión en la entrada del Venturi. Para el caudal crítico (de estrangulación), K_v tendrá un valor relativamente constante. A medida que disminuye la presión (aumenta el vacío), el Venturi queda menos estrangulado y K_v disminuye, lo que indica que el CFV funciona fuera del margen admisible.

Para un mínimo de ocho puntos en la región del caudal crítico, se calculará el K_v medio y la desviación normal. La desviación normal no superará ± 0,3 % del K_V medio.

3.4. **Calibrado del Venturi subsónico (SSV)**

El calibrado del SSV se basa en la ecuación de caudal para un Venturi subsónico. El caudal de gas es una función de la presión y temperatura de entrada, la caída de la presión en la entrada y la boca del SSV, como se indica a continuación:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r^{1,4286} - r^{1,7143}\right)\left(\frac{1}{1-\beta^4 r^{1,4286}}\right)\right]}$$

▼C1

siendo

A_0 = colección de constantes y conversiones de unidades

$$= 0{,}006111 \text{ en unidades SI de } \left(\frac{m^3}{\min}\right)\left(\frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa}\right)\left(\frac{1}{mm^2}\right)$$

d = diámetro de la boca de SSV (en metros)

C_d = coeficiente de descarga de SSV

P_A = presión absoluta en la entrada del Venturi (en kPa)

T = temperatura en la entrada del Venturi (en K)

r = relación de la boca de SSV con la presión estática absoluta de entrada = $1-\frac{\Delta P}{P_A}$

ß = relación del diámetro de la boca de SSV, d, con el diámetro interior del tubo de entrada = $\frac{d}{D}$

3.4.1. *Análisis de los datos*

El caudal de aire (Q_{SSV}) para cada posición del caudal (mínimo 16 posiciones) se calculará en m^3 normalizados/min a partir de los datos del caudalímetro, utilizando el método prescrito por el fabricante. El coeficiente de descarga se calculará a partir de los datos de calibrado para cada posición, de la manera siguiente:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{A_0 d^2 P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r^{1{,}4286} - r^{1{,}7143}\right)\left(\frac{1}{1-\beta^4 r^{1{,}4286}}\right)\right]}}$$

siendo

Q_{SSV} = caudal de aire en condiciones normales (101,3 kPa, 273 K) (en m^3/s)

T = temperatura en la entrada del Venturi (en K)

d = diámetro de la boca de SSV (en metros)

r = relación de la boca de SSV con la presión estática absoluta de entrada = $1-\frac{\Delta P}{P_A}$

ß = relación del diámetro de la boca de SSV, d, con el diámetro interior del tubo de entrada = $\frac{d}{D}$

Para determinar la gama del caudal subsónico, se representará gráficamente C_d como una función del número Reynolds en la boca del SSV. Se calculará Re en la boca de SSV utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Re} = A_1 \frac{Q_{SSV}}{d\mu}$$

▼C1

siendo

A_1 = colección de constantes y conversiones de unidades

$$= 25{,}55152 \left(\frac{1}{m^3}\right)\left(\frac{\min}{s}\right)\left(\frac{mm}{m}\right)$$

Q_{SSV} = caudal de aire en condiciones normales (101,3 kPa, 273 K) (en m^3/s)

d = diámetro de la boca de SSV (en metros)

μ = viscosidad absoluta o dinámica del gas calculada mediante la fórmula siguiente:

$$\mu = \frac{bT^{3/2}}{S+T} = \frac{bT^{1/2}}{1+\frac{S}{T}} \quad \text{kg/m-s}$$

siendo:

$$b = \text{constante empírica} = 1{,}458 \times 10^6 \frac{kg}{msK^{\frac{1}{2}}}$$

$$S = \text{constante empírica} = 110, 4\ K$$

Como es necesario conocer el valor de Q_{SSV} para la fórmula Re, los cálculos deben comenzar con un valor inicial de Q_{SSV} o C_d del Venturi de calibrado supuesto y repetirse hasta que Q_{SSV} converja. El método de convergencia tendrá una precisión mínima de 0,1 %.

Para un mínimo de 16 puntos en la región subsónica del caudal, los valores de C_d calculados a partir de la ecuación que se ajusta a la curva de calibrado resultante no variarán más de ± 0,5 % del C_d medido en cada punto de calibrado.

3.5. **Verificación total del sistema**

La precisión total del sistema de muestro CVS y del sistema analítico se determinará introduciendo una masa conocida de un gas contaminante en el sistema mientras éste funciona normalmente. El contaminante se analiza y la masa se calcula de conformidad con el punto 2.4.1 del apéndice 3 del anexo III, excepto en el caso del propano, para el que se utiliza un factor de 0,000472 en lugar de 0,000479 para HC. Se utilizará cualquiera de las dos técnicas siguientes.

3.5.1. *Medición con un orificio de caudal crítico*

Se introducirá una cantidad determinada de gas puro (propano) en el sistema CVS a través de un orificio crítico calibrado. Si la presión de entrada es lo suficientemente alta, el caudal, que se regula mediante el orificio de caudal crítico, es independiente de la presión de salida del orificio (caudal crítico). El sistema CVS funcionará como en una prueba normal de gases de escape por espacio de 5 a 10 minutos aproximadamente. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de toma de muestras o método de integración) y se calculará la masa del gas. La masa así determinada no diferirá en más del ± 3 % de la masa conocida del gas inyectado.

▼C1

3.5.2. *Medición por medio de una técnica gravimétrica*

El peso de un cilindro pequeño lleno de propano se determinará con una precisión de ±0,01 gramos. Por espacio de 5 a 10 minutos aproximadamente, el sistema CVS funcionará como en una prueba normal de gases de escape, mientras se inyecta monóxido de carbono o propano en el sistema. La cantidad de gas puro introducido se determinará por medio del pesaje diferencial. Se analizará una muestra de gas con el equipo habitual (bolsa de toma de muestras o método de integración) y se calculará la masa del gas. La masa así determinada no diferirá en más del ± 3 % de la masa conocida del gas inyectado.

▼B

Apéndice 3

▼M3
▼C1

EVALUACIÓN DE LOS DATOS Y CÁLCULOS

▼B

1. ►M3 ►C1 EVALUACIÓN DE LOS DATOS Y CÁLCULOS (PRUEBA NRSC) ◄ ◄

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 CO_2 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.

▼M3
▼C1

1.2. **Emisiones de partículas**

Para la evaluación de las partículas se registrarán, por cada modalidad, las masas totales ($M_{SAM,\ i}$) 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}) 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} para cada una de las mediciones y se determinarán los valores medios.

▼B

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:

▼M3
▼C1

1.3.1. *Determinación del caudal de gases de escape*

El caudal de gases de escape (G_{EXHW}) se determinará, 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, el caudal total de gases de escape diluidos (G_{TOTW}) se determinará, para cada modalidad, de acuerdo con el punto 1.2.4 del apéndice 1 del anexo III.

1.3.2. *Corrección seco/húmedo*

La corrección seco/húmedo (G_{EXHW}) se determinará, para cada modalidad, de acuerdo con los puntos 1.2.1 a 1.2.3 del apéndice 1 del anexo III.

Cuando se aplique G_{EXHW}, 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:

conc (húmeda) = kW × conc (seca)

▼C1

Para los gases de escape sin diluir:

$$K_{W,r,1} = \left(\frac{1}{1 + 1{,}88 \times 0{,}005 \times \left(\%CO\left[dry\right] + \%CO_2\left[dry\right] \right) + K_{w2}} \right)$$

Para los gases de escape diluidos:

$$K_{W,e,1} = \left(1 - \frac{1{,}88 \times CO_2\,\%(wet)}{200} \right) - K_{W1}$$

o

$$K_{W,e,1} = \left(\frac{1 - K_{W1}}{1 + \frac{1{,}88 \times CO_2\,\%(dry)}{200}} \right)$$

Para el aire de dilución:

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

$$k_{W1} = \frac{1{,}608 \times \left[H_d \times \left(1 - 1/DF \right) + H_a \times \left(1/DF \right) \right]}{1000 + 1{,}608 \times \left[H_d \times \left(1 - 1/DF \right) + H_a \times \left(1/DF \right) \right]}$$

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

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

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

$$k_{W2} = \frac{1{,}608 \times H_a}{1000 + \left(1{,}608 \times H_a \right)}$$

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

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)

Nota: H_a y H_d podrán derivarse de la medición de la humedad relativa, tal y como se explica anteriormente, o a partir de la medición del punto de rocío, la presión de vapor o el termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas habituales.

▼C1

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 KH determinados según la fórmula siguiente:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0{,}0182 \times (H_a - 10{,}71) + 0{,}0045 \times (T_a - 298)}$$

siendo:

T_a: temperatura del aire (en K)

H_a: humedad del aire de admisión(en g de agua por kg de aire seco):

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

siendo:

R_a: humedad relativa del aire de admisión (en %)

p_a: presión de saturación de vapor del aire de admisión (en kPa)

p_B: presión barométrica total (en kPa)

Nota: H_a podrá derivarse de la medición de la humedad relativa, tal y como se explica anteriormente, o a partir de la medición del punto de rocío, la presión de vapor o el termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas habituales.

1.3.4. *Cálculo de los gastos másicos de emisiones*

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

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

$Gas_{mass} = u \times conc \times G_{EXHW}$

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

$Gas_{mass} = u \times conc_c \times G_{TOTW}$

siendo:

$conc_c$ la concentración base corregida

$$conc_c = conc - conc_d \times (1 - (1 / DF))$$

$$DF = 13{,}4 / (conc_{CO_2} + (conc_{CO} + conc_{HC}) \times 10^{-4})$$

([1]) En el caso del NO_x, se multiplicará la concentración de NO_x (NO_xconc o $NO_x conc_c$) por K_{HNOX} (factor de corrección de humedad para NO_x mencionado en el punto 1.3.3) como 1/1,85.

▼C1

o

$DF = 13,4/concCO_2$

El coeficiente u — húmedo se utilizará de acuerdo con el cuadro 4:

Cuadro 4

Valores de los coeficientes u — húmedo para diversos componentes de los gases de escape

Gas	U	conc
NO_x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO_2	15,19	por cien

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

1.3.5. *Cálculo de las emisiones específicas*

Se calcularán las emisiones específicas (g/kWh) de cada uno de los componentes de la forma siguiente:

$$Gas\ individual = \frac{\sum_{i=1}^{n} Gas_{mass_i} \times WF_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i \times WF_i}$$

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 3.7.1 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 diésel 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:

$$K_P = 1/\left(1 + 0,0133 \times \left(H_a - 10,71\right)\right)$$

siendo:

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

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

▼C1

siendo:

R_a: humedad relativa del aire de admisión (en %)

p_a: presión de saturación de vapor del aire de admisión (en kPa)

p_B: presión barométrica total (en kPa)

Nota: H_a podrá derivarse de la medición de la humedad relativa, tal y como se explica anteriormente, o a partir de la medición del punto de rocío, la presión de vapor o el termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas habituales.

1.4.2. *Sistema de dilución de flujo parcial*

Los resultados finales de la prueba de emisión de partículas que deberán incluirse en el informe se obtendrán mediante los pasos indicados a continuación. Dado que pueden utilizarse diferentes tipos de control de la relación de dilución, también serán de aplicación distintos métodos de cálculo del gasto másico de gases de escape diluidos equivalentes G_{EDF}. Todos los cálculos se basarán en los valores medios de las diferentes modalidades i) obtenidos durante el período de toma de muestras.

1.4.2.1. Sistemas isocinéticos

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

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

siendo r la relación entre las áreas de las secciones transversales de la sonda isocinética Ap y de la sonda de escape AT:

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

1.4.2.2. Sistemas con medición de la concentración de CO_2 o NO_x

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

$$q_i = \frac{Conc_{E,i} - Conc_{A,i}}{Conc_{D,i} - Conc_{A,i}}$$

siendo:

$Conc_E$ = concentración húmeda del gas indicador en los gases de escape sin diluir

$Conc_D$ = concentración húmeda del gas indicador en los gases de escape diluidos

$Conc_A$ = 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.

1.4.2.3. Sistemas con medición de CO_2 método del balance de carbono

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

siendo:

CO_{2D} = concentración de CO_2 en los gases de escapes diluidos

CO_{2A} = concentración de CO_2 en el aire de dilución

▼C1

(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 CO_2) y se determina por medio de los pasos siguientes:

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

y:

$$q_i = \frac{206{,}6 \times G_{FUEL,i}}{G_{EXHW,i} \times \left(CO_{2D,i} - CO_{2A,i}\right)}$$

1.4.2.4. Sistemas con medición de caudal

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

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

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.

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

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:

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \times \frac{\left(G_{EDFW}\right)_{aver}}{1000}$$

siendo:

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

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

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

siendo i = 1, … n

En el caso del método de los filtros múltiples:

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

siendo i = 1, … n

▼C1

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

En el caso del método del filtro único:

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

Si se efectúa más de una medición, (M_d/M_{DIL}) se sustituirá por $(M_d/M_{DIL})_{aver}$

$$DF = 13{,}4 / \left(concCO_2 + \left(concCO + concHC \right) \times 10^{-4} \right)$$

o

$DF = 13{,}4/concCO_2$

En el caso del método de los filtros múltiples:

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

Si se efectúa más de una medición, (M_d/M_{DIL}) se sustituirá por $(M_d/M_{DIL})_{aver}$

$$DF = 13{,}4 / \left(concCO_2 + \left(concCO + concHC \right) \times 10^{-4} \right)$$

o

$DF = 13{,}4/concCO_2$

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:

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

En el caso del método de los filtros múltiples:

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

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

▼C1

1.4.6. *Factor de ponderación eficaz*

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

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

siendo i = 1, … n

El valor de los factores de ponderación eficaces deberá coincidir con el de los factores de ponderación enumerados en el punto 3.7.1. del anexo III, con una tolerancia de ± 0,005 (valor absoluto).

2. EVALUACIÓN DE LOS DATOS Y CÁLCULOS (PRUEBA NRTC)

En este punto se describen los dos principios de medición que pueden aplicarse a la evaluación de las emisiones contaminantes en el ciclo NRTC:

— los componentes gaseosos se miden en los gases de escape sin diluir en tiempo real y se determinan las partículas utilizando un sistema de dilución de flujo parcial,

— los componentes gaseosos y las partículas se determinan mediante un sistema de dilución de flujo total (sistema CVS).

2.1. **Cálculo de las emisiones gaseosas de los gases de escape sin diluir y de las emisiones de partículas con un sistema de dilución de flujo parcial**

2.1.1. *Introducción*

Las señales de la concentración instantánea de los componentes gaseosos se utilizan en el cálculo de las emisiones másicas multiplicándolas por el gasto másico instantáneo de los gases de escape. El gasto másico de los gases de escape se podrá medir directamente o calcularse utilizando los métodos descritos en el punto 2.2.3 del apéndice 1 del anexo III (medición del aire de admisión y del caudal de combustible, método del marcador, medición de la relación aire de admisión y aire/combustible). Se prestará atención especial a los tiempos de reacción de los diferentes instrumentos. Estas diferencias se eliminarán alineando temporalmente las señales.

En el caso de las partículas, las señales del gasto másico de los gases de escape se utilizarán para controlar el sistema de dilución de flujo parcial para tomar una muestra proporcional al caudal másico de gases de escape. La calidad de la proporcionalidad se verificará aplicando un análisis de regresión entre la muestra y el caudal de escape según se describe en el punto 2.4. del apéndice 1 del anexo III.

2.1.2. *Determinación de los componentes gaseosos*

2.1.2.1. Cálculo de la emisión másica

Se determinará la masa de los contaminantes M_{gas} (g/prueba) calculando las emisiones másicas instantáneas a partir de las concentraciones de contaminantes sin diluir, los valores u del cuadro 4 (véase también el punto 1.3.4) y el gasto másico de escape, alineadas para el tiempo de transformación e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Las concentraciones se medirán de preferencia en condiciones húmedas. Si se miden en seco, se aplicará la corrección seco/húmedo descrita a continuación a los valores de la concentración instantánea antes de realizar cualquier otro cálculo adicional.

▼C1

Cuadro 4: Valores de los coeficientes u — húmedo para diversos componentes de los gases de escape

Gas	u	conc
NO_x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO_2	15,19	por ciento

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

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$M_{gas} = \sum_{i=1}^{i=n} u \times conc_i \times G_{EXHW,i} \times \frac{1}{f} \text{ (en g / prueba)}$$

siendo:

u = relación entre la densidad del componente de los gases de escape y la densidad de los gases de escape

$conc_i$ = concentración instantánea del componente respectivo en los gases de escape sin diluir (en ppm)

$G_{EXHW,\ i}$ = gasto másico instantáneo de los gases de escape (en kg/s)

f = frecuencia de toma de muestras (en Hz)

n = número de mediciones

En el cálculo de NO_x se utilizará el factor de corrección de la humedad k_H descrito a continuación.

Si la medición no se ha realizado ya en fase húmeda, se convertirá la concentración medida instantáneamente a su equivalente en dicha fase húmeda.

2.1.2.2. Corrección seco/húmedo

Si la concentración es medida instantáneamente en fase seca, se convertirá a su equivalente en fase húmeda de acuerdo con esta fórmula:

$conc_{wet} = k_W$ x $conc_{dry}$

siendo

$$K_{W,r,1} = \left(\frac{1}{1 + 1{,}88 \times 0{,}005 \times \left(conc_{CO} + conc_{CO_2} \right) + K_{W2}} \right)$$

donde:

$$k_{W2} = \frac{1{,}608 \times H_a}{1\,000 + \left(1{,}608 \times H_a \right)}$$

▼C1

siendo

$conc_{CO2}$ = concentración seca de CO_2 (en %)

$conc_{CO}$ = concentración seca de CO (en %)

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

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

R_a: humedad relativa del aire de admisión (en %)

p_a: presión de saturación de vapor del aire de admisión (en kPa)

p_B: presión barométrica total (en kPa)

Nota: H_a podrá derivarse de la medición de la humedad relativa, tal y como se explica anteriormente, o a partir de la medición del punto de rocío, la presión de vapor o el termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas habituales.

2.1.2.3. Corrección de NO_x para humedad y temperatura

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 humedad y la temperatura del aire ambiente utilizando los factores determinados según la fórmula siguiente:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0{,}0182 \times \left(H_a - 10{,}71\right) + 0{,}0045 \times \left(T_a - 298\right)}$$

donde:

T_a = temperatura del aire de admisión (en K)

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

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

siendo:

R_a: humedad relativa del aire de admisión (en %)

p_a: presión de saturación de vapor del aire de admisión (en kPa)

p_B: presión barométrica total (en kPa)

Nota: H_a podrá derivarse de la medición de la humedad relativa, tal y como se explica anteriormente, o a partir de la medición del punto de rocío, la presión de vapor o el termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas habituales.

▼M6

2.1.2.4. Cálculo de las emisiones específicas

Se calcularán las emisiones específicas (g/kWh) de cada uno de los componentes de la forma siguiente:

$$\text{Gas correspondiente} = \frac{(1/10)\mathrm{M}_{\mathrm{gas,cold}} + (9/10)M_{gas,hot}}{(1/10)W_{act,cold} + (9/10)W_{act,hot}}$$

▼M6

siendo:

$M_{gas,cold}$ = masa total de los gases contaminantes a lo largo del ciclo de arranque en frío (en g)

$M_{gas,hot}$ = masa total de los gases contaminantes a lo largo del ciclo de arranque en caliente (en g)

$W_{act,cold}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en frío, como se indica en el anexo III, punto 4.6.2 (en kWh)

$W_{act,hot}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en caliente, como se indica en el anexo III, punto 4.6.2 (en kWh)

▼C1

2.1.3. *Determinación de las partículas*

▼M6

2.1.3.1. Cálculo de la emisión másica

La masa de las partículas $M_{PT,cold}$ y $M_{PT,hot}$ (g/prueba) se calculará aplicando uno de los métodos siguientes:

a) $$M_{PT} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \times \frac{M_{EDFW}}{1000}$$

siendo:

M_{PT} = $M_{PT,cold}$ para el ciclo de arranque en frío

M_{PT} = $M_{PT,hot}$ para el ciclo de arranque en caliente

M_f = masa de partículas de la muestra a lo largo del ciclo (en mg)

M_{EDFW} = masa de los gases de escape diluidos equivalentes a lo largo del ciclo (en kg)

M_{SAM} = masa de los gases de escape diluidos que pasa por los filtros de recogida de partículas (en kg)

La masa total de la masa de los gases de escape diluidos equivalentes a lo largo del ciclo se determinará de la siguiente manera:

$$M_{EDFW} = \sum_{i=1}^{1=n} G_{EDFW,i} \times \frac{1}{f}$$

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

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

siendo:

$G_{EDFW,i}$ = gasto másico instantáneo equivalente de los gases de escape sin diluir (en kg/s)

$G_{EXHW,i}$ = gasto másico instantáneo de los gases de escape (en kg/s)

q_i = relación de dilución instantánea

$G_{TOTW,i}$ = gasto másico instantáneo de los gases de escape diluidos a través del túnel de dilución (en kg/s)

$G_{DILW,i}$ = gasto másico instantáneo del aire de dilución (en kg/s)

f = frecuencia de toma de muestras (en Hz)

n = número de mediciones

▼**M6**

b) $M_{PT} = \frac{M_f}{r_s \times 1\,000}$

siendo:

M_{PT} = $M_{PT,cold}$ para el ciclo de arranque en frío

M_{PT} = $M_{PT,hot}$ para el ciclo de arranque en caliente

M_f = masa de partículas de la muestra a lo largo del ciclo (en mg)

r_s = relación media de la muestra a lo largo del ciclo de pruebas

siendo:

$$r_s = \frac{M_{SE}}{M_{EXHW}} \times \frac{M_{SAM}}{M_{TOTW}}$$

M_{SE} = masa de escape de la muestra a lo largo del ciclo (en kg)

M_{EXHW} = total del gasto másico de los gases de escape a lo largo del ciclo (en kg)

M_{SAM} = masa de los gases de escape diluidos que pasa por los filtros de recogida de partículas (en kg)

M_{TOTW} = masa de los gases de escape diluidos que pasa por el túnel de dilución (en kg)

NOTA: En el sistema del tipo de toma de muestras total, M_{SAM} and M_{TOTW} son idénticos.

▼**C1**

2.1.3.2. Factor de corrección de humedad para partículas

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

$$k_p = \frac{1}{\left[1 + 0{,}0133 \times \left(H_a - 10{,}71\right)\right]}$$

siendo

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

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

R_a: humedad relativa del aire de admisión (en %)

p_a: presión de saturación de vapor del aire de admisión (en kPa)

p_B: presión barométrica total (en kPa)

Nota: H_a podrá derivarse de la medición de la humedad relativa, tal y como se explica anteriormente, o a partir de la medición del punto de rocío, la presión de vapor o el termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas habituales.

▼M6

2.1.3.3. Cálculo de las emisiones específicas

Las emisiones específicas (g/kWh) se calcularán de la manera siguiente:

$$PT = \frac{(1/10)K_{p,\,cold} \times M_{PT,cold} + (9/10)K_{p,\,hot} \times M_{PT,hot}}{(1/10)W_{act,\,cold} + (9/10)W_{act,\,hot}}$$

siendo:

$M_{PT,cold}$ = masa de partículas a lo largo del ciclo de arranque en frío (g/prueba)

$M_{PT,hot}$ = masa de partículas a lo largo del ciclo de arranque en caliente (g/prueba)

$K_{p,\,cold}$ = factor de corrección de humedad para partículas a lo largo del ciclo de arranque en frío

$K_{p,\,hot}$ = factor de corrección de humedad para partículas a lo largo del ciclo de arranque en caliente

$W_{act,\,cold}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en frío, como se indica en el anexo III, punto 4.6.2 (en kWh)

$W_{act,\,hot}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en caliente, como se indica en el anexo III, punto 4.6.2 (en kWh)

▼C1

2.2. **Determinación de los componentes gaseosos y de las partículas mediante un sistema de dilución de flujo total**

Para calcular las emisiones en los gases de escape sin diluir, es preciso conocer el gasto másico de gases de escape diluidos. El caudal total de gases de escape diluidos durante el ciclo M_{TOTW} (kg/prueba) se calculará a partir de los valores medidos a lo largo del ciclo y de los correspondientes datos de calibrado del caudalímetro (V_0 para PDP, K_V para CFV y C_d para SSV); podrán utilizarse los métodos correspondientes descritos en el punto 2.2.1. Si la masa total de la muestra de partículas (M_{SAM}) y gases contaminantes supera el 0,5 % del caudal total de CVS (M_{TOTW}), el caudal de CVS se corregirá para M_{SAM} o bien el caudal de toma de muestras de partículas se dirigirá de nuevo al CVS antes de pasar por el caudalímetro.

2.2.1. *Determinación del caudal de gases de escape diluidos*

Sistema PDP-CVS

Si la temperatura de los gases de escape diluidos se mantiene en ± 6 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el cálculo del gasto másico a lo largo del ciclo se realizará de la manera siguiente:

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

siendo

M_{TOTW} = masa de los gases de escape diluidos en húmedo a lo largo del ciclo

V_0 = volumen de gas bombeado por revolución en condiciones de prueba (en m^3/rev)

N_P = número total de revoluciones de la bomba por cada prueba

p_B = presión atmosférica en la celda de prueba (en kPa)

p_1 = caída de presión por debajo de la atmosférica en la entrada de la bomba (en kPa)

T = temperatura media de los gases de escape diluidos en la entrada de la bomba a lo largo del ciclo (en K)

▼C1

En caso de utilizar un sistema con compensación del caudal (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones instantáneas de masa se calcularán e integrarán a lo largo del ciclo. En este caso, la masa instantánea de los gases de escape diluidos se calculará de la manera siguiente:

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

siendo

$N_{P,\,i}$ = número total de revoluciones de la bomba por intervalo de tiempo

Sistema CFV-CVS

Si la temperatura de los gases de escape diluidos se mantiene en ± 11 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el cálculo del gasto másico a lo largo del ciclo se realizará de la manera siguiente:

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

siendo

M_{TOTW} = masa de los gases de escape diluidos en húmedo a lo largo del ciclo

t = duración del ciclo (en segundos)

K_V = coeficiente de calibrado del Venturi de caudal crítico en condiciones normales

p_A = presión absoluta en la entrada del Venturi (en kPa)

T = temperatura en la entrada del Venturi (en K).

En caso de utilizar un sistema con compensación del caudal (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones instantáneas de masa se calcularán e integrarán a lo largo del ciclo. En este caso, la masa instantánea de los gases de escape diluidos se calculará de la manera siguiente:

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

siendo

Δt_i = intervalo de tiempo (en segundos)

Sistema SSV-CVS

Si la temperatura de los gases de escape diluidos se mantiene en ± 11 K a lo largo del ciclo utilizando un intercambiador de calor, el cálculo del gasto másico a lo largo del ciclo se realizará de la manera siguiente:

$$M_{TOTW} = 1{,}293 \times Q_{SSV}$$

siendo

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r^{1.4286} - r^{1.7143}\right)\left(\frac{1}{1-\beta^4 r^{1.4286}}\right)\right]}$$

A_0 = colección de constantes y conversiones de unidades

$$= 0{,}006111 \text{ en unidades SI de } \left(\frac{m^3}{\min}\right)\left(\frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa}\right)\left(\frac{1}{mm^2}\right)$$

▼C1

d = diámetro de la boca de SSV (en metros)

C_d = coeficiente de descarga de SSV

P_A = presión absoluta en la entrada del Venturi (en kPa)

T = temperatura en la entrada del Venturi (en K)

r = relación de la boca de SSV con la presión estática absoluta de entrada $1-\frac{\Delta P}{P_A}$

ß = relación del diámetro de la boca de SSV, d, con el diámetro interior del tubo de entrada $=\frac{d}{D}$

En caso de utilizar un sistema con compensación del caudal (es decir, sin intercambiador de calor), las emisiones instantáneas de masa se calcularán e integrarán a lo largo del ciclo. En este caso, la masa instantánea de los gases de escape diluidos se calculará de la manera siguiente:

$$M_{TOTW} = 1{,}293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i$$

siendo

$$Q_{SSV} = A_0\, d^2\, C_d\, P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r^{1{,}4286} - r^{1{,}7143}\right)\left(\frac{1}{1-\beta^4 r^{1{,}4286}}\right)\right]}$$

Δt_i = intervalo de tiempo (en segundos)

El cálculo en tiempo real se inicializará con un valor razonable para C_d, como, por ejemplo, 0,98, o con un valor razonable para Q_{ssv}. Si el cálculo se inicializa con Q_{ssv}, se utilizará el valor inicial de Q_{ssv} para evaluar Re.

Durante todas pruebas sobre emisiones, el número Reynolds en la boca del SSV estará en la gama de números Reynolds utilizados para derivar la curva de calibrado del punto 3.2. del apéndice 2.

2.2.2. *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 humedad ambiente utilizando los factores determinados según la fórmula siguiente:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0{,}0182 \times \left(H_a - 10{,}71\right) + 0{,}0045 \times \left(T_a - 298\right)}$$

siendo

T_a = temperatura del aire (en K)

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

en donde:

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

▼C1

R_a = humedad relativa del aire de admisión (en %)

p_a = presión de saturación de vapor del aire de admisión (en kPa)

p_B = presión barométrica total (en kPa).

Nota: H_a podrá derivarse de la medición de la humedad relativa, tal y como se explica anteriormente, o a partir de la medición del punto de rocío, la presión de vapor o el termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas habituales.

2.2.3. *Cálculo del gasto másico de emisiones*

2.2.3.1. Sistemas con gasto másico constante

Para sistemas con intercambiador de calor, la masa de los contaminantes M_{GAS} (g/prueba) se determinará mediante la ecuación siguiente:

$$M_{GAS} = u \times conc \times M_{TOTW}$$

siendo

u = relación entre la densidad del componente de escape y la densidad de los gases de escape diluidos como se indica en el cuadro 4 del punto 2.1.2.1

conc = concentraciones medias con corrección básica a lo largo del ciclo, obtenidas mediante integración (obligatorio para NO_x y HC) o medición con bolsas (en ppm)

M_{TOTW} = masa total de los gases de escape diluidos a lo largo del ciclo, como se indica en el punto 2.2.1 (en kg)

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 humedad ambiente utilizando el factor k_H descrito en el punto 2.2.2.

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

2.2.3.1.1. Determinación de las concentraciones con corrección básica

La concentración media básica de los gases contaminantes en el aire de dilución se restará de las concentraciones medidas al objeto de obtener las concentraciones netas de los contaminantes. Los valores medios de las concentraciones básicas se pueden determinar mediante el método de las bolsas de toma de muestras o mediante medición continua con integración. Se empleará la fórmula siguiente.

$$conc = conc_e - conc_d \times (1 - (1/DF))$$

siendo

conc = concentración del respectivo contaminante en los gases de escape diluidos, corregida por la cantidad del respectivo contaminante contenida en el aire de dilución (en ppm)

$conc_e$ = concentración del respectivo contaminante medida en los gases de escape diluidos (en ppm)

$conc_d$ = concentración del respectivo contaminante medida en el aire de dilución (en ppm)

DF = factor de dilución

▼C1

El factor de dilución se calculará de la manera siguiente:

$$DF = \frac{13{,}4}{conc_{e\,CO2} + (conc_{e\,HC} + conc_{e\,CO}) \times 10^{-4}}$$

2.2.3.2. Sistemas con compensación del caudal

En los sistemas sin intercambiador de calor, la masa de los contaminantes M_{GAS} (g/prueba) se determinará calculando las emisiones másicas instantáneas e integrando los valores instantáneos a lo largo del ciclo. Asimismo, la corrección básica se aplicará directamente al valor de concentración instantáneo. Se aplicará la fórmula siguiente:

$$M_{GAS} = \sum_{i=1}^{n} \left(M_{TOTW,\,i} \times conc_{e,\,i} \times u\right) - \left(M_{TOTW} \times conc_{d} \times \left(-1/DF\right) \times u\right)$$

siendo

$conc_{e,i}$ = concentración instantánea del contaminante respectivo medida en los gases de escape diluidos (en ppm)

$conc_d$ = concentración del respectivo contaminante medida en el aire de dilución (en ppm)

u = relación entre la densidad del componente de escape y la densidad de los gases de escape diluidos como se indica en el cuadro 4 del punto 2.1.2.1

$M_{TOTW,\,i}$ = masa instantánea de los gases de escape diluidos (punto 2.2.1) (en kg)

M_{TOTW} = masa total de los gases de escape diluidos a lo largo del ciclo (punto 2.2.1) (en kg),

DF = factor de dilución según lo determinado en el punto 2.2.3.1.1

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 humedad ambiente utilizando el factor k_H descrito en el punto 2.2.2.

▼M6

2.2.4. *Cálculo de las emisiones específicas*

Se calcularán las emisiones específicas (g/kWh) de cada uno de los componentes de la forma siguiente:

$$\text{Gas correspondiente} = \frac{(1/10)M_{gas,\,cold} + (9/10)M_{gas,\,hot}}{(1/10)W_{act,\,cold} + (9/10)W_{act,\,hot}}$$

siendo:

$M_{gas,cold}$ = masa total de los gases contaminantes a lo largo del ciclo de arranque en frío (en g)

$M_{gas,hot}$ = masa total de los gases contaminantes a lo largo del ciclo de arranque en caliente (en g)

$W_{act,cold}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en frío, como se indica en el anexo III, punto 4.6.2 (en kWh)

$W_{act,hot}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en caliente, como se indica en el anexo III, punto 4.6.2 (en kWh)

▼C1

2.2.5. *Cálculo de la emisión de partículas*

▼M6

2.2.5.1. Cálculo del gasto másico

La masa de partículas $M_{PT,cold}$ (g/prueba) se calculará como sigue:

$$M_{PT} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \times \frac{M_{TOTW}}{1000}$$

siendo:

M_{PT} = $M_{PT,cold}$ para el ciclo de arranque en frío

M_{PT} = $M_{PT,hot}$ para el ciclo de arranque en caliente

M_f = masa de partículas de la muestra a lo largo del ciclo (en mg)

M_{TOTW} = masa total de los gases de escape diluidos a lo largo del ciclo, como se indica en el punto 2.2.1 (en kg)

M_{SAM} = masa de gas de escape diluido tomada en el túnel de dilución para recoger partículas (en kg)

y

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

$M_{f,p}$ = masa de partículas recogida en el filtro principal (en mg)

$M_{f,b}$ = masa de partículas recogida en el filtro secundario (en mg)

Si se utiliza un sistema de doble dilución, la masa del aire de dilución secundario se restará de la masa total de los gases de escape doblemente diluidos, cuyas muestras se han tomado mediante los filtros de partículas.

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

siendo:

M_{TOT} = masa de los gases de escape doblemente diluidos que ha pasado por el filtro de partículas (en kg)

M_{SEC} = masa del aire de dilución secundario (en kg)

Si el nivel básico de partículas del aire de dilución se determina de conformidad con el punto 4.4.4 del anexo III, se podrá aplicar la corrección básica a la masa de partículas. En este caso, las masas de partículas $M_{PT,cold}$ y $M_{PT,hot}$ (g/prueba) se calculará como sigue:

$$M_{PT} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF}\right)\right)\right] \times \frac{M_{TOTW}}{1000}$$

siendo:

M_{PT} = $M_{PT,cold}$ para el ciclo de arranque en frío

M_{PT} = $M_{PT,hot}$ para el ciclo de arranque en caliente

M_f, M_{SAM}, M_{TOTW} = véase anteriormente

M_{DIL} = masa del aire de dilución principal recogido con el muestreador de partículas básico (en kg)

M_d = masa de las partículas básicas recogidas en el aire de dilución principal (en mg)

DF = factor de dilución según lo determinado en el punto 2.2.3.1.1

▼C1

2.2.5.2. Factor de corrección de humedad para partículas

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

$$k_p = \frac{1}{\left[1 + 0{,}0133 \times \left(H_a - 10{,}71\right)\right]}$$

siendo

H_a = humedad del aire de admisión, (en g de agua por kg de aire seco)

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

siendo:

R_a: humedad relativa del aire de admisión (en %)

p_a: presión de saturación de vapor del aire de admisión (en kPa)

p_B: presión barométrica total (en kPa)

Nota: H_a podrá derivarse de la medición de la humedad relativa, tal y como se explica anteriormente, o a partir de la medición del punto de rocío, la presión de vapor o el termómetro seco/húmedo utilizando las fórmulas habituales.

▼M6

2.2.5.3. Cálculo de las emisiones específicas

Las emisiones específicas (g/kWh) se calcularán de la manera siguiente:

$$PT = \frac{(1/10)K_{p,\,cold} \times M_{PT,cold} + (9/10)K_{p,\,hot} \times M_{PT,hot}}{(1/10)W_{act,\,cold} + (9/10)W_{act,\,hot}}$$

siendo

$M_{PT,cold}$ = masa de partículas a lo largo del ciclo de arranque en frío del NRTC (g/prueba)

$M_{PT,hot}$ = masa de partículas a lo largo del ciclo de arranque en caliente del NRTC (g/prueba)

$K_{p,\,cold}$ = factor de corrección de humedad para partículas a lo largo del ciclo de arranque en frío

$K_{p,\,hot}$ = factor de corrección de humedad para partículas a lo largo del ciclo de arranque en caliente

$W_{act,\,cold}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en frío, como se indica en el anexo III, punto 4.6.2 (en kWh)

$W_{act,\,hot}$ = trabajo efectivo producido durante el ciclo de arranque en caliente, como se indica en el anexo III, punto 4.6.2 (en kWh)

▼M3
▼C1

Apéndice 4

PLAN DE SERVICIO DEL DINAMÓMETRO DEL MOTOR EN LA PRUEBA NRTC

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	0	0
18	0	0
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0
24	1	3
25	1	3
26	1	3
27	1	3
28	1	3
29	1	3
30	1	6
31	1	6
32	2	1
33	4	13
34	7	18
35	9	21
36	17	20
37	33	42
38	57	46
39	44	33

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
40	31	0
41	22	27
42	33	43
43	80	49
44	105	47
45	98	70
46	104	36
47	104	65
48	96	71
49	101	62
50	102	51
51	102	50
52	102	46
53	102	41
54	102	31
55	89	2
56	82	0
57	47	1
58	23	1
59	1	3
60	1	8
61	1	3
62	1	5
63	1	6
64	1	4
65	1	4
66	0	6
67	1	4
68	9	21
69	25	56
70	64	26
71	60	31
72	63	20
73	62	24
74	64	8
75	58	44
76	65	10
77	65	12
78	68	23
79	69	30
80	71	30
81	74	15

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
82	71	23
83	73	20
84	73	21
85	73	19
86	70	33
87	70	34
88	65	47
89	66	47
90	64	53
91	65	45
92	66	38
93	67	49
94	69	39
95	69	39
96	66	42
97	71	29
98	75	29
99	72	23
100	74	22
101	75	24
102	73	30
103	74	24
104	77	6
105	76	12
106	74	39
107	72	30
108	75	22
109	78	64
110	102	34
111	103	28
112	103	28
113	103	19
114	103	32
115	104	25
116	103	38
117	103	39
118	103	34
119	102	44
120	103	38
121	102	43
122	103	34
123	102	41

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
124	103	44
125	103	37
126	103	27
127	104	13
128	104	30
129	104	19
130	103	28
131	104	40
132	104	32
133	101	63
134	102	54
135	102	52
136	102	51
137	103	40
138	104	34
139	102	36
140	104	44
141	103	44
142	104	33
143	102	27
144	103	26
145	79	53
146	51	37
147	24	23
148	13	33
149	19	55
150	45	30
151	34	7
152	14	4
153	8	16
154	15	6
155	39	47
156	39	4
157	35	26
158	27	38
159	43	40
160	14	23
161	10	10
162	15	33
163	35	72
164	60	39
165	55	31

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
166	47	30
167	16	7
168	0	6
169	0	8
170	0	8
171	0	2
172	2	17
173	10	28
174	28	31
175	33	30
176	36	0
177	19	10
178	1	18
179	0	16
180	1	3
181	1	4
182	1	5
183	1	6
184	1	5
185	1	3
186	1	4
187	1	4
188	1	6
189	8	18
190	20	51
191	49	19
192	41	13
193	31	16
194	28	21
195	21	17
196	31	21
197	21	8
198	0	14
199	0	12
200	3	8
201	3	22
202	12	20
203	14	20
204	16	17
205	20	18
206	27	34
207	32	33

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
208	41	31
209	43	31
210	37	33
211	26	18
212	18	29
213	14	51
214	13	11
215	12	9
216	15	33
217	20	25
218	25	17
219	31	29
220	36	66
221	66	40
222	50	13
223	16	24
224	26	50
225	64	23
226	81	20
227	83	11
228	79	23
229	76	31
230	68	24
231	59	33
232	59	3
233	25	7
234	21	10
235	20	19
236	4	10
237	5	7
238	4	5
239	4	6
240	4	6
241	4	5
242	7	5
243	16	28
244	28	25
245	52	53
246	50	8
247	26	40
248	48	29
249	54	39

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
250	60	42
251	48	18
252	54	51
253	88	90
254	103	84
255	103	85
256	102	84
257	58	66
258	64	97
259	56	80
260	51	67
261	52	96
262	63	62
263	71	6
264	33	16
265	47	45
266	43	56
267	42	27
268	42	64
269	75	74
270	68	96
271	86	61
272	66	0
273	37	0
274	45	37
275	68	96
276	80	97
277	92	96
278	90	97
279	82	96
280	94	81
281	90	85
282	96	65
283	70	96
284	55	95
285	70	96
286	79	96
287	81	71
288	71	60
289	92	65
290	82	63
291	61	47

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
292	52	37
293	24	0
294	20	7
295	39	48
296	39	54
297	63	58
298	53	31
299	51	24
300	48	40
301	39	0
302	35	18
303	36	16
304	29	17
305	28	21
306	31	15
307	31	10
308	43	19
309	49	63
310	78	61
311	78	46
312	66	65
313	78	97
314	84	63
315	57	26
316	36	22
317	20	34
318	19	8
319	9	10
320	5	5
321	7	11
322	15	15
323	12	9
324	13	27
325	15	28
326	16	28
327	16	31
328	15	20
329	17	0
330	20	34
331	21	25
332	20	0
333	23	25

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
334	30	58
335	63	96
336	83	60
337	61	0
338	26	0
339	29	44
340	68	97
341	80	97
342	88	97
343	99	88
344	102	86
345	100	82
346	74	79
347	57	79
348	76	97
349	84	97
350	86	97
351	81	98
352	83	83
353	65	96
354	93	72
355	63	60
356	72	49
357	56	27
358	29	0
359	18	13
360	25	11
361	28	24
362	34	53
363	65	83
364	80	44
365	77	46
366	76	50
367	45	52
368	61	98
369	61	69
370	63	49
371	32	0
372	10	8
373	17	7
374	16	13
375	11	6

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
376	9	5
377	9	12
378	12	46
379	15	30
380	26	28
381	13	9
382	16	21
383	24	4
384	36	43
385	65	85
386	78	66
387	63	39
388	32	34
389	46	55
390	47	42
391	42	39
392	27	0
393	14	5
394	14	14
395	24	54
396	60	90
397	53	66
398	70	48
399	77	93
400	79	67
401	46	65
402	69	98
403	80	97
404	74	97
405	75	98
406	56	61
407	42	0
408	36	32
409	34	43
410	68	83
411	102	48
412	62	0
413	41	39
414	71	86
415	91	52
416	89	55
417	89	56

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
418	88	58
419	78	69
420	98	39
421	64	61
422	90	34
423	88	38
424	97	62
425	100	53
426	81	58
427	74	51
428	76	57
429	76	72
430	85	72
431	84	60
432	83	72
433	83	72
434	86	72
435	89	72
436	86	72
437	87	72
438	88	72
439	88	71
440	87	72
441	85	71
442	88	72
443	88	72
444	84	72
445	83	73
446	77	73
447	74	73
448	76	72
449	46	77
450	78	62
451	79	35
452	82	38
453	81	41
454	79	37
455	78	35
456	78	38
457	78	46
458	75	49
459	73	50

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
460	79	58
461	79	71
462	83	44
463	53	48
464	40	48
465	51	75
466	75	72
467	89	67
468	93	60
469	89	73
470	86	73
471	81	73
472	78	73
473	78	73
474	76	73
475	79	73
476	82	73
477	86	73
478	88	72
479	92	71
480	97	54
481	73	43
482	36	64
483	63	31
484	78	1
485	69	27
486	67	28
487	72	9
488	71	9
489	78	36
490	81	56
491	75	53
492	60	45
493	50	37
494	66	41
495	51	61
496	68	47
497	29	42
498	24	73
499	64	71
500	90	71
501	100	61

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
502	94	73
503	84	73
504	79	73
505	75	72
506	78	73
507	80	73
508	81	73
509	81	73
510	83	73
511	85	73
512	84	73
513	85	73
514	86	73
515	85	73
516	85	73
517	85	72
518	85	73
519	83	73
520	79	73
521	78	73
522	81	73
523	82	72
524	94	56
525	66	48
526	35	71
527	51	44
528	60	23
529	64	10
530	63	14
531	70	37
532	76	45
533	78	18
534	76	51
535	75	33
536	81	17
537	76	45
538	76	30
539	80	14
540	71	18
541	71	14
542	71	11
543	65	2

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
544	31	26
545	24	72
546	64	70
547	77	62
548	80	68
549	83	53
550	83	50
551	83	50
552	85	43
553	86	45
554	89	35
555	82	61
556	87	50
557	85	55
558	89	49
559	87	70
560	91	39
561	72	3
562	43	25
563	30	60
564	40	45
565	37	32
566	37	32
567	43	70
568	70	54
569	77	47
570	79	66
571	85	53
572	83	57
573	86	52
574	85	51
575	70	39
576	50	5
577	38	36
578	30	71
579	75	53
580	84	40
581	85	42
582	86	49
583	86	57
584	89	68
585	99	61

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
586	77	29
587	81	72
588	89	69
589	49	56
590	79	70
591	104	59
592	103	54
593	102	56
594	102	56
595	103	61
596	102	64
597	103	60
598	93	72
599	86	73
600	76	73
601	59	49
602	46	22
603	40	65
604	72	31
605	72	27
606	67	44
607	68	37
608	67	42
609	68	50
610	77	43
611	58	4
612	22	37
613	57	69
614	68	38
615	73	2
616	40	14
617	42	38
618	64	69
619	64	74
620	67	73
621	65	73
622	68	73
623	65	49
624	81	0
625	37	25
626	24	69
627	68	71

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
628	70	71
629	76	70
630	71	72
631	73	69
632	76	70
633	77	72
634	77	72
635	77	72
636	77	70
637	76	71
638	76	71
639	77	71
640	77	71
641	78	70
642	77	70
643	77	71
644	79	72
645	78	70
646	80	70
647	82	71
648	84	71
649	83	71
650	83	73
651	81	70
652	80	71
653	78	71
654	76	70
655	76	70
656	76	71
657	79	71
658	78	71
659	81	70
660	83	72
661	84	71
662	86	71
663	87	71
664	92	72
665	91	72
666	90	71
667	90	71
668	91	71
669	90	70

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
670	90	72
671	91	71
672	90	71
673	90	71
674	92	72
675	93	69
676	90	70
677	93	72
678	91	70
679	89	71
680	91	71
681	90	71
682	90	71
683	92	71
684	91	71
685	93	71
686	93	68
687	98	68
688	98	67
689	100	69
690	99	68
691	100	71
692	99	68
693	100	69
694	102	72
695	101	69
696	100	69
697	102	71
698	102	71
699	102	69
700	102	71
701	102	68
702	100	69
703	102	70
704	102	68
705	102	70
706	102	72
707	102	68
708	102	69
709	100	68
710	102	71
711	101	64

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
712	102	69
713	102	69
714	101	69
715	102	64
716	102	69
717	102	68
718	102	70
719	102	69
720	102	70
721	102	70
722	102	62
723	104	38
724	104	15
725	102	24
726	102	45
727	102	47
728	104	40
729	101	52
730	103	32
731	102	50
732	103	30
733	103	44
734	102	40
735	103	43
736	103	41
737	102	46
738	103	39
739	102	41
740	103	41
741	102	38
742	103	39
743	102	46
744	104	46
745	103	49
746	102	45
747	103	42
748	103	46
749	103	38
750	102	48
751	103	35
752	102	48
753	103	49

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
754	102	48
755	102	46
756	103	47
757	102	49
758	102	42
759	102	52
760	102	57
761	102	55
762	102	61
763	102	61
764	102	58
765	103	58
766	102	59
767	102	54
768	102	63
769	102	61
770	103	55
771	102	60
772	102	72
773	103	56
774	102	55
775	102	67
776	103	56
777	84	42
778	48	7
779	48	6
780	48	6
781	48	7
782	48	6
783	48	7
784	67	21
785	105	59
786	105	96
787	105	74
788	105	66
789	105	62
790	105	66
791	89	41
792	52	5
793	48	5
794	48	7
795	48	5

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
796	48	6
797	48	4
798	52	6
799	51	5
800	51	6
801	51	6
802	52	5
803	52	5
804	57	44
805	98	90
806	105	94
807	105	100
808	105	98
809	105	95
810	105	96
811	105	92
812	104	97
813	100	85
814	94	74
815	87	62
816	81	50
817	81	46
818	80	39
819	80	32
820	81	28
821	80	26
822	80	23
823	80	23
824	80	20
825	81	19
826	80	18
827	81	17
828	80	20
829	81	24
830	81	21
831	80	26
832	80	24
833	80	23
834	80	22
835	81	21
836	81	24
837	81	24

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
838	81	22
839	81	22
840	81	21
841	81	31
842	81	27
843	80	26
844	80	26
845	81	25
846	80	21
847	81	20
848	83	21
849	83	15
850	83	12
851	83	9
852	83	8
853	83	7
854	83	6
855	83	6
856	83	6
857	83	6
858	83	6
859	76	5
860	49	8
861	51	7
862	51	20
863	78	52
864	80	38
865	81	33
866	83	29
867	83	22
868	83	16
869	83	12
870	83	9
871	83	8
872	83	7
873	83	6
874	83	6
875	83	6
876	83	6
877	83	6
878	59	4
879	50	5

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
880	51	5
881	51	5
882	51	5
883	50	5
884	50	5
885	50	5
886	50	5
887	50	5
888	51	5
889	51	5
890	51	5
891	63	50
892	81	34
893	81	25
894	81	29
895	81	23
896	80	24
897	81	24
898	81	28
899	81	27
900	81	22
901	81	19
902	81	17
903	81	17
904	81	17
905	81	15
906	80	15
907	80	28
908	81	22
909	81	24
910	81	19
911	81	21
912	81	20
913	83	26
914	80	63
915	80	59
916	83	100
917	81	73
918	83	53
919	80	76
920	81	61
921	80	50

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
922	81	37
923	82	49
924	83	37
925	83	25
926	83	17
927	83	13
928	83	10
929	83	8
930	83	7
931	83	7
932	83	6
933	83	6
934	83	6
935	71	5
936	49	24
937	69	64
938	81	50
939	81	43
940	81	42
941	81	31
942	81	30
943	81	35
944	81	28
945	81	27
946	80	27
947	81	31
948	81	41
949	81	41
950	81	37
951	81	43
952	81	34
953	81	31
954	81	26
955	81	23
956	81	27
957	81	38
958	81	40
959	81	39
960	81	27
961	81	33
962	80	28
963	81	34

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
964	83	72
965	81	49
966	81	51
967	80	55
968	81	48
969	81	36
970	81	39
971	81	38
972	80	41
973	81	30
974	81	23
975	81	19
976	81	25
977	81	29
978	83	47
979	81	90
980	81	75
981	80	60
982	81	48
983	81	41
984	81	30
985	80	24
986	81	20
987	81	21
988	81	29
989	81	29
990	81	27
991	81	23
992	81	25
993	81	26
994	81	22
995	81	20
996	81	17
997	81	23
998	83	65
999	81	54
1 000	81	50
1 001	81	41
1 002	81	35
1 003	81	37
1 004	81	29
1 005	81	28

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
1 006	81	24
1 007	81	19
1 008	81	16
1 009	80	16
1 010	83	23
1 011	83	17
1 012	83	13
1 013	83	27
1 014	81	58
1 015	81	60
1 016	81	46
1 017	80	41
1 018	80	36
1 019	81	26
1 020	86	18
1 021	82	35
1 022	79	53
1 023	82	30
1 024	83	29
1 025	83	32
1 026	83	28
1 027	76	60
1 028	79	51
1 029	86	26
1 030	82	34
1 031	84	25
1 032	86	23
1 033	85	22
1 034	83	26
1 035	83	25
1 036	83	37
1 037	84	14
1 038	83	39
1 039	76	70
1 040	78	81
1 041	75	71
1 042	86	47
1 043	83	35
1 044	81	43
1 045	81	41
1 046	79	46
1 047	80	44

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
1 048	84	20
1 049	79	31
1 050	87	29
1 051	82	49
1 052	84	21
1 053	82	56
1 054	81	30
1 055	85	21
1 056	86	16
1 057	79	52
1 058	78	60
1 059	74	55
1 060	78	84
1 061	80	54
1 062	80	35
1 063	82	24
1 064	83	43
1 065	79	49
1 066	83	50
1 067	86	12
1 068	64	14
1 069	24	14
1 070	49	21
1 071	77	48
1 072	103	11
1 073	98	48
1 074	101	34
1 075	99	39
1 076	103	11
1 077	103	19
1 078	103	7
1 079	103	13
1 080	103	10
1 081	102	13
1 082	101	29
1 083	102	25
1 084	102	20
1 085	96	60
1 086	99	38
1 087	102	24
1 088	100	31
1 089	100	28

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
1 090	98	3
1 091	102	26
1 092	95	64
1 093	102	23
1 094	102	25
1 095	98	42
1 096	93	68
1 097	101	25
1 098	95	64
1 099	101	35
1 100	94	59
1 101	97	37
1 102	97	60
1 103	93	98
1 104	98	53
1 105	103	13
1 106	103	11
1 107	103	11
1 108	103	13
1 109	103	10
1 110	103	10
1 111	103	11
1 112	103	10
1 113	103	10
1 114	102	18
1 115	102	31
1 116	101	24
1 117	102	19
1 118	103	10
1 119	102	12
1 120	99	56
1 121	96	59
1 122	74	28
1 123	66	62
1 124	74	29
1 125	64	74
1 126	69	40
1 127	76	2
1 128	72	29
1 129	66	65
1 130	54	69
1 131	69	56

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
1 132	69	40
1 133	73	54
1 134	63	92
1 135	61	67
1 136	72	42
1 137	78	2
1 138	76	34
1 139	67	80
1 140	70	67
1 141	53	70
1 142	72	65
1 143	60	57
1 144	74	29
1 145	69	31
1 146	76	1
1 147	74	22
1 148	72	52
1 149	62	96
1 150	54	72
1 151	72	28
1 152	72	35
1 153	64	68
1 154	74	27
1 155	76	14
1 156	69	38
1 157	66	59
1 158	64	99
1 159	51	86
1 160	70	53
1 161	72	36
1 162	71	47
1 163	70	42
1 164	67	34
1 165	74	2
1 166	75	21
1 167	74	15
1 168	75	13
1 169	76	10
1 170	75	13
1 171	75	10
1 172	75	7
1 173	75	13

▼C1

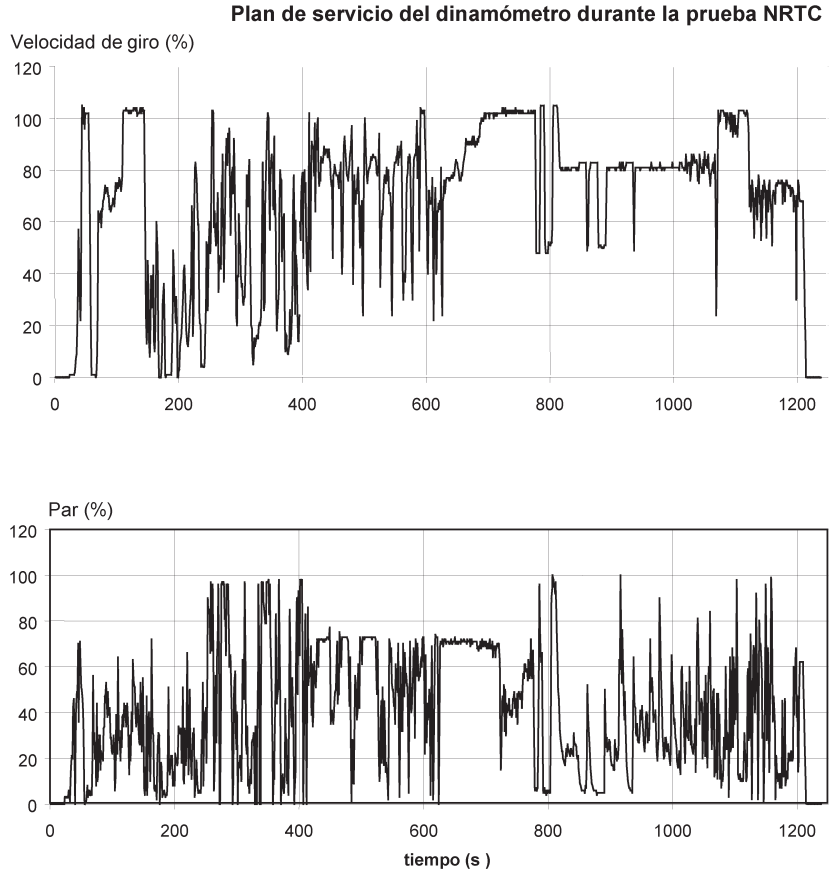
Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
1 174	76	8
1 175	76	7
1 176	67	45
1 177	75	13
1 178	75	12
1 179	73	21
1 180	68	46
1 181	74	8
1 182	76	11
1 183	76	14
1 184	74	11
1 185	74	18
1 186	73	22
1 187	74	20
1 188	74	19
1 189	70	22
1 190	71	23
1 191	73	19
1 192	73	19
1 193	72	20
1 194	64	60
1 195	70	39
1 196	66	56
1 197	68	64
1 198	30	68
1 199	70	38
1 200	66	47
1 201	76	14
1 202	74	18
1 203	69	46
1 204	68	62
1 205	68	62
1 206	68	62
1 207	68	62
1 208	68	62
1 209	68	62
1 210	54	50
1 211	41	37
1 212	27	25
1 213	14	12
1 214	0	0
1 215	0	0

▼C1

Tiempo (s)	Norm. Velocidad de giro (%)	Norm. Par (%)
1 216	0	0
1 217	0	0
1 218	0	0
1 219	0	0
1 220	0	0
1 221	0	0
1 222	0	0
1 223	0	0
1 224	0	0
1 225	0	0
1 226	0	0
1 227	0	0
1 228	0	0
1 229	0	0
1 230	0	0
1 231	0	0
1 232	0	0
1 233	0	0
1 234	0	0
1 235	0	0
1 236	0	0
1 237	0	0
1 238	0	0

▼C1

Se muestra a continuación un gráfico del plan de servicio del dinamómetro durante una prueba NRTC



▼M8

Apéndice 5

Requisitos de durabilidad

1. COMPROBACIÓN DE LA DURABILIDAD DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN DE LAS FASES III A Y III B

El presente apéndice se aplicará exclusivamente a los motores de encendido por compresión de las fases III A y III B.

1.1. Los fabricantes determinarán un factor de deterioro (FD) por cada contaminante regulado para todas las familias de motores de las fases III A y III B. Estos FD se utilizarán con fines de homologación de tipo y ensayos en la cadena de producción.

1.1.1. El ensayo de determinación de los FD se realizará como sigue:

1.1.1.1. El fabricante realizará ensayos de durabilidad para acumular horas de funcionamiento del motor de acuerdo con un plan de ensayos, el cual se habrá seleccionado basándose en criterios técnicos adecuados por ser representativo del funcionamiento del motor en condiciones reales con el fin de establecer las características del deterioro del funcionamiento en lo que se refiere a las emisiones. El período durante el cual se realizará el ensayo de durabilidad será normalmente equivalente a un cuarto del período de durabilidad de las emisiones (PDE) como mínimo.

Podrán acumularse horas de rodaje haciendo funcionar el motor en un banco de ensayos dinamométrico o utilizándolo en una máquina en la vida real. Se podrá recurrir a ensayos de durabilidad acelerados si el programa de rodaje se realiza a un factor de carga más elevado que el del uso normal en la vida real. El fabricante determinará el factor de aceleración que relaciona el número de horas de la prueba de durabilidad del motor con el número de horas PDE equivalente basándose en criterios técnicos adecuados.

Durante el ensayo de durabilidad, no se podrán someter a revisión componentes importantes para las emisiones ni reemplazarlos más que siguiendo el plan de mantenimiento recomendado por el fabricante.

El fabricante del motor seleccionará, basándose en criterios técnicos adecuados, el motor, subsistemas o componentes del ensayo que se utilizarán para determinar los FD de las emisiones de gases de escape de una familia de motores o de familias de motores con una tecnología de control de las emisiones equivalente. El criterio consiste en que el motor de ensayo debe representar las características de deterioro de las emisiones de las familias de motores que aplicarán los valores de los FD resultantes para la homologación de tipo. Los motores de diferentes diámetros, número de tiempos, configuración, sistemas de gestión del aire, sistemas de combustible se considerarán equivalentes en cuanto a las características de deterioro de las emisiones si hay una base técnica razonable para tal consideración.

Podrán aplicarse los valores de los FD de otro fabricante si hay motivos razonables para considerar la equivalencia tecnológica en relación con el deterioro de las emisiones y está demostrado que las pruebas se han realizado de acuerdo con los requisitos especificados. Los ensayos de emisiones se realizarán siguiendo los procedimientos definidos en la presente Directiva para el motor de ensayo después del rodaje inicial pero antes de cualquier ensayo de rodaje, y a la conclusión del ensayo de durabilidad. Los ensayos de emisiones se podrán efectuar también a intervalos durante el período del ensayo de rodaje y utilizarse para determinar las pautas de deterioro.

▼M8

1.1.1.2. No será necesario que la autoridad de homologación presencie los ensayos de rodaje ni los ensayos de emisiones realizados para determinar el deterioro.

1.1.1.3. Determinación de los valores de los FD a partir de los ensayos de durabilidad

Por FD sumatorio se entiende el valor obtenido restando el valor de las emisiones determinado al principio del PDE del valor de las emisiones determinado que representa las prestaciones relativas a las emisiones al final del PDE.

Por FD multiplicador se entiende el nivel de emisiones determinado para el final del PDE dividido por el valor de las emisiones registrado al principio del PDE.

Se establecerán distintos valores de los FD por cada contaminante previsto por la legislación. En el caso de determinar un valor de FD relativo a la norma NO_x + HC, en el caso de un FD sumatorio, dicho valor se determinará basándose en la suma de los contaminantes, a pesar de que un deterioro negativo relativo a un contaminante no puede compensar el deterioro del otro. Para obtener un FD multiplicador para NO_x + HC, se determinarán y aplicarán FD por separado para HC y NO_x al calcular los niveles deteriorados de emisiones a partir del resultado de un ensayo de emisiones antes de combinar los valores deteriorados de NO_x y HC resultantes para determinar el cumplimiento de la norma.

En caso de que los ensayos no se realicen para todo el PDE, los valores de las emisiones al término del PDE se determinarán extrapolando a todo el PDE la pauta de deterioro de las emisiones establecida para el período de ensayo.

Si durante el ensayo de durabilidad de rodaje se han registrado periódicamente los resultados de los ensayos de emisiones, se aplicarán técnicas de tratamiento estadístico estándar basadas en buenas prácticas a fin de determinar los niveles de emisiones al término del PDE; para determinar los valores finales de las emisiones, podrán aplicarse pruebas de significancia estadística.

Si los resultados de los cálculos son un valor inferior a 1,00 para un FD multiplicador o inferior a 0,00 para un FD sumatorio, entonces el FD será de 1,0 y 0,00 respectivamente.

1.1.1.4. Previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, un fabricante podrá utilizar valores de FD establecidos a partir de los resultados de los ensayos de durabilidad realizados para obtener valores de FD para la certificación de motores pesados de encendido por compresión de carretera. Ello se autorizará si hay una equivalencia tecnológica entre el motor de carretera de ensayo y las familias de motores no de carretera que aplican los valores de los FD para la certificación. Los valores de los FD derivados de los resultados de los ensayos de durabilidad de las emisiones de los motores de carretera se calcularán basándose en los valores PDE definidos en la sección 3.

1.1.1.5. En caso de que una familia de motores utilice una tecnología bien conocida, podrá utilizarse un análisis basado en buenas prácticas técnicas en lugar de realizar ensayos para determinar un factor de deterioro para esa familia de motores, previa autorización de la autoridad de homologación de tipo.

1.2. **Información sobre los FD en las solicitudes de homologación**

1.2.1. En el caso de los motores de encendido por compresión que no utilicen ningún dispositivo de postratamiento se especificarán FD sumatorios para cada contaminante en la solicitud de homologación de una familia de motores.

▼M8

1.2.2. En el caso de los motores de encendido por compresión que utilicen un dispositivo de postratamiento se especificarán FD multiplicadores para cada contaminante en la solicitud de certificación de una familia de motores.

1.2.3. A petición de la autoridad de homologación de tipo, el fabricante aportará información para justificar los valores de los FD. Esa información incluirá, por lo general, los resultados de los ensayos de emisiones, el programa de rodaje, los procedimientos de mantenimiento y datos que apoyen las decisiones técnicas sobre la equivalencia tecnológica, si procede.

2. COMPROBACIÓN DE LA DURABILIDAD DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA DE LA FASE IV

2.1. **Generalidades**

2.1.1. La presente sección se aplicará a los motores de encendido por chispa de la fase IV. A petición del fabricante, también podrá aplicarse a los motores de encendido por chispa de las fases III A y III B en lugar de los requisitos de la sección 1 del presente apéndice.

2.1.2. En la presente sección 2 se presentan en detalle los procedimientos para seleccionar los motores que vayan a ser sometidos a ensayo a lo largo de un programa de rodaje a fin de determinar los factores de deterioro para la homologación de tipo y la evaluación de la conformidad de la producción de los motores de la fase IV. Los factores de deterioro se aplicarán, conforme al punto 2.4.7, a las emisiones medidas con arreglo al anexo III de la presente Directiva.

2.1.3. No será necesario que la autoridad de homologación presencie los ensayos de rodaje ni los ensayos de emisiones realizados para determinar el deterioro.

2.1.4. En la presente sección 2 se precisan asimismo las actividades de mantenimiento, relacionadas o no con las emisiones, a las que pueden o deben someterse los motores que sigan un programa de rodaje. Tal mantenimiento deberá ajustarse al realizado en los motores en servicio y ser comunicado a los propietarios de nuevos motores.

2.1.5. A petición del fabricante, la autoridad de homologación de tipo podrá autorizar la utilización de factores de deterioro establecidos mediante otros procedimientos distintos de los especificados en las secciones 2.4.1 a 2.4.5. En este caso, el fabricante demostrará, a satisfacción de la autoridad de homologación, que los otros procedimientos que se han utilizado no son menos rigurosos que los previstos en las secciones 2.4.1 a 2.4.5.

2.2. **Definiciones**

Aplicables para la sección 2 del apéndice 5.

2.2.1. «Ciclo de envejecimiento»: operación de la máquina o del motor (velocidad, carga, potencia) que debe efectuarse durante el período de rodaje.

2.2.2. «Componentes esenciales relacionados con las emisiones»: componentes concebidos fundamentalmente para el control de las emisiones, a saber, cualquier sistema de postratamiento del gas de escape, la ECU y sus sensores y actuadores relacionados, y el sistema de recirculación del gas de escape (EGR), incluidos todos los filtros, refrigeradores, válvulas de control y tubos relacionados.

2.2.3. «Mantenimiento esencial relacionado con las emisiones»: mantenimiento que debe llevarse a cabo en los componentes esenciales relacionados con las emisiones.

▼M8

2.2.4. «Mantenimiento relacionado con las emisiones»: mantenimiento que afecta sustancialmente a las emisiones o que es probable que afecte al deterioro del comportamiento relativo a las emisiones del vehículo o del motor en uso normal.

2.2.5. «Familia de motores-sistemas de postratamiento»: agrupación, por parte de un fabricante, de motores que se ajustan a la definición de una familia de motor, pero que están agrupados a su vez en una suprafamilia de familias de motores que utilizan un sistema similar de postratamiento del gas de escape.

2.2.6. «Mantenimiento no relacionado con las emisiones»: mantenimiento que no afecta sustancialmente a las emisiones y que no tiene un efecto duradero sobre el deterioro del comportamiento relativo a las emisiones de la máquina o del motor en uso normal una vez efectuado el mantenimiento.

2.2.7. «Programa de rodaje»: el ciclo de envejecimiento y el período de rodaje utilizados para determinar los factores de deterioro de la familia de motores-sistemas de postratamiento.

2.3. **Selección de los motores para determinar los factores de deterioro del período de durabilidad de las emisiones**

2.3.1. Los motores se seleccionarán dentro de la familia de motores definida en la sección 6 del anexo I de la presente Directiva con el objeto de la realización de ensayos de emisiones a fin de determinar los factores de deterioro del período de durabilidad de las emisiones.

2.3.2. Los motores pertenecientes a diferentes familias de motores podrán agruparse en suprafamilias en función del tipo de sistema de postratamiento del gas de escape utilizado. A fin de agrupar en la misma familia de motores-sistemas de postratamiento motores que presentan distintas configuraciones cilíndricas pero que poseen especificaciones técnicas e instalaciones para los sistemas de postratamiento de gases de escape similares, el fabricante facilitará a la autoridad de homologación datos que acrediten que las prestaciones relativas a la reducción de las emisiones de dichos sistemas de motor son similares.

2.3.3. El fabricante del motor seleccionará un motor en representación de la familia de motores-sistemas de postratamiento de conformidad con el apartado 2.3.2 para someterlo a ensayo durante el programa de rodaje definido en el punto 2.4.2, e informará al respecto a la autoridad de homologación de tipo antes de que se inicien los ensayos.

2.3.3.1. En caso de que la autoridad de homologación de tipo decida que las emisiones de la familia de motores-sistemas de postratamiento en el caso más desfavorable pueden determinarse mejor sometiendo a ensayo a otro motor, este será seleccionado conjuntamente por dicha autoridad y por el fabricante del motor.

2.4. **Determinación de los factores de deterioro del período de durabilidad de las emisiones**

2.4.1. *Generalidades*

Los factores de deterioro aplicables a una familia de motores-sistemas de postratamiento se desarrollarán a partir de los motores seleccionados basándose en un programa de rodaje que incluya ensayos periódicos de emisiones de gases y de partículas durante los ensayos NRSC y NRTC.

▼**M8**

2.4.2. *Programa de rodaje*

Para la puesta en práctica de los programas de rodaje, el fabricante podrá optar por hacer funcionar una máquina equipada con el motor seleccionado a lo largo de un programa de rodaje en servicio o por hacer funcionar el motor seleccionado a lo largo de un programa de rodaje en dinamómetro.

2.4.2.1. Programa de rodaje en servicio y programa de rodaje en dinamómetro

2.4.2.1.1. El fabricante determinará la forma y la duración del rodaje y del ciclo de envejecimiento de los motores de conformidad con las buenas prácticas técnicas.

2.4.2.1.2. El fabricante determinará los puntos de ensayo donde se comprobarán las emisiones de gases y partículas con los ciclos NRTC y NRSC en caliente. Habrá, como mínimo, tres puntos de ensayo: uno al principio, uno aproximadamente a la mitad y uno al final del programa de rodaje.

2.4.2.1.3. Los valores de las emisiones en el punto inicial y en el punto final del período de durabilidad de las emisiones calculado conforme al punto 2.4.5.2 se situarán dentro de los límites aplicables a la familia de motores, pero los resultados de las emisiones individuales obtenidos en los puntos de ensayo podrán superar dichos valores límites.

2.4.2.1.4. A petición del fabricante y previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, solo será necesario efectuar un ciclo de ensayo (el ciclo NRSC o bien el ciclo NRTC en caliente) en cada punto de ensayo, y el otro ciclo solo deberá realizarse al principio y al final del programa de rodaje.

2.4.2.1.5. En el caso de los motores de régimen constante, los motores de menos de 19 kW, los motores de más de 560 kW, los motores destinados a los buques que navegan por aguas interiores y los motores destinados a la propulsión de automotores y locomotoras, solo se efectuará el ciclo NRSC en cada punto de ensayo.

2.4.2.1.6. Los programas de rodaje podrán ser diferentes para las distintas familias de motores-sistemas de postratamiento.

2.4.2.1.7. Los programas de rodaje podrán ser más cortos que el período de durabilidad de las emisiones, pero su duración no será inferior a la equivalente a, al menos, un cuarto del período de durabilidad de las emisiones correspondiente que se especifica en la sección 3 del presente apéndice.

2.4.2.1.8. Se permite el envejecimiento acelerado adaptando el programa de rodaje sobre la base del consumo de combustible. El ajuste se basará en la proporción entre el consumo de combustible típico en funcionamiento durante el ciclo de envejecimiento, sin que el consumo de combustible durante el ciclo de envejecimiento supere el consumo de combustible típico en funcionamiento en más de un 30 %.

2.4.2.1.9. A petición del fabricante y previa autorización de la autoridad de homologación de tipo, se permitirán otros métodos de envejecimiento acelerado.

2.4.2.1.10. El programa de rodaje deberá describirse con todo detalle en la solicitud de homologación de tipo y se notificará a la autoridad de homologación de tipo antes de que se inicien los ensayos.

▼**M8**

2.4.2.2. Si la autoridad de homologación de tipo decide que es necesario efectuar mediciones adicionales entre los puntos seleccionados por el fabricante, se lo notificará a este. El programa de rodaje revisado será preparado por el fabricante y aprobado por la autoridad de homologación de tipo.

2.4.3. *Ensayo del motor*

2.4.3.1. Estabilización del sistema de motor

2.4.3.1.1. El fabricante determinará, para cada familia de motores-sistemas de postratamiento, el número de horas de funcionamiento de la máquina o del motor que son necesarias para que se estabilice el motor-sistema de postratamiento. A petición de la autoridad de homologación, el fabricante pondrá a su disposición los datos y análisis utilizados para determinar dicho número de horas. Otra posibilidad consiste en que el fabricante opte por hacer funcionar el motor o la máquina entre 60 y 125 horas o el tiempo equivalente en el ciclo de envejecimiento para estabilizar el motor-sistema de postratamiento.

2.4.3.1.2. Se considerará que el fin del período de estabilización determinado en la sección 2.4.3.1.1 marca el inicio del programa de rodaje.

2.4.3.2. Ensayo de rodaje

2.4.3.2.1. Tras la estabilización, el motor estará en funcionamiento durante el programa de rodaje seleccionado por el fabricante, como se describe en la sección 2.3.2. En los intervalos periódicos del programa de rodaje que el fabricante ha determinado y, cuando sea posible, que la autoridad de homologación de tipo también ha estipulado con arreglo a la sección 2.4.2.2, se someterá a ensayo el motor con respecto a las emisiones de gases y de partículas durante los ciclos NRSC y NRTC en caliente.

El fabricante podrá optar por medir las emisiones contaminantes anteriores a cualquier sistema de postratamiento por separado de las emisiones contaminantes posteriores a cualquier sistema de postratamiento.

De conformidad con la sección 2.4.2.1.4, si se ha acordado que solo se efectúe un ciclo de ensayo (NRSC o NRTC en caliente) en cada punto de ensayo, el otro ciclo de ensayo (NRSC o NRTC en caliente) se efectuará al principio y al final del programa de rodaje.

Conforme a la sección 2.4.2.1.5, en el caso de los motores de régimen constante, los motores de menos de 19 kW, los motores de más de 560 kW, los motores destinados a los buques que navegan por aguas interiores y los motores destinados a la propulsión de automotores y locomotoras, solo se efectuará el ciclo NRSC en cada punto de ensayo.

2.4.3.2.2. Durante el programa de rodaje, el mantenimiento del motor se llevará a cabo de conformidad con la sección 2.5.

2.4.3.2.3. Durante el programa de rodaje, se podrán llevar a cabo operaciones de mantenimiento no programadas en el motor o en el vehículo, por ejemplo, si el sistema ordinario de diagnóstico del fabricante detecta un problema que hubiese indicado al maquinista que se ha producido un fallo.

▼**M8**

2.4.4. *Notificación*

2.4.4.1. Los resultados de todos los ensayos de emisiones (NRSC y NRTC en caliente) realizados durante el programa de rodaje se pondrán a disposición de la autoridad de homologación. En caso de que se declaren nulos los resultados de un ensayo de emisiones, el fabricante deberá explicar los motivos. En tal caso, se realizará otra serie de ensayos de emisiones dentro de las siguientes 100 horas de rodaje.

2.4.4.2. El fabricante llevará un registro de toda la información relativa a los ensayos de emisiones y al mantenimiento llevados a cabo en el motor durante el programa de rodaje. Esta información se presentará a la autoridad de homologación junto con los resultados de los ensayos de emisión realizados durante el programa de rodaje.

2.4.5. *Determinación de los factores de deterioro*

2.4.5.1. Para cada contaminante medido en los ciclos NRSC y NRTC en caliente en cada punto de ensayo durante el programa de rodaje, se efectuará un análisis de regresión lineal de ajuste óptimo basado en los resultados de todos los ensayos. Los resultados de cada ensay o relativos a cada contaminante se expresarán con el mismo número de decimales, más uno, que el valor límite para dicho contaminante aplicable a la familia de motores.

De conformidad con lo dispuesto en las secciones 2.4.2.1.4 o 2.4.2.1.5, si se ha realizado solo un ciclo de ensayo (NRSC o NRTC en caliente) en cada punto de ensayo, el análisis de regresión se realizará atendiendo exclusivamente a los resultados del ciclo de ensayo efectuado en cada punto de ensayo.

A petición del fabricante y con la autorización previa de la autoridad de homologación de tipo, se permitirá una regresión no lineal.

2.4.5.2. Los valores de emisión de cada contaminante al inicio del programa de rodaje y en el punto final del período de durabilidad de las emisiones aplicable al motor sometido a ensayo se calcularán a partir de la ecuación de regresión. Si el programa de rodaje tiene una duración inferior al período de durabilidad de las emisiones, los valores de las emisiones en el punto final del período de durabilidad se determinarán por extrapolación de la ecuación de regresión determinada en la sección 2.4.5.1.

En el caso de que se utilicen los valores de las emisiones para familias de motores de la misma familia de motores-postratamiento pero con períodos de durabilidad de las emisiones distintos, los valores de las emisiones en el punto final del período de durabilidad se recalcularán para cada período de durabilidad de las emisiones por extrapolación o interpolación de la ecuación de regresión determinada en la sección 2.4.5.1.

2.4.5.3. El factor de deterioro (FD) para cada contaminante se define como la relación entre los valores de las emisiones aplicados en el punto final del período de durabilidad y al inicio del programa de rodaje (factor de deterioro multiplicador).

A petición del fabricante y con la autorización previa de la autoridad de homologación de tipo, se podrá aplicar un factor de deterioro sumatorio para cada contaminante. El factor de deterioro sumatorio se define como la diferencia entre los valores de las emisiones calculados en el punto final del período de durabilidad y en el inicio del programa de rodaje.

▼M8

En la figura 1, se muestra un ejemplo para determinar los factores de deterioro mediante regresión lineal en relación con la emisión de NO_x.

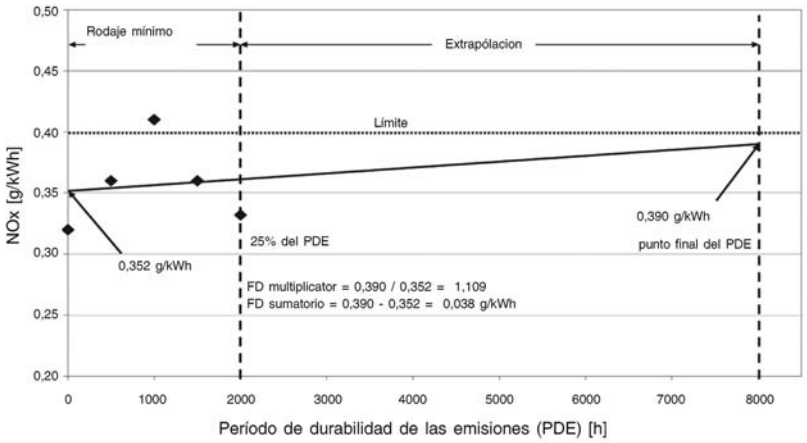
No se permitirá la mezcla de factores multiplicadores y sumatorios en un conjunto de contaminantes.

Si los resultados de los cálculos son un valor inferior a 1,00 para un FD multiplicador o inferior a 0,00 para un FD sumatorio, entonces el FD será de 1,0 y 0,00 respectivamente.

Conforme a lo dispuesto en la sección 2.4.2.1.4, si se ha acordado realizar un solo ciclo de ensayo (NRSC o NRTC en caliente) en cada punto de ensayo y realizar el otro ciclo (NRSC o NRTC en caliente) únicamente al principio y al final del programa de rodaje, el factor de deterioro calculado para el ciclo de ensayo realizado en cada punto de ensayo será aplicable también para el otro ciclo de ensayo.

Figura 1

Ejemplo de determinación del FD



2.4.6. *Factores de deterioro asignados*

2.4.6.1. Como alternativa al uso de un programa de rodaje para determinar los factores de deterioro, los fabricantes de motores podrán optar por utilizar los factores de deterioro multiplicadores siguientes:

Ciclo de ensayo	CO	HC	NO_x	PM
NRTC	1,3	1,3	1,15	1,05
NRSC	1,3	1,3	1,15	1,05

No se dan los factores de deterioro sumatorios asignados. No se permitirá transformar los factores de deterioro multiplicadores asignados en factores de deterioro sumatorios.

En aquellos casos en que se utilicen factores de deterioro asignados, el fabricante presentará a la autoridad de homologación de tipo pruebas sólidas de que cabe suponer razonablemente que los componentes de control de las emisiones tendrán la durabilidad de las emisiones asociada a dichos factores asignados. Las pruebas podrán basarse en el análisis del diseño o en ensayos, o en una combinación de ambos.

▼**M8**

2.4.7. *Aplicación de los factores de deterioro*

2.4.7.1. Los motores deberán cumplir los límites de emisión de cada contaminante aplicables a la familia de motores después de aplicar los factores de deterioro al resultado del ensayo medido de conformidad con el anexo III (emisión específica ponderada por el ciclo relativa a las partículas y a cada gas). Dependiendo del tipo de factor de deterioro, se aplicarán las disposiciones siguientes:

— multiplicador: (emisión específica ponderada por el ciclo) * FD ≤ límite de emisión

— sumatorio: (emisión específica ponderada por el ciclo) + FD ≤ límite de emisión

Si el fabricante, basándose en la opción indicada en la sección 1.2.1 del presente anexo, opta por utilizar el procedimiento del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, la emisión específica ponderada por el ciclo puede incluir el ajuste por regeneración infrecuente, cuando corresponda.

2.4.7.2. En el caso de un FD multiplicador para NO_x + HC, se determinarán y aplicarán FD por separado para HC y NO_x al calcular los niveles deteriorados de emisiones a partir del resultado de un ensayo de emisiones antes de combinar los valores deteriorados de NO_x y HC resultantes para determinar el cumplimiento del límite de emisiones.

2.4.7.3. El fabricante podrá optar por trasladar los FD determinados para una familia de motores-sistemas de postratamiento a un sistema de motor que no pertenezca a la misma familia de motores-sistemas de postratamiento. En tales casos, el fabricante deberá demostrar a la autoridad de homologación que el sistema de motor cuya la familia de motores-sistemas de postratamiento fue sometida a ensayo inicialmente y el sistema de motor cuyos FD son trasladados tienen especificaciones técnicas y requisitos de instalación en el vehículo similares y que las emisiones de dicho motores o sistema de motor son similares.

En el caso de que se trasladen FD a un sistema de motor con un período de durabilidad de las emisiones distinto, los FD se recalcularán para el período de durabilidad de las emisiones aplicable por extrapolación o interpolación de la ecuación de regresión determinada en la sección 2.4.5.1.

2.4.7.4. El FD de cada contaminante de cada ciclo de ensayo aplicable se registrará en el documento de resultado de los ensayos establecido en el apéndice 1 del anexo VII.

2.4.8. *Verificación de la conformidad de la producción*

2.4.8.1. La verificación de la conformidad de la producción por lo que respecta a las emisiones se llevará a cabo de conformidad con lo dispuesto en la sección 5 del anexo I.

2.4.8.2. El fabricante podrá optar por medir las emisiones contaminantes antes de cualquier sistema de postratamiento de gases de escape al mismo tiempo que se efectúa el ensayo de homologación de tipo. Para ello, el fabricante podrá desarrollar, con carácter extraoficial, factores de deterioro distintos para el motor y para el sistema de postratamiento que podrá utilizar como ayuda para auditar el final de la línea de producción.

2.4.8.3. A efectos de la homologación de tipo, solo los factores de deterioro determinado con arreglo a los puntos 2.4.5 o 2.4.6 se registrarán en el documento de resultados de los ensayos establecido en el apéndice 1 del anexo VII.

▼**M8**

2.5. **Mantenimiento**

A los efectos del programa de rodaje, el mantenimiento se realizará de conformidad con el manual de servicio y mantenimiento facilitado por el fabricante.

2.5.1. *Mantenimiento programado relacionado con las emisiones*

2.5.1.1. El mantenimiento programado relacionado con las emisiones y efectuado durante el funcionamiento del motor para la puesta en práctica de un programa de rodaje deberá efectuarse a intervalos equivalentes a los que se especificarán en las instrucciones de mantenimiento que el fabricante facilitará al propietario de la máquina o del motor. Este programa de mantenimiento podrá actualizarse, en su caso, a lo largo de todo el programa de rodaje, siempre que no se suprima del programa de mantenimiento ninguna operación de mantenimiento que haya sido realizada en el motor de ensayo.

2.5.1.2. El fabricante del motor deberá especificar, para el programa de rodaje, cualquier ajuste, limpieza, mantenimiento (en caso necesario) o cambio previsto de los siguientes elementos:

— los filtros y refrigeradores en el sistema de recirculación de los gases de escape,

— la válvula de ventilación positiva del cárter, en su caso,

— las puntas del inyector de combustible (solo se permite la limpieza),

— los inyectores de combustible,

— el turbocompresor,

— la unidad de control electrónico del motor y sus sensores y actuadores asociados,

— el sistema de postratamiento de partículas (incluidos los componentes relacionados),

— el sistema de postratamiento de NO_x (incluidos los componentes relacionados),

— el sistema de recirculación de los gases de escape, incluidos todos los tubos y válvulas de control relacionados,

— cualquier otro sistema de postratamiento de los gases de escape.

2.5.1.3. El mantenimiento programado relacionado con las emisiones críticas solo se realizará si está concebido para efectuarse en uso y si la exigencia de realizar dicho mantenimiento se comunica al propietario de la máquina.

2.5.2. *Modificaciones del mantenimiento programado*

2.5.2.1. El fabricante deberá someter a la aprobación de la autoridad de homologación de tipo cualquier nuevo mantenimiento programado que desee realizar durante el programa de rodaje y que luego desee recomendar a los propietarios de máquinas y motores. La solicitud irá acompañada de datos que justifiquen la necesidad del nuevo mantenimiento programado y del intervalo de mantenimiento.

2.5.3. *Mantenimiento programado no relacionado con las emisiones*

2.5.3.1. El mantenimiento no relacionado con las emisiones programado que sea razonable y técnicamente necesario (por ejemplo, cambio del aceite, cambio del filtro del aceite, cambio del filtro del combustible, cambio del filtro del aire, mantenimiento del sistema de refrigeración, ajuste del ralentí, regulador, par de los pernos del motor, juego de la válvula, juego del inyector, ajuste de la tensión de las correas de transmisión, etc.) podrá realizarse en motores o máquinas seleccionados para el programa de rodaje a los intervalos menos frecuentes recomendados al propietario por el fabricante (por ejemplo, no a los intervalos recomendados para una utilización intensiva).

▼M8

2.5.4. *Reparación*

2.5.4.1. Las reparaciones de los componentes de un sistema de motor seleccionado para la realización de ensayos durante un programa de rodaje se efectuarán únicamente como resultado de un fallo de un componente o del mal funcionamiento del sistema de motor. No se permitirá la reparación del motor, del sistema de control de emisiones o del sistema del combustible, salvo con arreglo a lo dispuesto en el punto 2.5.4.2.

2.5.4.2. Si el propio motor, el sistema de control de emisiones o el sistema de combustible fallan durante el programa de rodaje, el rodaje se considerará nulo y se iniciará un nuevo rodaje con un nuevo sistema de motor, excepto en el caso de que los componentes que fallan se sustituyan por componentes equivalentes que hayan estado sometidos a un número similar de horas de rodaje.

3. PERÍODO DE DURABILIDAD DE LAS EMISIONES PARA LOS MOTORES DE LAS FASES III A, III B Y IV

3.1. Los fabricantes usarán el PDE del cuadro 1 de la presente sección.

Cuadro 1

Período de durabilidad de las emisiones para motores de encendido por compresión de las fases III A, III B y IV (horas)

Categoría (banda de potencia)	Período de durabilidad de las emisiones (horas)
≤ 37 kW (motores de régimen constante)	3 000
≤ 37 kW (motores de régimen variable)	5 000
> 37 kW	8 000
Motores destinados a la propulsión de buques que navegan por aguas interiores:	10 000
Motores de automotores y locomotoras	10 000

▼M8

Apéndice 6

Determinación de las emisiones de CO_2 de los motores de las fases I, II, III A, III B y IV

1. **Introducción**

1.1. En el presente anexo se exponen las disposiciones y los procedimientos de ensayo para notificar las emisiones de CO_2 correspondientes a todas las fases comprendidas entre la I y la IV. Si el fabricante, basándose en la opción indicada en la sección 1.2.1 del presente anexo, opta por utilizar el procedimiento del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, se aplicará el apéndice 7 del presente anexo.

2. **Requisitos generales**

2.1. Las emisiones de CO_2 se determinarán a lo largo del ciclo de ensayo aplicable especificado en la sección 1.1 del anexo III conforme a la sección 3 (NRSC) o la sección 4 (NRTC de arranque en caliente), respectivamente, del anexo III. En el caso de la fase III B, las emisiones de CO_2 se determinarán a lo largo del ciclo de ensayo NRTC de arranque en caliente.

2.2. Los resultados del ensayo se notificarán como valores específicos del freno promediados del ciclo y se expresarán en la unidad de g/kWh.

2.3. Si, a elección del fabricante, el NRSC se realiza como ciclo modal con aumentos, se aplicarán las referencias al NRTC del presente apéndice o bien los requisitos del apéndice 7 del anexo III.

3. **Determinación de las emisiones de CO_2**

3.1. *Medición del gas de escape sin diluir*

Se aplicará la presente sección si se mide el CO_2 en el gas de escape sin diluir.

3.1.1. Medición

El CO_2 del gas de escape sin diluir emitido por el motor sometido a ensayo se medirá con un analizador no dispersivo por absorción en los infrarrojos (NDIR) de conformidad con las secciones 1.4.3.2 (NRSC) o 2.3.3.2 (NRTC), respectivamente, del apéndice 1 del anexo III.

El sistema de medición cumplirá los requisitos de linealidad establecidos en la sección 1.5 del apéndice 2 del anexo III.

El sistema calentado cumplirá los requisitos de la sección 1.4.1 (NRSC) o 2.3.1 (NRTC), respectivamente, del apéndice 1 del anexo III.

3.1.2. Evaluación de los datos

Los datos pertinentes se registrarán y se almacenarán con arreglo a las secciones 3.7.4 (NRSC) o 4.5.7.2 (NRTC), respectivamente, del anexo III.

3.1.3. Cálculo del valor de las emisiones promediadas del ciclo

Si se mide en base seca, se aplicará la corrección seco/húmedo conforme a lo dispuesto en las secciones 1.3.2 (NRSC) o 2.1.2.2 (NRTC), respectivamente, del apéndice 3 del anexo III.

En el caso del NRSC, la masa de CO_2 (g/h) se calculará para cada modalidad con arreglo a la sección 1.3.4 del apéndice 3 del anexo III. Los flujos del gas de escape se determinarán con arreglo a las secciones 1.2.1 a 1.2.5 del apéndice 1 del anexo III.

En el caso del NRTC, la masa de CO_2 (g/ensayo) se calculará con arreglo a la sección 2.1.2.1 del apéndice 3 del anexo III. El flujo del gas de escape se determinará con arreglo a la sección 2.2.3 del apéndice 1 del anexo III.

▼M8

3.2. *Medición del gas de escape diluido*

Se aplicará la presente sección si se mide el CO_2 en el gas de escape diluido.

3.2.1. Medición

El CO_2 del gas de escape diluido emitido por el motor sometido a ensayo se medirá con un analizador no dispersivo por absorción en los infrarrojos (NDIR) de conformidad con las secciones 1.4.3.2 (NRSC) o 2.3.3.2 (NRTC), respectivamente, del apéndice 1 del anexo III. La dilución del gas de escape se efectuará con aire ambiente filtrado, aire sintético o nitrógeno. El caudal del sistema de flujo total deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo.

El sistema de medición cumplirá los requisitos de linealidad establecidos en la sección 1.5 del apéndice 2 del anexo III.

El sistema calentado cumplirá los requisitos de la sección 1.4.1 (NRSC) o 2.3.1 (NRTC), respectivamente, del apéndice 1 del anexo III.

3.2.2. Evaluación de los datos

Los datos pertinentes se registrarán y se almacenarán con arreglo a las secciones 3.7.4 (NRSC) o 4.5.7.2 (NRTC), respectivamente, del anexo III.

3.2.3. Cálculo del valor de las emisiones promediadas del ciclo

Si se mide en base seca, se aplicará la corrección seco/húmedo conforme a lo dispuesto en las secciones 1.3.2 (NRSC) o 2.1.2.2 (NRTC), respectivamente, del apéndice 3 del anexo III.

En el caso del NRSC, la masa de CO_2 (g/h) se calculará para cada modalidad con arreglo a la sección 1.3.4 del apéndice 3 del anexo III. Los flujos del gas de escape diluido se determinarán con arreglo a la sección 1.2.6 del apéndice 1 del anexo III.

En el caso del NRTC, la masa de CO_2 (g/ensayo) se calculará con arreglo a la sección 2.2.3 del apéndice 3 del anexo III. El flujo del gas de escape diluido se determinará con arreglo a la sección 2.2.1 del apéndice 3 del anexo III.

Se aplicará una corrección de fondo con arreglo a la sección 2.2.3.1.1 del apéndice 3 del anexo III.

3.3. *Cálculo de las emisiones específicas del freno*

3.3.1. NRSC

Las emisiones específicas del freno e_{CO2} (g/kWh) se calcularán de la manera siguiente:

$$e_{CO2} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(CO2_{mass,i} \times W_{F,i})}{\sum_{i=1}^{i=n}(P_i \times W_{F,i})}$$

donde:

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

y

$CO_{2\ mass,i}$ es la masa de CO_2 de la modalidad (g/h)

$P_{m,i}$ es la potencia medida de la modalidad (kW)

▼**M8**

$P_{AE,i}$ es la potencia de los elementos auxiliares de la modalidad (kW)

$W_{F,i}$ es el factor de ponderación de la modalidad

3.3.2. NRTC

Se determinará el trabajo durante el ciclo necesario para el cálculo de las emisiones de CO_2 específicas del freno de conformidad con la sección 4.6.2 del anexo III.

Las emisiones específicas del freno e_{CO2} (g/kWh) se calcularán de la manera siguiente:

$$e_{CO2} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}}$$

donde:

$m_{CO2,\ hot}$ es las emisiones másicas de CO_2 del NRTC de arranque en caliente (g)

$W_{act,\ hot}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el NRTC de arranque en caliente. (kWh)

▼M8

Apéndice 7

Modo alternativo de determinación de las emisiones de CO_2

1. **Introducción**

Si el fabricante, basándose en la opción indicada en la sección 1.2.1 del presente anexo, opta por utilizar el procedimiento del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, se aplicarán las disposiciones y los procedimientos de notificación de las emisiones de CO_2 que se establecen en el presente apéndice.

2. **Requisitos generales**

2.1. Las emisiones de CO_2 se determinarán a lo largo del NRTC de arranque en caliente conforme a la sección 7.8.3 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

2.2. Los resultados del ensayo se notificarán como valores específicos del freno promediados del ciclo y se expresarán en la unidad de g/kWh.

3. **Determinación de las emisiones de CO_2**

3.1. *Medición del gas de escape sin diluir*

Se aplicará la presente sección si se mide el CO_2 en el gas de escape sin diluir.

3.1.1. Medición

El CO_2 del gas de escape sin diluir emitido por el motor sometido a ensayo se medirá con un analizador no dispersivo por absorción en los infrarrojos (NDIR) de conformidad con la sección 9.4.6 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

El sistema de medición cumplirá los requisitos de linealidad establecidos en la sección 8.1.4 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

El sistema de medición cumplirá los requisitos establecidos en la sección 8.1.9 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

3.1.2. Evaluación de los datos

Los datos pertinentes se registrarán y almacenarán de conformidad con la sección 7.8.3.2 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

3.1.3. Cálculo del valor de las emisiones promediadas del ciclo

Si se mide en base seca, antes de realizar cualquier otro cálculo se aplicará la corrección seco/húmedo a los valores de concentración instantáneos, conforme a lo dispuesto en la sección A.8.2.2 del apéndice 8 o la sección A.7.3.2 del apéndice 7 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

La masa de CO_2 (g/ensayo) se calculará mediante la multiplicación de las concentraciones de CO_2 instantáneas alineadas en términos temporales y los flujos de gas de escape y la integración a lo largo del ciclo de ensayo con arreglo a lo dispuesto en una de las letras siguientes:

a) las secciones A.8.2.1.2 y A.8.2.5 del apéndice 8 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, utilizando los valores u de CO_2 del cuadro A.8.1 o calculando los valores u conforme a la sección A.8.2.4.2 del apéndice 8 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas;

b) las secciones A.7.3.1 y A.7.3.3 del apéndice 7 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

▼**M8**

3.2. *Medición del gas de escape diluido*

Se aplicará la presente sección si se mide el CO_2 en el gas de escape diluido.

3.2.1. Medición

El CO_2 del gas de escape diluido emitido por el motor sometido a ensayo se medirá con un analizador no dispersivo por absorción en los infrarrojos (NDIR) de conformidad con la sección 9.4.6 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas. La dilución del gas de escape se efectuará con aire ambiente filtrado, aire sintético o nitrógeno. El caudal del sistema de flujo total deberá ser suficiente para eliminar por completo la condensación de agua en los sistemas de dilución y de muestreo.

El sistema de medición cumplirá los requisitos de linealidad establecidos en la sección 8.1.4 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

El sistema de medición cumplirá los requisitos establecidos en la sección 8.1.9 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

3.2.2. Evaluación de los datos

Los datos pertinentes se registrarán y almacenarán de conformidad con la sección 7.8.3.2 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

3.2.3. Cálculo del valor de las emisiones promediadas del ciclo

Si se mide en base seca, antes de realizar cualquier otro cálculo se aplicará la corrección seco/húmedo a los valores de concentración instantáneos, conforme a lo dispuesto en la sección A.8.3.2 del apéndice 8 o la sección A.7.4.2 del apéndice 7 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

La masa de CO_2 (g/ensayo) se calculará mediante la multiplicación de las concentraciones de CO_2 y los flujos de gas de escape diluido con arreglo a lo dispuesto en una de las letras siguientes:

a) las secciones A.8.3.1 y A.8.3.4 del apéndice 8 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, utilizando los valores u de CO_2 del cuadro A.8.2 o calculando los valores u conforme a la sección A.8.3.3 del apéndice 8 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas;

b) las secciones A.7.4.1 y A.7.4.3 del apéndice 7 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

Se aplicará una corrección de fondo con arreglo a las secciones A.8.3.2.4 o A.7.4.1 del apéndice 8 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

3.3. *Cálculo de las emisiones específicas del freno*

Se determinará el trabajo durante el ciclo necesario para el cálculo de las emisiones de CO_2 específicas del freno de conformidad con los requisitos de la sección 7.8.3.4 del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

▼**M8**

Las emisiones específicas del freno e_{CO2} (g/kWh) se calcularán de la manera siguiente:

$$e_{CO2} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}}$$

donde:

$m_{CO2,\ hot}$ es las emisiones másicas de CO_2 del NRTC de arranque en caliente (g)

$W_{act,\ hot}$ es el trabajo del ciclo efectivo en el NRTC de arranque en caliente (kWh)

▼M2

ANEXO IV

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA PARA MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. En el presente anexo se describe el método para determinar las emisiones de gases contaminantes 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. **Condiciones de prueba del motor**

Se medirá la temperatura absoluta (T_a) del aire de admisión, expresada en grados kelvin, y la presión atmosférica seca (p_s), expresada en kPa, y se procederá al cálculo del factor f_a, definido por la fórmula siguiente:

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

2.1.1. *Validez de la prueba*

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

$$0,93 \leq f_a \leq 1,07$$

2.1.2. *Motores con refrigeración del aire de sobrealimentación*

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

2.2. **Sistema de admisión del motor**

El motor deberá estar equipado con un sistema de admisión que presente una restricción a la entrada de aire del orden del 10 % del límite superior prescrito por el fabricante para un filtro de aire nuevo, en las condiciones de funcionamiento del motor asimismo prescritas por el fabricante, que produzca el máximo caudal de aire en la aplicación respectiva del motor.

En el caso de los pequeños motores de encendido por chispa (< 1 000 cm^3 de cilindrada), se utilizará un sistema representativo del motor instalado.

2.3. **Sistema de escape del motor**

El motor deberá estar equipado con un sistema de escape que presente una contrapresión del orden del 10 % del límite superior prescrito por el fabricante para las condiciones de funcionamiento del motor que produzca la potencia máxima declarada en la aplicación respectiva del motor.

En el caso de los pequeños motores de encendido por chispa (< 1 000 cm^3 de cilindrada) se utilizará un sistema representativo del motor instalado.

2.4. **Sistema de refrigeración**

Se utilizará un sistema de refrigeración del motor con suficiente capacidad para mantener el motor a las temperaturas de funcionamiento normales prescritas por el fabricante. Esta disposición se aplicará a las unidades que deban separarse para medir la potencia, como con un soplante en el que sea necesario desmontar el ventilador (de refrigeración) para acceder al cigüeñal.

▼M2

2.5. **Aceite lubricante**

Se utilizará aceite que cumpla las prescripciones del fabricante del motor para su uso previsto. Los fabricantes deben utilizar lubricantes representativos de los disponibles comercialmente.

Se anotarán las características del aceite lubricante utilizado para la prueba en el punto 1.2 del anexo VII, apéndice 2 para motores de encendido por chispa, y se presentarán con los resultados de la prueba.

2.6. **Carburadores ajustables**

Los motores con carburadores ajustables limitados se comprobarán en ambos extremos del ajuste.

2.7. **Combustible de prueba**

El combustible será el de referencia cuyas características se definen en el anexo V. El octanaje y la densidad del combustible de referencia utilizado para la prueba se anotarán en el punto 1.1.1 del anexo VII, apéndice 2 para motores de encendido por chispa. En el caso de los motores de dos tiempos, la relación de mezcla combustible/aceite deberá ser la recomendada por el fabricante. El porcentaje de aceite en la mezcla de combustible y lubricante que se alimenta a los motores de dos tiempos, y la densidad resultante del combustible, se anotarán en el punto 1.1.4 del anexo VII, apéndice 2 para motores de encendido por chispa.

2.8. **Determinación de los ajustes del dinamómetro**

La medición de emisiones se basará en la potencia de freno sin corregir. Los accesorios que sólo sean necesarios para el funcionamiento de la máquina y que puedan ir montados en el motor deberán ser desmontados antes de realizar la prueba. En el caso de que no se desmonten estos accesorios, se determinará la potencia por ellos absorbida con el fin de calcular los ajustes del dinamómetro, salvo en el caso de que estos accesorios formen parte integral del motor (por ejemplo, los ventiladores de refrigeración de los motores refrigerados por aire).

Los valores de restricción de admisión y de contrapresión en el turbo de escape se ajustarán a los límites superiores prescritos por el fabricante, en aquellos motores en los que sea posible realizar este ajuste, de acuerdo con los puntos 2.2 y 2.3. 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:

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

donde:

S es el ajuste del dinamómetro [kW]

P_M es la potencia máxima observada o declarada a la velocidad de prueba en las condiciones de prueba (véase el apéndice 2 del anexo VII) [kW]

P_{AE} es la potencia total declarada absorbida por cualquier accesorio montado para la prueba [kW] y no necesario de acuerdo con el apéndice 3 del anexo VII.

L es el porcentaje de par prescrito para la modalidad de prueba.

▼M2

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. **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.

3.2. **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 estabilicen todas las temperaturas y presiones a plena carga y a la velocidad de giro nominal (punto 3.5.2).

3.3. **Ajuste de la relación de dilución**

La relación de dilución total no deberá ser inferior a cuatro.

En los sistemas controlados por concentración de CO_2 o NO_x el contenido de CO_2 o NO_x del aire de dilución deberá medirse al comienzo y al final de cada prueba. Los valores de concentración básica de CO_2 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.

3.4. **Comprobación de los analizadores**

Los analizadores de emisiones se ajustarán a cero y se comprobarán con gas de ajuste.

3.5. **Ciclo de prueba**

3.5.1. Especificación 1, el inciso iii) de la letra A de la maquinaria de acuerdo con el punto 1 del anexo I.

Cuando la prueba del motor se realice con un dinamómetro, se efectuarán los ciclos de pruebas de acuerdo con el tipo de maquinaria siguientes:

ciclo D ([1]): motores de velocidad constante y carga intermitente, como equipos generadores;

ciclo G1: aplicaciones no portátiles de velocidad intermedia;

ciclo G2: aplicaciones no portátiles de velocidad nominal;

ciclo G3: aplicaciones portátiles.

([1]) Idéntico al ciclo D2 de la norma ISO 8168-4: 1996(E).

▼**M2**

3.5.1.1. Modalidades de prueba y factores de ponderación

Ciclo D

Nº modalidad	1	2	3	4	5						
Velocidad del motor	Nominal					Intermedia					Ralentí
% de carga ([1])	100	75	50	25	10						
Factor de ponderación	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1						

Ciclo G1

Nº modalidad						1	2	3	4	5	6
Velocidad del motor	Nominal					Intermedia					Ralentí
% de carga						100	75	50	25	10	0
Factor de ponderación						0,09	0,2	0,29	0,3	0,07	0,05

Ciclo G2

Nº modalidad	1	2	3	4	5						6
Velocidad del motor	Nominal					Intermedia					Ralentí
% de carga	100	75	50	25	10						0
Factor de ponderación	0,09	0,2	0,29	0,3	0,07						0,05

Ciclo G3

Nº modalidad	1										2
Velocidad del motor	Nominal					Intermedia					Ralentí
% de carga	100										0
Factor de ponderación	0,85 (*)										0,15 (*)

([1]) Las cifras de carga son porcentajes del par correspondiente a la potencia motriz definida como máxima potencia disponible durante una secuencia de potencia variable, que puede durar un número ilimitado de horas al año, entre los intervalos de mantenimiento establecidos y con arreglo a las condiciones ambiente establecidas, realizándose el mantenimiento de acuerdo con lo prescrito por el fabricante. Véase una mejor ilustración de la definición de potencia motriz en la figura 2 de la norma ISO 8528-1: 1993(E).

(*) En la Fase 1 podrán utilizarse los valores 0,90 y 0,10 en lugar de 0,85 y 0,15 respectivamente.

3.5.1.2. Selección del ciclo de prueba apropiado

Si se conoce el principal uso final de un modelo de motor, entonces puede elegirse el ciclo de prueba en función de los ejemplos del punto 3.5.1.3. Si no se conoce con seguridad, entonces debe elegirse el ciclo de prueba apropiado en función de las prescripciones técnicas del motor.

▼**M2**

3.5.1.3. Ejemplos (esta lista no es exhaustiva)

Ejemplos típicos para:

ciclo D:

equipos generadores con carga intermitente, incluidos los equipos generadores a bordo de barcos y trenes (no destinados a propulsión), equipos refrigeradores, aparatos soldadores,

compresores de gas;

ciclo G1:

motores delanteros o traseros para cortacéspedes,

vehículos para campos de golf,

Barrederas para césped,

cortacéspedes de cilindros o giratorios de control manual,

equipos quitanieves,

equipos de eliminación de residuos;

ciclo G2:

generadores portátiles, bombas, soldadores y compresores de aire,

también puede incluir equipos de mantenimiento del césped o de jardinería, que funcionen a la velocidad nominal del motor;

ciclo G3:

ventiladores,

motosierras,

recortasetos,

serrerías portátiles,

roturadoras giratorias,

pulverizadoras,

recortabordes,

equipos de aspiración.

3.5.2. *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.

3.5.3. *Secuencia de prueba*

Se realizarán los ciclos de prueba G1, G2 o G3 por el orden numérico de modalidades señalado. El tiempo de toma de muestras de cada modalidad será de 180 segundos como mínimo. Se medirán los valores de concentración de escape y se anotarán durante los 120 últimos segundos del tiempo de toma respectivo. En cada punto de medición, la duración de la modalidad será suficiente para que el motor alcance su estabilidad térmica antes de iniciar la toma de muestras. Se anotará la duración de la modalidad y se incluirá en el informe.

▼M2

a) Para motores comprobados con la configuración para la prueba dinamométrica de control de velocidad. 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 un ± 1 % de la velocidad nominal o de ± 3 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 un ± 2 % del par máximo a la velocidad de giro de la prueba.

b) Para motores comprobados con la configuración para la prueba dinamométrica de control de carga. 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 un ± 2 % de la velocidad nominal o de ± 3 min^{-1}, debiendo tenerse en cuenta el más elevado de estos dos valores, pero en cualquier caso se deberá mantener dentro de una tolerancia de un ± 5 %, excepto en lo que se refiere a la velocidad de ralentí, que deberá estar dentro de las tolerancias declaradas por el fabricante.

Durante cada modalidad del ciclo de prueba en la que el par prescrito alcance o supere el 50 % del par máximo a la velocidad de giro de la prueba, el par medio prescrito durante el período de adquisición de datos se deberá mantener dentro de una tolerancia de un ± 5 % del par prescrito. Durante los modos del ciclo de prueba en los que el par prescrito sea inferior al 50 % del par máximo a la velocidad de giro de la prueba, el par medio prescrito durante el período de adquisición de datos se deberá mantener dentro de una tolerancia de un ± 10 % del par prescrito o ± 0,5 Nm, debiendo tenerse en cuenta el más elevado de estos dos valores.

3.5.4. *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 180 últimos segundos de cada modalidad. Si se utiliza la toma de muestras en bolsas para la medición del CO y el CO_2 diluidos (véase el punto 1.4.4 del apéndice 1), se recogerá una muestra en una bolsa durante los 180 últimos segundos de cada modalidad y se analizará y registrará la muestra.

3.5.5. *Condiciones del motor*

En cada modalidad se medirán la velocidad de giro y la carga del motor, la temperatura del aire de admisión y el caudal de combustible, una vez estabilizado el motor. Se anotará cualquier dato necesario para el cálculo (véanse los puntos 1.1 y 1.2 del apéndice 3).

3.6. **Recomprobación de los analizadores**

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

▼M2

Apéndice 1

1. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y TOMA DE MUESTRAS

Los gases emitidos por el motor sometido a prueba se medirán por los métodos señalados en el anexo VI. Los métodos del anexo VI describen los sistemas de análisis recomendados para las emisiones gaseosas (punto 1.1).

1.1. **Características del dinamómetro**

Se utilizará un dinamómetro para motores con características adecuadas para realizar el ciclo de prueba descrito en el punto 3.5.1 del anexo IV. 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 combustible y caudal diluido total**

Se utilizarán caudalímetros con la precisión definida en el punto 1.3 para medir el caudal de combustible que se utilizará para calcular las emisiones (apéndice 3). Si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, se medirá el caudal total del escape diluido (G_{TOTW}) con un PDP o CFV (véase el punto 1.2.1.2 del anexo VI). La precisión se ajustará a las disposiciones 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 requisitos prescritos en las tablas 2 y 3.

Tabla 2: Desviaciones permisibles de los instrumentos de medida de los parámetros relacionados con el motor

N	Dato	Desviación permisible
1	Velocidad de giro del motor	± 2 % del valor medido o ± 1 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
2	Par	± 2 % del valor medido o ± 1 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores
3	Consumo de combustible a ([a])	± 2 % del valor máximo del motor
4	Consumo de aire a ([a])	± 2 % del valor medido o ± 1 % del valor máximo del motor, debiéndose tener en cuenta el más elevado de estos valores

([a]) Los cálculos de las emisiones de escapa que se describen en esta Directiva se basan, en algunos casos, en métodos de medida o cálculo diferentes. Debido a las limitadas tolerancias totales para el cálculo de las emisiones de escape, los valores admisibles para algunos datos, utilizados en las ecuaciones apropiadas, deben ser más pequeños que las tolerancias admisibles prescritas en la norma ISO 3046-3.

▼M2

Tabla 3: Desviaciones permisibles de instrumentos de medida de otros parámetros esenciales

Nº	Dato	Desviaciones permisibles
1	Temperaturas ≤ 600 K	± 2 K absolutos
2	Temperaturas ≥ 600 K	± 1 % del valor medido
3	Presión de los gases de escape	± 0,2 kPa absolutos
4	Depresión en el colector de admisión	± 0,05 kPa absolutos
5	Presión atmosférica	± 0,1 kPa absolutos
6	Otras presiones	± 0,1 kPa absolutos
7	Humedad relativa	± 3 % absolutos
8	Humedad absoluta	± 5 % del valor medido
9	Caudal de aire de dilución	± 2 % del valor medido
10	Caudal de gases de escape diluidos	± 2 % del valor medido

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 presente anexo).

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

1.4.1.1. Precisión

El analizador no se desviará del punto de calibrado nominal más de un ± 2 % del valor medido en todo el campo de medida excepto cero, ni más de un ± 0,3 % del valor máximo de la escala en cero. La precisión se determinará de acuerdo con los requisitos de calibrado prescritos en el punto 1.3.

1.4.1.2. Repetibilidad

La repetibilidad, deberá ser tal que 2,5 veces la desviación típica de diez respuestas repetitivas a un determinado gas de calibración o de ajuste, no sea superior a un ± 1 % del valor máximo de la escala de concentración para cada campo de medida utilizado por encima de 100 ppm (o ppm C) o a un ± 2 % de cada campo de medida utilizado por debajo de 100 ppm (o ppm C).

1.4.1.3. Ruido

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

▼M2

1.4.1.4. Deriva de cero

La deriva de cero se define como la respuesta media, incluido el ruido, a un gas de cero durante un intervalo de 30 segundos. 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.

1.4.1.5. Deriva de ajuste

La respuesta de ajuste se define como la respuesta media, incluido el ruido, a un gas de ajuste durante un intervalo de 30 segundos. La deriva de ajuste 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.

1.4.2. *Secado de los gases*

Los gases de escape deberán medirse en fase húmeda o seca. Si se utiliza un dispositivo 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 se describen los principios de medición que deberán utilizarse. En el anexo VI 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 (CO_2)

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

1.4.3.3. Análisis de oxígeno (O_2)

Los analizadores de oxígeno deberán ser detectores paramagnéticos (PMD), sensores de dióxido de zirconio (ZRDO) u otros sensores electroquímicos (ECS).

Nota: No se recomienda utilizar sensores de dióxido de zirconio cuando las concentraciones de HC y CO son elevadas, como en el caso de los motores de encendido por chispa de mezcla pobre. En el caso de los sensores electroquímicos se tendrá en cuenta una compensación por interferencia de CO_2 y NO_X.

1.4.3.4. Análisis de hidrocarburos (HC)

Para tomar muestras de gas puro, 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 ± 10 K (190 °C ± 10 °C).

Para tomar muestras de gas diluido, el analizador de hidrocarburos deberá ser del tipo de detector de ionización de llama caldeado (HFID) o del tipo de detector de ionización de llama (FID).

▼**M2**

1.4.3.5. 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 fase húmeda, se utilizará un HCLD con convertidor mantenido a una temperatura superior a 328 K (55 ^{o}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). Tanto con CLD como con HCLD, el circuito de toma de muestras se mantendrá a una temperatura de pared de 328 K a 473 K (55 ^{o}C a 200 ^{o}C) hasta el convertidor en el caso de la medición en seco, y hasta el analizador en el caso de la medición en fase húmeda.

1.4.4. *Toma de muestras de emisiones gaseosas*

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.

La sonda de toma de muestras de emisiones de escape deberá estar en el lado de alta presión del silenciador, pero lo más lejos posible del orificio de escape. Para garantizar la mezcla completa de las emisiones de escape antes de la toma de muestras, puede insertarse opcionalmente una cámara de mezcla entre la salida del silenciador y la sonda de toma de muestras. El volumen interno de la cámara de mezcla no debe ser inferior a diez veces la cilindrada del motor sometido a prueba, y deberá ser de altura, anchura y profundidad aproximadamente iguales, de forma parecida a la de un cubo. La cámara de mezcla deberá ser lo más pequeña que resulte viable y acoplarse lo más cerca posible del motor. La tubería de escape que salga de la cámara de mezcla del silenciador deberá extenderse al menos 610 mm más allá de la ubicación de la sonda de toma de muestras y ser de tamaño suficiente para reducir al mínimo la contrapresión. La temperatura de la superficie interior de la cámara de mezcla deberá mantenerse por encima del punto de condensación de los gases de escape y se recomienda mantener una temperatura mínima de 338 ^{o}CK (65 ^{o}C).

Como alternativa, todos los componentes pueden medirse directamente en el túnel de dilución, o tomando una muestra en una bolsa y determinando posteriormente la concentración de dicha muestra.

▼M2

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 CO_2, ≤ 0,1 ppm NO),

— oxígeno purificado (pureza > 99,5 vol O_2),

— mezcla de hidrógeno y helio (40 ± 2 % de hidrógeno, el resto helio) contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO_2,

— aire sintético purificado (contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2, ≤ 0,1 ppm NO (contenido de oxígeno entre el 18 % y el 21 % vol.).

1.2.2. *Gases de calibración*

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

— C_3H_8 y aire sintético purificado (véase el punto 1.2.1),

— CO y nitrógeno purificado,

— NO_x y nitrógeno purificado (la cantidad de NO_2 contenida en este gas de calibración no deberá sobrepasar el 5 % del contenido de NO), y

— CO_2 nitrógeno purificado, y

— CH_4 aire sintético purificado, y

— C_2H_6 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 no deberá diferir del valor nominal en más de un ± 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 podrán obtenerse también mediante mezcladores de precisión (divisores 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 del ± 1,5 %. Esta precisión implica que los gases primarios utilizados para la mezcla deben conocerse con una precisión mínima del ± 1 %, trazable con arreglo a normas nacionales o internacionales para gases. La verificación se realizará a un valor entre el 15 % y el 50 % de la escala máxima para cada calibración que incorpore un mezclador.

▼M2

Como alternativa, el mezclador puede comprobarse con un instrumento que sea lineal por naturaleza, por ejemplo, utilizando gas NO con un CLD. El valor de calibración del instrumento se ajustará con el gas de calibración directamente conectado al mismo. El mezclador se comprobará en los valores utilizados y el valor nominal se comparará con la concentración medida del instrumento. La diferencia en cada punto será del orden del ± 0,5 % del valor nominal.

1.2.3. *Comprobación de la interferencia de oxígeno*

Los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno contendrán propano con 350 ppm C ± 75 ppm C de hidrocarburos. El valor de concentración se determinará con arreglo a las tolerancias del gas de calibración mediante un análisis cromatográfico de los hidrocarburos totales más impurezas o mediante una mezcla dinámica. El nitrógeno será el diluyente predominante, siendo el resto oxígeno. La mezcla requerida para comprobar motores de gasolina es la siguiente:

Concentración de interferencia O_2	Resto
10 (9 a 11)	Nitrógeno
5 (4 a 6)	Nitrógeno
0 (0 a 1)	Nitrógeno

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. En el caso de instrumentos de laboratorio como la cromatografía gaseosa (GC) y la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), se aplicará exclusivamente el punto 1.5.4.

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»*.

Como alternativa, se puede vaciar el sistema con una presión mínima de 20 kPa en vacío (80 kPa absolutos). Después de un período de estabilización inicial, el incremento de presión δp (kPa/min) en el sistema no deberá sobrepasar el valor:

$$\delta p = p/V_{syst} \times 0{,}005 \times fr$$

Donde:

V_{syst} = volumen del sistema [l]

fr = caudal del sistema [l/min]

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 ajuste. Si después de un período de tiempo adecuado, la medición señala una concentración inferior en comparación con la concentración introducida, esto indica que hay problemas de calibración o de fugas.

▼M2

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 1.9.1).

1.5.4. *GC y HPCL*

Se calibrarán ambos instrumentos de acuerdo con las mejores prácticas de laboratorio y las recomendaciones del fabricante.

1.5.5. *Determinación de las curvas de calibración*

1.5.5.1. Reglas generales

a) Se calibrarán todos los campos de medida normalmente utilizados.

b) Los analizadores de CO, CO_2, NO_x y HC se ajustarán a cero utilizando aire sintético (o nitrógeno) purificado.

c) Se introducirán en los analizadores los gases de calibración adecuados, se anotarán los valores correspondientes y se determinará la curva de calibración.

d) Se determinará la curva de calibración para todos los campos de medida, excepto el más bajo, en al menos diez puntos de calibración (excepto el cero) separados a intervalos iguales. Se determinará la curva de calibración para el campo de medida más bajo en al menos diez puntos de calibración (excepto el cero) separados de modo que la mitad de los puntos de calibración queden por debajo del 15 % de la escala máxima del analizador, y el resto queden por encima del 15 % de la escala máxima. En todos los campos de medida, la concentración nominal máxima debe ser igual o mayor que el 90 % de la escala máxima.

e) La curva de calibración se calculará por el método de los mínimos cuadrados. Puede utilizarse una ecuación lineal o no lineal de ajuste óptimo.

f) Los puntos de calibración no deben diferir de la línea de ajuste óptimo de mínimos cuadrados en más de un ± 2 % del valor medido o de un ± 0,3 % de la escala máxima, debiendo tenerse en cuenta el más elevado de estos dos valores.

g) Si es necesario, se volverá a comprobar el ajuste cero y se repetirá el procedimiento de calibración.

1.5.5.2. 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.

▼M2

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 procedimiento siguiente.

La calibración se comprueba utilizando un gas de cero y un gas de ajuste 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 un ± 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 1.5.5.1.

1.7. **Calibración del analizador de gas indicador para la medición del caudal de escape**

La calibración del analizador con el que se mide la concentración del gas indicador se realizará con el gas patrón.

La curva de calibración se determinará en al menos diez puntos de calibración (excepto el cero) espaciados de modo que la mitad de los puntos de calibración queden situados entre el 4 % y el 20 % de la escala máxima del analizador y el resto queden entre el 20 % y el 100 % de dicha escala máxima. La curva de calibración se calculará por el método de los mínimos cuadrados.

La curva de calibración no deberá diferir en más de un ± 1 % de la escala máxima del valor nominal de cada punto de calibración, en la gama del 20 % al 100 % de la escala máxima. Tampoco debe diferir en más de un ± 2 % de la medición del valor nominal en la gama del 4 % al 20 % de la escala máxima. El analizador se ajustará a cero y se comprobarán con gas de ajuste antes de realizar la prueba, utilizando un gas de cero y un gas de ajuste cuyo valor nominal sea superior al 80 % de la escala máxima del analizador.

1.8. **Prueba de rendimiento del convertidor de NO_x**

El rendimiento del convertidor utilizado para la conversión del NO_2 en NO se comprobará como se indica en los puntos 1.8.1 a 1.8.8 (figura 1 del apéndice 2 del anexo III).

1.8.1. *Preparación de la prueba*

Utilizando el montaje de prueba representado en la figura 1 del anexo III y siguiendo el procedimiento indicado a continuación, podrá comprobarse el rendimiento de los convertidores por medio de un ozonizador.

1.8.2. *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 ajuste (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 ajuste no pase por el convertidor. Se registrará la concentración indicada.

1.8.3. *Cálculo*

El rendimiento del convertidor de NO_x se calcula como sigue:

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

▼**M2**

Donde:

a = concentración de NO_x de acuerdo con el punto 1.8.6,

b = concentración de NO_x de acuerdo con el punto 1.8.7,

c = concentración de NO de acuerdo con el punto 1.8.4,

d = concentración de NO de acuerdo con el punto 1.8.5

1.8.4. *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 1.8.2 (el analizador estará en la modalidad NO).

Se registrará la concentración indicada (c). Durante todo el proceso se mantendrá desactivado el ozonizador.

1.8.5. *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 1.8.2. Se registrará la concentración indicada (d) (el analizador estará en la modalidad NO).

1.8.6. *Modalidad NO_x*

Seguidamente se pondrá el analizador de NO en la modalidad NO_x para que la mezcla de gases (compuesta de NO, NO_2, O_2 y N_2) pase por el convertidor. Se registrará la concentración indicada (a) (el analizador estará en el modo NO_x).

1.8.7. *Desactivación del ozonizador*

A continuación se desactivará el ozonizador y la mezcla de gases descrita en el punto 1.8.6 pasará por el convertidor al detector. Se registrará la concentración indicada (b) (el analizador estará en la modalidad NO_x).

1.8.8. *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 un ± 5 % del valor medido según el punto 1.8.2 (el analizador estará en el modo NO).

1.8.9. *Intervalo de comprobación*

El rendimiento del convertidor deberá comprobarse cada mes.

1.8.10. *Rendimiento requerido*

El rendimiento del convertidor no 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 1.8.5, deberá utilizarse la escala más alta que proporcione dicha reducción.

▼M2

1.9. **Ajuste del FID**

1.9.1. *Optimización de la respuesta del detector*

El HFID deberá ajustarse en la forma prescrita por el fabricante del instrumento. Se utilizará un gas de ajuste 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 ajuste 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 ajuste 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 ajuste y de cero a los caudales de combustible mencionados. Se trazará una gráfica de la diferencia entre la respuesta de ajuste y de cero y se ajustará el caudal de combustible al lado rico de la curva. Este es el ajuste inicial de caudal, que puede tener que ser optimizado posteriormente en función de los resultados del factor de respuesta a los hidrocarburos y de la comprobación de la interferencia de oxígeno con arreglo a los puntos 1.9.2 y 1.9.3.

Si la interferencia de oxígeno los factores de respuesta a los hidrocarburos no se ajustan a las prescripciones siguientes, el caudal de aire se ajustará de modo incremental por encima y por debajo del valor especificado por el fabricante, y se repetirán los puntos 1.9.2 y 1.9.3 para cada flujo.

1.9.2. *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 un ± 2 % en relación con un patrón gravimétrico expresado en volumen. Asimismo, la botella de gas deberá preacondicionarse durante 24 horas a una temperatura de 298 ^{o}K (25 ^{o}C) ± 5 ^{o}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.

1.9.3. *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. Se escogerá un campo de medida en el que los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno se sitúen en el 50 % superior. La prueba se realizará con el horno a la temperatura necesaria. Los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno se especifican en el punto 1.2.3.

a) Se pondrá el analizador a cero.

▼M2

b) Se ajustará el analizador con gas de ajuste, con la mezcla de oxígeno al 0 % para motores de gasolina.

c) Se volverá a comprobar la respuesta de cero. Si ha cambiado más de un 0,5 % de la escala máxima, se repetirán los ajustes de las letras a) y b) de este punto.

d) Se introducirán los gases de comprobación de interferencia de oxígeno al 5 % y al 10 %.

e) Se volverá a comprobar la respuesta de cero. Si ha cambiado más de un ± 1 % de la escala máxima, se repetirá la prueba.

f) Se calculará la interferencia de oxígeno (% O_2I) para cada mezcla de la letra d) de la manera siguiente:

$$O_2I = \frac{(B - C)}{B} \times 100$$

$$\text{ppm C} = \frac{A}{D}$$

Donde:

A = concentración de hidrocarburos (ppm C) del gas de ajuste utilizado en la letra b) de este punto

B = concentración de hidrocarburos (ppm C) de los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno utilizados en la letra d) de este punto

C = respuesta del analizador

D = porcentaje de la respuesta del analizador en la escala máxima debido a A

g) El porcentaje de interferencia de oxígeno (% O_2I) será inferior al ± 3 % en todos los gases de comprobación de la interferencia de oxígeno requeridos antes de la prueba.

h) Si la interferencia de oxígeno es superior a un ± 3 %, se ajustará el caudal de aire de modo incremental por encima y por debajo de las prescripciones del fabricante, repitiendo el punto 1.9.1 para cada flujo.

i) Si la interferencia de oxígeno es superior a un ± 3 %, después de ajustar el caudal de aire, deberá variarse el caudal de combustible y después el caudal de la muestra, repitiendo la optimización del punto 1.9.1 para cada nuevo ajuste.

j) Si la interferencia de oxígeno sigue siendo superior a un ± 3 %, se reparará o reemplazará el analizador, el combustible FID, o el aire del quemador antes de la prueba. Después se repetirá esta operación tras reparar o sustituir el equipo o los gases.

1.10. **Efectos de interferencia con los analizadores de CO, CO_2, NO_X y O_2**

Los gases, aparte del que se analiza, pueden interferir en la lectura de diversos modos. Se produce una interferencia positiva en los instrumentos NDIR y PMD 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 1.10.1 y 1.10.2 deberán realizarse antes de la puesta en servicio inicial del analizador y después de largos intervalos de utilización, pero al menos una vez al año.

▼M2

1.10.1. *Comprobación de interferencia en el analizador de CO*

El agua y el CO_2 pueden interferir en el funcionamiento del analizador de CO. Por lo tanto, se deberá hacer barbotear por agua, a temperatura ambiente, un gas de ajuste de CO_2 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 obtenida del analizador. Ésta no deberá ser superior al 1 % del valor máximo de la escala para los campos operativos iguales o superiores a 300 ppm, o más de 3 ppm para los campos operativos inferiores a 300 ppm.

1.10.2. *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 CO_2 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.

1.10.2.1. Comprobación de la amortiguación por CO_2

Se hará pasar por el analizador NDIR un gas de ajuste de CO_2 con una concentración del 80 % al 100 % del valor máximo de la escala correspondiente al máximo campo operativo y se registrará el valor de CO_2 como A. Después se diluirá aproximadamente al 50 % con gas de ajuste de NO y se hará pasar por el NDIR y el (H) CLD, y se registrarán los valores de CO_2 y de NO como B y C respectivamente. Después se cortará el CO_2 de manera que sólo pase gas de ajuste de NO por el (H) CLD y se registrará el valor de NO como D.

La amortiguación, que no deberá ser superior al 3 % de la escala máxima, se calculará como sigue:

$$\%\ \text{amortiguaci ón}\ CO_2 = \left[1 - \left(\frac{(C \times A)}{(D \times A) - (D \times B)}\right)\right] \times 100$$

Donde:

A: concentración de CO_2 sin diluir medida con NDIR en %

B: concentración de CO_2 diluido medida con NDIR en %

C: concentración de NO diluido medida con CLD en ppm

D: concentración de NO sin diluir medida con CLD en ppm

Pueden utilizarse métodos alternativos para diluir y cuantificar los valores de los gases de ajuste de CO_2 y de NO, como dinámico/mezcla/dilución.

1.10.2.2. Comprobación de la amortiguación por agua

Esta comprobación sólo es aplicable a las mediciones de concentración de gas en fase húmeda. Para el cálculo de la amortiguación por agua, se tendrá en cuenta la dilución del gas de ajuste 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.

▼M2

Se hará pasar por el (H)CLD un gas de ajuste 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 determinará la temperatura del agua y se registrará como F. Se determinará la presión de vapor de saturación de la mezcla correspondiente a la temperatura (F) del agua de la cuba de barboteo y se registrará como G. La concentración de vapor de agua (en %) de la mezcla se calculará como sigue:

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

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

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

y se registrará como D_e.

La amortiguación por agua no será superior al 3 % y se calculará como sigue:

$$\%\ \text{amortiguaci ón}\ H_2O = 100 \times \left(\frac{D_e - C}{D_e}\right) \times \left(\frac{H_m}{H}\right)$$

D_e: concentración esperada de NO diluido (ppm)

C: concentración de NO diluido (ppm)

H_m: máxima concentración de vapor de agua

H: concentración real de vapor de agua (%)

Nota: Para esta comprobación es importante que el gas de ajuste de NO contenga una concentración mínima de NO_2, dado que la absorción de NO_2 en agua no se ha tenido en cuenta en los cálculos de amortiguación.

1.10.3. *Interferencia en el analizador de O_2*

La respuesta de los instrumentos de un analizador PMD a gases distintos del oxígeno es comparativamente escasa. La tabla 1 contiene los equivalentes de oxígeno de los componentes de los gases de escape comunes.

Tabla 1: Equivalentes de oxígeno

Gas	Equivalente de O_2
Dióxido de carbono CO_2	– 0,623
Monóxido de carbono (CO)	– 0,354
Óxido de nitrógeno (NO)	+ 44,4
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	+ 28,7
Agua (H_2O)	– 0,381

▼M2

La concentración de oxígeno observada se corregirá con la siguiente fórmula para realizar mediciones de alta precisión:

$$\text{Interferencia} = \frac{(\%\ \text{equivalente}\ O_2 \times \text{concentración observada})}{100}$$

1.11. **Intervalos de calibración**

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

▼M2

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 120 segundos de cada modalidad como mínimo y, durante cada modalidad se deberán determinar las concentraciones medias (conc) de HC, CO, NO_x y CO_2 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. **Cálculo de las emisiones gaseosas**

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

1.2.1. *Corrección en fase seca/húmeda*

Si la medición no se ha realizado ya en fase húmeda, se convertirá la concentración medida a su equivalente en dicha fase húmeda:

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

Para los gases de escape sin diluir:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0{,}005 \times (\%\ CO\ [seca] + \%\ CO_2[seca]) - 0{,}01 \times \%\ H_2[seca] + k_{w2}}$$

Donde α es la relación hidrógeno-carbono del combustible.

La concentración de H_2 en los gases de escape se calculará como sigue:

$$H_2[seca] = \frac{0{,}5 \times \alpha \times \%\ CO\ [seca] \times (\%\ CO\ [seca] + \%\ CO_2[seca])}{\%\ CO\ [seca] + (3 \times \%\ CO_2[seca])}$$

El factor k_{w2} se calculará como sigue:

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

siendo H_a la humedad absoluta del aire de admisión en g de agua por kg de aire seco.

Para los gases de escape diluidos:

Para la medición de CO_2 en fase húmeda:

$$k_w = k_{w,e,1} = \left(1 - \frac{\alpha \times \%\ CO2[húmeda]}{200}\right) - k_{w1}$$

O bien, para la medición de CO_2 en fase seca:

$$k_w = k_{w,e,2} = \left(\frac{(1 - k_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times \%\ CO_2[seca]}{200}}\right)$$

▼M2

Donde α es la relación hidrógeno-carbono del combustible.

El factor k_{w1} deberá calcularse a partir de las siguientes ecuaciones:

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

Donde:

H_d es la humedad absoluta del aire dilución, g de agua por kg de aire seco

H_a es la humedad absoluta del aire de admisión, g de agua por kg de aire seco

$$DF = \frac{13{,}4}{\%\ conc_{CO_2} + (ppm\ conc_{CO} + ppm\ conc_{HC}) \times 10^{-4}}$$

Para el aire de dilución:

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

El factor k_{w1} deberá calcularse a partir de las ecuaciones siguientes:

$$DF = \frac{13{,}4}{\%\ conc_{CO_2} + (ppm\ conc_{CO} + ppm\ conc_{HC}) \times 10^{-4}}$$

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

Donde:

H_d es la humedad absoluta del aire dilución, g de agua por kg de aire seco

H_a es la humedad absoluta del aire de admisión, g de agua por kg de aire seco

$$DF = \frac{13{,}4}{\%\ conc_{CO_2} + (ppm\ conc_{CO} + ppm\ conc_{HC}) \times 10^{-4}}$$

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

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

El factor k_{w2} deberá calcularse a partir de las siguientes ecuaciones:

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

siendo H_a la humedad absoluta del aire de admisión, kg de agua por kg de aire seco.

▼M2

1.2.2. *Corrección de humedad para NO_x*

Dado que la emisión de NO_x depende de las condiciones del aire ambiente, se deberá multiplicar la concentración de NO_x por el factor K_H teniendo en cuenta la humedad:

$$K_H = 0{,}6272 + 44{,}030 \times 10^{-3} \times H_a - 0{,}862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \text{(para motores de 4 tiempos)}$$

$$K_H = 1 \text{(para motores de 2 tiempos)}$$

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

1.2.3. *Cálculo de los gastos másicos de emisiones*

Los gastos másicos de emisiones Gas_{mass} de cada modalidad se calcularán como sigue:

a) Para los gases de escape sin diluir ([1]):

$$Gas_{mass} = \frac{MW_{Gas}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\%\ CO_2[\text{húmeda}] - \%\ CO_{2AIR}) + \%\ CO\ [\text{húmeda}] + \%\ HC\ [\text{húmeda}]\}} \times \%\ \text{conc} \times G_{FUEL} \times 1\ 000$$

Donde:

G_{FUEL} [kg/h] es el gasto másico del combustible.

MW_{Gas} [kg/kmol] es el peso molecular del gas individual indicado en la tabla 1.

Tabla 1: Pesos moleculares

Gas	MW_{Gas} [kg/kmol]
NO_x	46,01
CO	28,01
HC	$MW_{HC} = MW_{FUEL}$
CO_2	44,01

— $MW_{FUEL} = 12{,}011 + \alpha \times 1{,}00794 + ß \times 15{,}9994$ [kg/kmol] es el peso molecular del combustible siendo α la relación hidrógeno-carbono y ß la relación oxígeno-carbono del combustible ([2]);

— CO_{2AIR} es la concentración de CO_2 en el aire de admisión (que se presupone igual al 0,04 % si no se mide);

b) Para los gases de escape diluidos ([1]):

$$Gas_{mass} = u \times conc_c \times G_{TOTW}$$

([1]) En el caso de los NO_x, la concentración ha de multiplicarse por el factor de corrección de humedad K_H (factor de corrección de humedad para NO_x).

([2]) En la norma ISO 8178-1 se cita una fórmula más completa del peso molecular del combustible [fórmula 50 de la letra b) del punto 13.5.1]. Esta fórmula no sólo tiene en cuenta la relación hidrógeno-carbono y la relación oxígeno-carbono, sino también otros posibles componentes del combustible, como el azufre y el nitrógeno. Sin embargo, como los motores de encendido por chispa que contempla la Directiva se ponen a prueba con una gasolina (citada como combustible de referencia en el anexo V) que sólo suele contener carbono e hidrógeno, se utiliza la fórmula simplificada.

▼M2

Donde:

— G_{TOTW} [kg/h] es el gasto másico de los gases de escape diluidos en fase húmeda, el cual, si se utiliza un sistema de dilución de flujo total, se determinará con arreglo al punto 1.2.4 del apéndice 1 del anexo III,

— $conc_c$ es la concentración de base corregida:

$$conc_c = conc - conc_d \times (1 - 1/DF)$$

siendo

$$DF = \frac{13{,}4}{\%\ conc_{CO_2} + (ppm\ conc_{CO} + ppm\ conc_{HC}) \times 10^{-4}}$$

El coeficiente u se indica en la tabla 2.

Tabla 2: Valores del coeficiente u

Gas	U	conc
NO_x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO_2	15,19	%

Los valores del coeficiente u se basan en un peso molecular de los gases de escape diluidos igual a 29 [kg/kmol]; el valor de u para los HC se basa en una relación media carbono-hidrógeno de 1:1,85.

1.2.4. *Cálculo de las emisiones específicas*

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

$$\text{Gas individual} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Gas_{mass_i} \times WF_i)}{\sum_{i=1}^{n}(P_i \times WF_i)}$$

Donde $P_i = P_{M,i} + P_{AE,i}$

Si en la prueba se utilizan accesorios, como un ventilador, la potencia absorbida por ellos deberá sumarse a los resultados obtenidos, excepto en el caso de los accesorios que formen parte integral del motor a prueba. La potencia del ventilador se determinará a las velocidades de giro utilizadas en la prueba, ya sea calculándola a partir de características estándar o mediante pruebas prácticas (véase el apéndice 3 del anexo VII).

Los factores de ponderación y el número de modalidades n utilizados en el cálculo anterior están de acuerdo con lo señalado en el punto 3.5.1.1 del anexo IV.

▼M2

2. EJEMPLOS

2.1. **Datos de los gases de escape puros de un motor de encendido por chispa de cuatro tiempos**

Con referencia a los datos experimentales (tabla 3), se realizan primero los cálculos correspondientes a la modalidad nº 1, y después los correspondientes al resto de modalidades de prueba utilizando el mismo procedimiento.

Tabla 3: Datos experimentales de un motor de encendido por chispa de cuatro tiempos

Modalidad		nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
Velocidad de giro del motor	min^{-1}	2 550	2 550	2 550	2 550	2 550	1 480
Potencia	kW	9,96	7,5	4,88	2,36	0,94	0
Porcentaje de carga	%	100	75	50	25	10	0
Factores de ponderación	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050
Presión barométrica	kPa	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0
Temperatura del aire	ºC	20,5	21,3	22,4	22,4	20,7	21,7
Humedad relativa del aire	%	38,0	38,0	38,0	37,0	37,0	38,0
Humedad absoluta del aire	g_{H20}/kg_{air}	5,696	5,986	6,406	6,236	5,614	6,136
CO en fase seca	ppm	60 995	40 725	34 646	41 976	68 207	37 439
NO_x en fase húmeda	ppm	726	1 541	1 328	377	127	85
HC en fase húmeda	ppmC1	1 461	1 308	1 401	2 073	3 024	9 390
CO_2 en fase seca	% Vol.	11,4098	12,691	13,058	12,566	10,822	9,516
Gasto másico de combustible	kg/h	2,985	2,047	1,654	1,183	1,056	0,429
Relación H/C del combustible (α)	—	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Relación O/C del combustible (β)		0	0	0	0	0	0

2.1.1. *Factor de corrección de fase seca/húmeda k_w*

Este factor debe calcularse para convertir las mediciones de CO y CO_2 en fase seca a fase húmeda de la forma siguiente:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0{,}005 \times (\%\ CO\ [seca] + \%\ CO_2[seca]) - 0{,}01 \times \%\ H_2[seca] + k_{w2}}$$

Donde:

$$H_2[seca] = \frac{0{,}5 \times \alpha \times \%\ CO\ [seca] \times (\%\ CO\ [seca] + \%\ CO_2[seca])}{\%\ CO\ [seca] + (3 \times \%\ CO_2[seca])}$$

y:

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

▼**M2**

$$H_2(\text{seca}) = \frac{0{,}5 \times 1{,}85 \times 6{,}0995 \times (6{,}0995 + 11{,}4098)}{6{,}0995 + (3 \times 11{,}4098)} = 2{,}450\%$$

$$k_{w2} = \frac{1{,}608 \times 5{,}696}{1\,000 + (1{,}608 \times 5{,}696)} = 0{,}009$$

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + 1{,}85 \times 0{,}005 \times (6{,}0995 + 11{,}4098) - 0{,}01 \times 2{,}450 + 0{,}009} = 0{,}872$$

$$\text{CO [húmeda]} = \text{CO [seca]} \times k_w = 60995 \times 0{,}872 = 53198 \text{ ppm}$$

$$CO_2[\text{húmeda}] = CO_2[\text{seca}] \times k_w = 11{,}410 \times 0{,}872 = 9{,}951\% \text{ Vol.}$$

Tabla 4: Valores de CO y CO_2 en fase húmeda en distintas modalidades de prueba

Modalidad		nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
H_2 en fase seca	%	2,450	1,499	1,242	1,554	2,834	1,422
k_{w2}	—	0,009	0,010	0,010	0,010	0,009	0,010
k_w	—	0,872	0,870	0,869	0,870	0,874	0,894
CO en fase húmeda	ppm	53 198	35 424	30 111	36 518	59 631	33 481
CO_2 en fase húmeda	%	9,951	11,039	11,348	10,932	9,461	8,510

2.1.2. *Emisiones de C*

$$HC_{mass} = \frac{MW_{HC}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\%\ CO_2[\text{húmeda}] - \%\ CO_{2AIR}) + \%\ CO\ [\text{húmeda}] + \%\ HC\ [\text{húmeda}]\}} \times \%\ \text{conc} \times G_{FUEL} \times 1\,000$$

Donde:

$$MW_{HC} = MW_{FUEL}$$

$$MW_{FUEL} = 12{,}011 + \alpha\ 1{,}00794 = 13{,}876$$

$$HC_{mass} = \frac{13{,}876}{13{,}876} \times \frac{1}{(9{,}951 - 0{,}04 + 5{,}3198 + 0{,}1461)} \times 0{,}1461 \times 2{,}985 \times 1\,000 = 28{,}361 \text{ g/h}$$

Tabla 5: Emisiones de HC [g/h] en distintas modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
HC_{mass}	28,361	18,248	16,026	16,625	20,357	31,578

▼M2

2.1.3. *Emisiones de NO_x*

En primer lugar hay que calcular el factor de corrección de humedad K_H de las emisiones de NO_x:

$$K_H = 0{,}6272 + 44{,}030 \times 10^{-3} \times H_a - 0{,}862 \times 10^{-3} \times H_a^2$$

$$K_H = 0{,}6272 + 44{,}030 \times 10^{-3} \times 5{,}696 - 0{,}862 \times 10^{-3} \times (5{,}696)^2 = 0{,}850$$

Tabla 6: Factor de corrección de humedad K_H de las emisiones de NO_x en distintas modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
K_H	0,850	0,860	0,874	0,868	0,847	0,865

Después se calcula NO_{xmass} [g/h]:

$$NO_{xmass} = \frac{MW_{NO_x}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\%\ CO_2[\text{húmeda}] - \%\ CO_{2AIR}) + \%\ CO\ [\text{húmeda}] + \%\ HC\ [\text{húmeda}]\}} \times \%\ \text{conc} \times K_H \times G_{FUEL} \times 1\,000$$

$$NO_{xmass} = \frac{46{,}01}{13{,}876} \times \frac{1}{9{,}951 - 0{,}04 + 5{,}3198 + 0{,}1461} \times 0{,}073 \times 0{,}85 \times 2{,}985 \times 1\,000 = 39{,}717\ \text{g/h}$$

Tabla 7: Emisiones de NO_x [g/h] en distintas modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
NO_{xmass}	39,717	61,291	44,013	8,703	2,401	0,820

2.1.4. *Emisiones de CO*

$$CO_{mass} = \frac{MW_{CO}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\%\ CO_2[\text{húmeda}] - \%\ CO_{2AIR}) + \%\ CO\ [\text{húmeda}] + \%\ HC\ [\text{húmeda}]\}} \times \%\ \text{conc} \times G_{FUEL} \times 1000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44{,}01}{13{,}876} \times \frac{1}{9{,}951 - 0{,}04 + 5{,}3198 + 0{,}1461} \times 9{,}951 \times 2{,}985 \times 1\,000 = 6126{,}806\ \text{g/h}$$

Tabla 8: Emisiones de CO [g/h] en distintas modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
CO_{mass}	2 084,588	997,638	695,278	591,183	810,334	227,285

2.1.5. *Emisiones de CO_2*

$$CO_{2mass} = \frac{MW_{CO_2}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\%\ CO_2[\text{húmeda}] - \%\ CO_{2AIR}) + \%\ CO\ [\text{húmeda}] + \%\ HC\ [\text{húmeda}]\}} \times \%\ \text{conc} \times G_{FUEL} \times 1\,000$$

▼M2

$$CO_{2mass} = \frac{44{,}01}{13{,}876} \times \frac{1}{9{,}951 - 0{,}04 + 5{,}3198 + 0{,}1461} \times 9{,}951 \times 2{,}985 \times 1\,000 = 6126{,}806 \text{ g/h}$$

Tabla 9: Emisiones de CO_2 [g/h] en distintas modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
CO_{2mass}	6 126,806	4 884,739	4 117,202	2 780,662	2 020,061	907,648

2.1.6. *Emisiones específicas*

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

$$\text{Gas individual} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Gas_{mass_i} \times WF_i)}{\sum_{i=1}^{n}(P_i \times WF_i)}$$

Tabla 10: Emisiones [g/h] y factores de ponderación en distintas modalidades de prueba

Modalidad		1	2	3	4	5	6
HC_{mass}	g/h	28,361	18,248	16,026	16,625	20,357	31,578
NO_{xmass}	g/h	39,717	61,291	44,013	8,703	2,401	0,820
CO_{mass}	g/h	2 084,588	997,638	695,278	591,183	810,334	227,285
CO_{2mass}	g/h	6 126,806	4 884,739	4 117,202	2 780,662	2 020,061	907,648
Potencia P_I	kW	9,96	7,50	4,88	2,36	0,94	0
Factores de ponderación WF_I	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050

$$HC = \frac{28{,}361 \times 0{,}090 + 18{,}248 \times 0{,}200 + 16{,}026 \times 0{,}290 + 16{,}625 \times 0{,}300 + 20{,}357 \times 0{,}070 + 31{,}578 \times 0{,}050}{9{,}96 \times 0{,}090 + 7{,}50 \times 0{,}200 + 4{,}88 \times 0{,}290 + 2{,}36 \times 0{,}300 + 0{,}940 \times 0{,}070 + 0 \times 0{,}050} = 4{,}11 \text{ g/kWh}$$

$$NO_x = \frac{39{,}717 \times 0{,}090 + 61{,}291 \times 0{,}200 + 44{,}013 \times 0{,}290 + 8{,}703 \times 0{,}300 + 2{,}401 \times 0{,}070 + 0{,}820 \times 0{,}050}{9{,}96 \times 0{,}090 + 7{,}50 \times 0{,}200 + 4{,}88 \times 0{,}290 + 2{,}36 \times 0{,}300 + 0{,}940 \times 0{,}070 + 0 \times 0{,}050} = 6{,}85 \text{ g/kWh}$$

$$CO = \frac{2084{,}59 \times 0{,}090 + 997{,}64 \times 0{,}200 + 695{,}28 \times 0{,}290 + 591{,}18 \times 0{,}300 + 810{,}33 \times 0{,}070 + 227{,}92 \times 0{,}050}{9{,}96 \times 0{,}090 + 7{,}50 \times 0{,}200 + 4{,}88 \times 0{,}290 + 2{,}36 \times 0{,}300 + 0{,}940 \times 0{,}070 + 0 \times 0{,}050} = 181{,}93 \text{ g/kWh}$$

$$CO_2 = \frac{6126{,}81 \times 0{,}090 + 4884{,}74 \times 0{,}200 + 4117{,}20 \times 0{,}290 + 2780{,}66 \times 0{,}300 + 2020{,}06 \times 0{,}070 + 907{,}65 \times 0{,}050}{9{,}96 \times 0{,}090 + 7{,}50 \times 0{,}200 + 4{,}88 \times 0{,}290 + 2{,}36 \times 0{,}300 + 0{,}940 \times 0{,}070 + 0 \times 0{,}050} = 816{,}36 \text{ g/kWh}$$

2.2. **Datos de los gases de escape puros de un motor de encendido por chispa de dos tiempos**

Con referencia a los datos experimentales (tabla 11), se realizan primero los cálculos correspondientes a la modalidad nº 1, y después los correspondientes al resto de modalidades de prueba utilizando el mismo procedimiento.

▼M2

Tabla 11: Datos experimentales de un motor de encendido por chispa de dos tiempos

Modalidad		nº 1	nº 2
Velocidad de giro del motor	min^{-1}	9 500	2 800
Potencia	kW	2,31	0
Porcentaje de carga	%	100	0
Factores de ponderación	—	0,9	0,1
Presión barométrica	kPa	100,3	100,3
Temperatura del aire	°C	25,4	25
Humedad relativa del aire	%	38,0	38,0
Humedad absoluta del aire	g_{H20}/kg_{air}	7,742	7,558
CO en fase seca	ppm	37 086	16 150
NO_x en fase húmeda	ppm	183	15
HC en fase húmeda	ppmC1	14 220	13 179
CO_2 en fase seca	% Vol.	11,986	11,446
Gasto másico de combustible	kg/h	1,195	0,089
Relación H/C del combustible (α)	—	1,85	1,85
Relación O/C del combustible (β)		0	0

2.2.1. *Factor de corrección de fase seca/húmeda k_w*

Este factor debe calcularse para convertir las mediciones de CO y CO_2 en fase seca a fase húmeda de la manera siguiente:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0{,}005 \times (\%\ CO[seca] + \%\ CO_2[seca]) - 0{,}01 \times \%\ H_2[seca] + k_{w2}}$$

Donde:

$$H_2[seca] = \frac{0.5 \times \alpha \times \%\ CO\ [seca] \times (\%\ CO\ [seca] + \%\ CO_2[seca])}{\%\ CO\ [seca] + (3 \times \%\ CO_2[seca])}$$

$$H_2[seca] = \frac{0{,}5 \times 1{,}85 \times 3{,}7086 \times (3{,}7086 + 11{,}986)}{3{,}7086 + (3 \times 11{,}986)} = 1{,}357\%$$

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

$$k_{w2} = \frac{1{,}608 \times 7{,}742}{1\ 000 + (1{,}608 \times 7{,}742)} = 0{,}012$$

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + 1{,}85 \times 0{,}005 \times (3{,}7086 + 11{,}986) - 0{,}01 \times 1{,}357 + 0{,}012} = 0{,}874$$

$$CO\ [húmeda] = CO\ [seca] \times k_w = 37\ 086 \times 0{,}874 = 32420\ ppm$$

$$CO_2[húmeda] = CO_2[seca] \times\ k_w = 11{,}986 \times 0{,}874 = 10{,}478\%\ vol.$$

▼M2

Tabla 12: Valores de CO y CO_2 en fase húmeda en dos modalidades de prueba

Modalidad		nº 1	nº 2
H_2 en fase seca	%	1,357	0,543
k_{w2}	—	0,012	0,012
k_w	—	0,874	0,887
CO en fase húmeda	ppm	32 420	14 325
CO_2 en fase húmeda	%	10,478	10,153

2.2.2. *Emisiones de HC*

$$HC_{mass} = \frac{MW_{HC}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\%\ CO_2[\text{húmeda}] + \%\ CO_{2AIR}) + \%\ CO[\text{húmeda}] + \%\ HC[\text{húmeda}]\}} \times \%\ \text{conc} \times G_{FUEL} \times 1\ 000$$

Donde:

$$MW_{HC} = MW_{FUEL}$$

$$MW_{FUEL} = 12{,}011 + \alpha \times 1{,}00794 = 13{,}876$$

$$HC_{mass} = \frac{13{,}876}{13{,}876} \times \frac{1}{(10{,}478 - 0{,}04 + 3{,}2420 + 1{,}422)} \times 1{,}422 \times 1{,}195 \times 1\ 000 = 112{,}520\ \text{g/h}$$

Tabla 13: Emisiones de HC [g/h] en dos modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2
HC_{mass}	112,520	9,119

2.2.3. *Emisiones de NO_x*

El factor K_H para la corrección de las emisiones de NO_x es igual a 1 para los motores de dos tiempos:

$$NO_{xmass} = \frac{MW_{NO_x}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\%\ CO_2[\text{húmeda}] - \%\ CO_{2AIR}) + \%\ CO[\text{húmeda}] + \%\ HC[\text{húmeda}]\}} \times \%\ \text{conc} \times K_H \times G_{FUEL} \times 1\ 000$$

$$NO_{xmass} = \frac{46{,}01}{13{,}876} \times \frac{1}{10{,}478 - 0{,}04 + 3{,}2420 + 1{,}422} \times 0{,}0183 \times 1 \times 1{,}195 \times 1\ 000 = 4{,}800\ \text{g/h}$$

Tabla 14: Emisiones de NO_x [g/h] en dos modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2
NO_{xmass}	4,800	0,034

2.2.4. *Emisiones de CO*

$$CO_{mass} = \frac{MW_{CO}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\%\ CO_2[\text{húmeda}] - \%\ CO_{2AIR}) + \%\ CO\ [\text{húmeda}] + \%\ HC\ [\text{húmeda}]\}} \times \%\ \text{conc} \times G_{FUEL} \times 1\ 000$$

▼M2

$$CO_{mass} = \frac{28{,}01}{13{,}876} \times \frac{1}{(10{,}478 - 0{,}04 + 3{,}2420 + 1{,}422)} \times 3{,}2420 \times 1{,}195 \times 1\,000 = 517{,}851 \text{ g/h}$$

Tabla 15: Emisiones de CO [g/h] en dos modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2
CO_{mass}	517,851	20,007

2.2.5. *Emisiones de CO_2*

$$CO_{2mass} = \frac{MW_{CO_2}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\%\ CO_2[\text{húmeda}] - \%\ CO_{2AIR}) + \%\ CO\ [\text{húmeda}] + \%\ HC[\text{húmeda}]\}} \times \%\ \text{conc} \times G_{FUEL} \times 1\,000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44{,}01}{13{,}876} \times \frac{1}{(10{,}478 - 0{,}04 + 3{,}2420 + 1{,}422)} \times 10{,}478 \times 1{,}195 \times 1\,000 = 2629{,}658 \text{ g/h}$$

Tabla 16: Emisiones de CO_2 [g/h] en dos modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2
CO_{2mass}	2 629,658	222,799

2.2.6. *Emisiones específicas*

Se calcularán las emisiones específicas (g/kWh) de cada uno de los componentes de la forma siguiente:

$$\text{Gas individual} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Gas_{mass_i} \times WF_i)}{\sum_{i=1}^{n} (P_i \times WF_i)}$$

Tabla 17: Emisiones [g/h] y factores de ponderación en dos modalidades de prueba

Modalidad		nº 1	nº 2
HC_{mass}	g/h	112,520	9,119
NO_{xmass}	g/h	4,800	0,034
CO_{mass}	g/h	517,851	20,007
CO_{2mass}	g/h	2 629,658	222,799
Potencia P_{II}	kW	2,31	0
Factores de ponderación WF_i	—	0,85	0,15

▼M2

$$HC = \frac{112{,}52 \times 0{,}85 + 9{,}119 \times 0{,}15}{2{,}31 \times 0{,}85 + 0 \times 0{,}15} = 49{,}4 \text{ g/kWh}$$

$$NO_x = \frac{4{,}800 \times 0{,}85 + 0{,}034 \times 0{,}15}{2{,}31 \times 0{,}85 + 0 \times 0{,}15} = 2{,}08 \text{ g/kWh}$$

$$CO = \frac{517{,}851 \times 0{,}85 + 20{,}007 \times 0{,}15}{2{,}31 \times 0{,}85 + 0 \times 0{,}15} = 225{,}71 \text{ g/kWh}$$

$$CO_2 = \frac{2629{,}658 \times 0{,}85 + 222{,}799 \times 0{,}15}{2{,}31 \times 0{,}85 + 0 \times 0{,}15} = 1155{,}4 \text{ g/kWh}$$

2.3. **Datos de los gases de escape diluidos de un motor de encendido por chispa de cuatro tiempos**

Con referencia a los datos experimentales (tabla 18), se realizan primero los cálculos correspondientes a la modalidad nº 1, y después los correspondientes al resto de modalidades de prueba utilizando el mismo procedimiento.

Tabla 18: Datos experimentales de un motor de encendido por chispa de cuatro tiempos

Modalidad		nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
Velocidad de giro del motor	min^{-1}	3 060	3 060	3 060	3 060	3 060	2 100
Potencia	kW	13,15	9,81	6,52	3,25	1,28	0
Porcentaje de carga	%	100	75	50	25	10	0
Factores de ponderación	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050
Presión barométrica	kPa	980	980	980	980	980	980
Temperatura del aire de admisión ([1])	°C	25,3	25,1	24,5	23,7	23,5	22,6
Humedad relativa del aire de admisión ([1])	%	19,8	19,8	20,6	21,5	21,9	23,2
Humedad absoluta del aire de admisión ([1])	g_{H20}/kg_{air}	4,08	4,03	4,05	4,03	4,05	4,06
CO en fase seca	ppm	3 681	3 465	2 541	2 365	3 086	1 817
NO_x en fase húmeda	ppm	85,4	49,2	24,3	5,8	2,9	1,2
HC en fase húmeda	ppm C1	91	92	77	78	119	186
CO_2 en fase seca	% vol.	1,038	0,814	0,649	0,457	0,330	0,208
CO en fase seca (base)	ppm	3	3	3	2	2	3

▼M2

Modalidad		nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
NO_x en fase húmeda (base)	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
HC en fase húmeda (base)	ppm C1	6	6	5	6	6	4
CO_2 en fase seca (base)	% vol.	0,042	0,041	0,041	0,040	0,040	0,040
Gasto másico de gases de escape diluidos G_{TOTW}	kg/h	625,722	627,171	623,549	630,792	627,895	561,267
Relación H/C del combustible (α)	—	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Relación O/C del combustible (β)		0	0	0	0	0	0

(1) Condiciones del aire de dilución iguales a las condiciones del aire de admisión.

2.3.1. *Factor de corrección de fase seca/húmeda k_w*

Este factor debe calcularse para convertir las mediciones de CO y CO_2 en fase seca a fase húmeda de la forma siguiente.

Para los gases de escape diluidos:

$$k_w = k_{w,e,2} = \left(\frac{(1 - k_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times \%\ CO_2[\text{seca}]}{200}} \right)$$

Donde:

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

$$DF = \frac{13{,}4}{\%\ conc_{CO_2} + (\text{ppm } conc_{CO} + \text{ppm } conc_{HC}) \times 10^{-4}}$$

$$DF = \frac{13{,}4}{1{,}038 + (3\,681 + 91) \times 10^{-4}} = 9{,}465$$

$$k_{w1} = \frac{1{,}608 \times [4{,}08 \times (1 - 1/9{,}465) + 4{,}08 \times (1/9{,}465)]}{1\,000 + 1{,}608 \times [4{,}08 \times (1 - 1/9{,}465) + 4{,}08 \times (1/9{,}465)]} = 0{,}007$$

$$k_w = k_{w,e,2} = \left(\frac{(1 - 0{,}007)}{1 + \frac{1{,}85 \times 1{,}038}{200}} \right) = 0{,}984$$

$$CO\ [\text{húmeda}] = CO\ [\text{seca}] \times k_w = 3\,681 \times 0{,}984 = 3\,623\ \text{ppm}$$

▼M2

$$CO_2[\text{húmeda}] = CO_2[\text{seca}] \times k_w = 1{,}038 \times 0{,}984 = 1{,}0219\ \%$$

Tabla 19: Valores de CO y CO_2 en fase húmeda en las distintas modalidades de prueba

Modalidad		nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
FD	—	9,465	11,454	14,707	19,100	20,612	32,788
k_{w1}	—	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
k_w	—	0,984	0,986	0,988	0,989	0,991	0,992
CO fase húmeda	ppm	3 623	3 417	2 510	2 340	3 057	1 802
CO_2 fase húmeda	%	1,0219	0,8028	0,6412	0,4524	0,3264	0,2066

Para el aire de dilución:

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

Donde el factor k_{w1} es igual al ya calculado para los gases de escape diluidos.

$k_{w,d} = 1 - 0{,}007 = 0{,}993$

$$CO\ [\text{húmeda}] = CO\ [\text{seca}] \times k_w = 3 \times 0{,}993 = 3\ \text{ppm}$$

$$CO_2[\text{húmeda}] = CO_2[\text{seca}] \times k_w = 0{,}042 \times 0{,}993 = 0{,}0421\ \%\ \text{Vol}$$

Tabla 20: Valores de CO y CO_2 en fase húmeda para el aire de dilución en las distintas modalidades de prueba

Modalidad		nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
K_{w1}	—	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Kw	—	0,993	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
CO fase húmeda	ppm	3	3	3	2	2	3
CO_2 fase húmeda	%	0,0421	0,0405	0,0403	0,0398	0,0394	0,0401

2.3.2. *Emisiones de HC*

$$HC_{mass} = u \times conc_c \times G_{TOTW}$$

Donde:

u = 0,000478 de la tabla 2

$conc_c$ = conc – $conc_d \times (1 - 1/DF)$

$conc_c$ = 91 – 6 × (1 – 1/9,465) = 86 ppm

HC_{mass} = 0,000478 × 86 × 625,722 = 25,666 g/h

Tabla 21: Emisiones de HC [g/h] en las distintas modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
HC_{mass}	25,666	25,993	21,607	21,850	34,074	48,963

▼M2

2.3.3. *Emisiones de NO_x*

El K_H para la corrección de las emisiones de NO_x se calculará de la forma siguiente:

$$K_H = 0{,}6272 + 44{,}030 \times 10^{-3} \times H_a - 0{,}862 \times 10^{-3} \times H_a^2$$

$$K_H = 0{,}6272 + 44{,}030 \times 10^{-3} \times 4{,}08 - 0{,}862 \times 10^{-3} \times (4{,}08)^2 = 0{,}79$$

Tabla 22: Factor de corrección de humedad K_H de las emisiones de NO_x en distintas modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
K_H	0,793	0,791	0,791	0,790	0,791	0,792

$$NO_{x_{mass}} = u \times conc_c \times K_H \times G_{TOTW}$$

Donde:

u = 0,001587 de la tabla 2

$conc_c$ = $conc - conc_d \times (1 - 1/DF)$

$conc_c$ = $85 - 0 \times (1 - 1/9{,}465) = 85$ ppm

NOx_{mass} = $0{,}001587 \times 85 \times 0{,}79 \times 625{,}722 = 67{,}168$ g/h

Tabla 23: Emisiones de NO_x [g/h] en las distintas modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
NO_{xmass}	67,168	38,721	19,012	4,621	2,319	0,811

2.3.4. *Emisiones de CO*

$$CO_{mass} = u \times conc_c \times G_{TOTW}$$

Donde:

u = 0,000966 de la tabla 2

$conc_c$ = $conc - conc_d \times (1 - 1/DF)$

$conc_c$ = $3\,622 - 3 \times (1 - 1/9{,}465) = 3\,620$ ppm

CO_{mass} = $0{,}000966 \times 3\,620 \times 625{,}722 = 2188{,}001$ g/h

Tabla 24: Emisiones de CO [g/h] en las distintas modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
CO_{mass}	2 188,001	2 068,760	1 510,187	1 424,792	1 853,109	975,435

2.3.5. *Emisiones de CO_2*

$$CO_{2mass} = u \times conc_c \times G_{TOTW}$$

Donde:

u = 15,19 de la tabla 2

$conc_c$ = $conc - conc_d \times (1 - 1/DF)$

▼M2

$conc_c$ = 1,0219 – 0,0421 × (1 – 1/9,465) = 0,9842 % vol.

CO_{2mass} = 15,19 × 0,9842 × 625,722 = 9354,488 g/h

Tabla 25: Emisiones de CO_2 [g/h] en las distintas modalidades de prueba

Modalidad	nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
CO_{2mass}	9 354,488	7 295,794	5 717,531	3 973,503	2 756,113	1 430,229

2.3.6. *Emisiones específicas*

Se calcularán las emisiones específicas (g/kWh) de cada uno de los componentes de la forma siguiente:

$$\text{Gas individual} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Gas_{mass_i} \times WF_i)}{\sum_{i=1}^{n}(P_i \times WF_i)}$$

Tabla 26: Emisiones [g/h] y factores de ponderación en distintas modalidades de prueba

Modalidad		nº 1	nº 2	nº 3	nº 4	nº 5	nº 6
HC_{mass}	G/h	25,666	25,993	21,607	21,850	34,074	48,963
NO_{xmass}	G/h	67,168	38,721	19,012	4,621	2,319	0,811
CO_{mass}	G/h	2 188,001	2 068,760	1 510,187	1 424,792	1 853,109	975,435
CO_{2mass}	G/h	9 354,488	7 295,794	5 717,531	3 973,503	2 756,113	1 430,229
Potencia P_i	kW	13,15	9,81	6,52	3,25	1,28	0
Factores de ponderación WF_I	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050

$$HC = \frac{25{,}666 \times 0{,}090 + 25{,}993 \times 0{,}200 + 21{,}607 \times 0{,}290 + 21{,}850 \times 0{,}300 + 34{,}074 \times 0{,}070 + 48{,}963 \times 0{,}050}{13{,}15 \times 0{,}090 + 9{,}81 \times 0{,}200 + 6{,}52 \times 0{,}290 + 3{,}25 \times 0{,}300 + 1{,}28 \times 0{,}070 + 0 \times 0{,}050} = 4{,}12 \text{ g/kWh}$$

$$NO_x = \frac{67{,}168 \times 0{,}090 + 38{,}721 \times 0{,}200 + 19{,}012 \times 0{,}290 + 4{,}621 \times 0{,}300 + 2{,}319 \times 0{,}070 + 0{,}811 \times 0{,}050}{13{,}15 \times 0{,}090 + 9{,}81 \times 0{,}200 + 6{,}52 \times 0{,}290 + 3{,}25 \times 0{,}300 + 1{,}28 \times 0{,}070 + 0 \times 0{,}050} = 3{,}42 \text{ g/kWh}$$

$$CO = \frac{2188{,}001 \times 0{,}09 + 2068{,}760 \times 0{,}2 + 1510{,}187 \times 0{,}29 + 1424{,}792 \times 0{,}3 + 1853{,}109 \times 0{,}07 + 975{,}435 \times 0{,}05}{13{,}15 \times 0{,}090 + 9{,}81 \times 0{,}200 + 6{,}52 \times 0{,}290 + 3{,}25 \times 0{,}300 + 1{,}28 \times 0{,}070 + 0 \times 0{,}050} = 271{,}15 \text{ g/kWh}$$

$$CO_2 = \frac{9354{,}488 \times 0{,}09 + 7295{,}794 \times 0{,}2 + 5717{,}531 \times 0{,}29 + 3973{,}503 \times 0{,}3 + 2756{,}113 \times 0{,}07 + 1430{,}229 \times 0{,}05}{13{,}15 \times 0{,}090 + 9{,}81 \times 0{,}200 + 6{,}52 \times 0{,}290 + 3{,}25 \times 0{,}300 + 1{,}28 \times 0{,}070 + 0 \times 0{,}050} = 887{,}53 \text{ g/kWh}$$

▼**M2**

Apéndice 4

1. CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS RELATIVAS A LAS EMISIONES

El presente apéndice se aplicará exclusivamente a los motores de encendido por chispa de la fase II.

1.1. Las normas aplicables a las emisiones de escape de los motores de la fase II que se establecen en el punto 4.2 del anexo I se refieren al período de durabilidad de las emisiones (PDE), determinado de conformidad con las disposiciones del presente apéndice.

1.2. Por lo que respecta a todos los motores de la fase II, si las emisiones de todos los motores de pruebas que representan a una familia de motores —cuantificadas por medio de pruebas realizadas correctamente con arreglo a los procedimientos descritos en esta Directiva y ajustadas mediante multiplicación por el factor de deterioro (FD) determinado en el presente apéndice— son menores o iguales que el límite de emisión de la fase II [límite de emisión de la familia (LEF), en su caso] aplicable a una determinada clase de motores, esa familia cumple los límites de emisión correspondientes a esa clase. Si las emisiones de un motor de pruebas que representa a una familia de motores —ajustadas mediante multiplicación por el factor de deterioro determinado en el presente apéndice— superan cualquiera de los límites de emisión (LEF, en su caso) aplicables a una determinada clase de motores, esa familia no cumple los límites de emisión correspondientes a esa clase.

1.3. Los fabricantes de pequeñas series de motores pueden optar por utilizar los factores de deterioro de $HC+NO_x$ y CO que figuran en las tablas 1 o 2 de esta sección, o bien pueden calcular dichos factores de deterioro con arreglo al procedimiento descrito en el apartado 1.3.1. Por lo que respecta a las tecnologías no incluidas en las tablas 1 y 2 de esta sección, el fabricante deberá utilizar el procedimiento descrito en el apartado 1.4 del presente apéndice.

Tabla 1: Factores de deterioro asignados a las emisiones de $HC+NO_x$ y CO de motores portátiles para fabricantes de pequeñas series

Clase de motores	Motores de dos tiempos		Motores de cuatro tiempos		Motores con postratamiento
	$HC + NO_x$	CO	$HC + NO_x$	CO	
SH:1	1,1	1,1	1,5	1,1	Para calcular los FD debe utilizarse la fórmula descrita en el punto 1.3.1
SH:2	1,1	1,1	1,5	1,1	
SH:3	1,1	1,1	1,5	1,1	

Tabla 2: Factores de deterioro asignados a las emisiones de $HC + NO_x$ y CO de motores no portátiles para fabricantes de pequeñas series

Clase de motores	Motores con válvulas laterales		Motores con válvulas en cabeza		Motores con postratamiento
	$HC + NO_x$	CO	$HC + NO_x$	CO	
SN:1	2,1	1,1	1,5	1,1	Para calcular los FD debe utilizarse la fórmula descrita en el punto 1.3.1
SN:2	2,1	1,1	1,5	1,1	
SN:3	2,1	1,1	1,5	1,1	
SN:4	1,6	1,1	1,4	1,1	

▼M2

1.3.1. *Fórmula para calcular los factores de deterioro correspondientes a motores con postratamiento:*

$$FD = [(NE * EDF) - (CC * F)]/(NE - CC)$$

Donde:

FD = factor de deterioro

NE = niveles de emisión de motores nuevos antes del catalizador (g/kWh)

FDM = factor de deterioro para motores sin catalizador, como se indica en la tabla 1

CC = cantidad convertida a las 0 horas en g/kWh

F = 0,8 para HC y 0,0 para NO_x en todos los tipos de motores

F = 0,8 para CO en todas las clases de motores

1.4. Los fabricantes obtendrán un FD asignado, o bien calcularán un FD, según el caso, relativo a cada contaminante regulado para todas las familias de motores de la fase II. Estos FD se utilizarán con fines de homologación y pruebas en la cadena de producción.

1.4.1. En el caso de que no se utilicen los FD asignados de las tablas 1 o 2 de esta sección, se determinarán los FD de la forma siguiente:

1.4.1.1. Se realizará el procedimiento (completo) de pruebas de emisiones descrito en la presente Directiva, después del número de horas que represente la estabilización de las emisiones, como mínimo en un motor de pruebas que represente la configuración con más probabilidades de superar los límites de emisión de $HC+NO_x$ (LEF, en su caso), y que se interprete representativo de los motores de producción.

1.4.1.2. Si se prueba más de un motor, se promediarán los resultados y se redondearán con el mismo número de decimales que el límite aplicable, expresándose en una cifra significativa adicional.

1.4.1.3. Esta prueba de emisiones deberá volver a realizarse después de envejecer el motor. El procedimiento de envejecimiento permitirá al fabricante predecir de forma apropiada el deterioro previsible de las emisiones a lo largo del período de durabilidad del motor, teniendo en cuenta el tipo de desgaste y otros mecanismos de deterioro previsibles debido al uso típico que hace el consumidor y que puedan afectar al comportamiento del motor en cuestión de emisiones. Si se prueba más de un motor, se promediarán los resultados y se redondearán con el mismo número de decimales que el límite aplicable, expresándose en una cifra significativa adicional.

1.4.1.4. Las emisiones de cada contaminante regulado (emisiones promediadas, en su caso) se dividirán al final del período de durabilidad por las emisiones estabilizadas (emisiones promediadas, en su caso) y se redondearán en dos cifras significativas. El número resultante será el FD, a menos que sea inferior a 1,00, en cuyo caso, el FD será 1,0.

1.4.1.5. A criterio del fabricante, podrán establecerse puntos de pruebas adicionales entre el punto de pruebas de emisiones estabilizadas y el período de durabilidad de las emisiones. Si se programan pruebas intermedias, los puntos de pruebas deberán espaciarse regularmente a lo largo del PDE (aproximadamente 2 horas) y uno de ellos deberá establecerse a la mitad del PDE (aproximadamente 2 horas).

▼M2

Por cada contaminante, $HC+NO_x$ y CO, deberá poder trazarse una línea recta entre los puntos de datos, tratando la prueba inicial como si ocurriese en la hora cero, y utilizando el método de los mínimos cuadrados. El factor de deterioro son las emisiones calculadas al final del período de durabilidad, divididas por las emisiones calculadas a las cero horas.

1.4.1.6. Los factores de deterioro calculados pueden aplicarse a familias adicionales a aquél en el que se generaron, si el fabricante presenta una justificación, aceptable para el organismo nacional de homologación con antelación a la homologación, de que cabe prever razonablemente que las familias de motores afectadas tienen características similares de deterioro de las emisiones sobre la base del diseño y la tecnología utilizados.

A continuación se enumeran, sin carácter restrictivo, algunos tipos de diseños y tecnologías:

— motores convencionales de dos tiempos sin postratamiento,

— motores convencionales de dos tiempos con un catalizador cerámico del mismo material activo y carga, y con el mismo número de celdillas por cm^2,

— motores convencionales de dos tiempos con un catalizador metálico del mismo material activo y carga, mismo sustrato, y mismo número de celdillas por cm^2,

— motores de dos tiempos provistos de un sistema de barrido de gases estratificado,

— motores de cuatro tiempos con catalizador (definido igual que antes) con la misma tecnología de válvulas e idéntico sistema de engrase,

— motores de cuatro tiempos sin catalizador, con la misma tecnología de válvulas e idéntico sistema de engrase.

2. PERÍODOS DE DURABILIDAD DE LAS EMISIONES PARA LOS MOTORES DE LA FASE II

2.1. Los fabricantes deberán declarar la categoría de PDE aplicable a cada familia de motores en el momento de la homologación. Esta categoría será la que más se aproxime a la vida útil prevista del equipo en el que se pretenda instalar el motor, de acuerdo con lo establecido por el fabricante de éste. Los fabricantes conservarán la información que respalde su elección de categoría PDE para cada familia de motores. Esta información se facilitará al organismo de homologación cuando así lo solicite.

2.1.1. *Motores portátiles: los fabricantes seleccionarán una categoría PDE de la tabla 1 siguiente.*

Tabla 1: Categorías de PDE para motores portátiles (horas)

Categoría	1	2	3
Clase SH:1	50	125	300
Clase SH:2	50	125	300
Clase SH:3	50	125	300

▼**M2**

2.1.2. *Motores no portátiles: los fabricantes seleccionarán una categoría PDE de la tabla 2 siguiente.*

Tabla 2: Categorías PDE para motores no portátiles (horas)

Categoría	1	2	3
Clase SN:1	50	125	300
Clase SN:2	125	250	500
Clase SN:3	125	250	500
Clase SN:4	250	500	1 000

2.1.3. El fabricante deberá demostrar, a satisfacción del organismo de homologación, que la vida útil declarada es adecuada. La información que conservará el fabricante en apoyo de su elección de categoría PDE, para una determinada familia de motores, podrá incluir, aunque sin carácter restrictivo:

— estudios relativos a la vida útil de los equipos en los que se instalen los motores en cuestión,

— evaluaciones técnicas de motores envejecidos en obra con el fin de averiguar cuándo se deteriora el funcionamiento del motor hasta el punto de que su utilidad o fiabilidad resulta tan disminuida que se hace necesaria su revisión completa o su sustitución,

— declaraciones de garantía y períodos de garantía,

— materiales mercadotécnicos relativos a la vida útil del motor,

— informes de avería de clientes usuarios del motor, y

— evaluaciones técnicas de la durabilidad, en horas, de determinadas tecnologías, materiales o diseños de motores.

▼B

ANEXO ►M2 *V* ◄

▼M3
▼C1

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

COMBUSTIBLE DE REFERENCIA PARA MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN HOMOLOGADOS QUE CUMPLEN LOS VALORES LÍMITE DE LAS FASES I Y II DESTINADOS A MÁQUINAS MÓVILES NO DE CARRETERA Y PARA MOTORES DESTINADOS A BUQUES QUE NAVEGAN POR AGUAS INTERIORES

▼B

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)	►M1 0,20 mg KOH/g ►M2 máximo ◄ ◄	
Resistencia a la oxidación ([5])	2,5 mg/100 ml máximo	ASTM D 2274
Aditivos ([6])		

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

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

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)

▼B

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 = reproducibiliad).

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. ►**M1** **A efectos de la homologación inicial de un motor sin postratamiento de los gases de escape a petición del solicitante se admitirá un contenido nominal de azufre en peso del 0,05 % (mínimo 0,03 % en peso), 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 (0,15 % en peso), por medio de la ecuación siguiente:** ◄

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

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:

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

siendo:

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

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/m^3, 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/m^3.**

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.

▼M3
▼C1

COMBUSTIBLE DE REFERENCIA PARA MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN HOMOLOGADOS QUE CUMPLEN LOS VALORES LÍMITE DE LA FASE III A DESTINADOS A MÁQUINAS MÓVILES NO DE CARRETERA

Parámetro	Unidad	Límites (1)		Método de prueba
		Mínimo	Máximo	
Índice de cetano (2)		52	54,0	EN-ISO 5165
Densidad a 15 °C	kg/m^3	833	837	EN-ISO 3675
Destilación:				
50 %	°C	245	—	EN-ISO 3405
95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405
— Punto de ebullición final	°C	—	370	EN-ISO 3405
Punto de inflamación	°C	55	—	EN 22719
CFPP	°C	—	-5	EN 116
Viscosidad a 40 °C	mm^2/s	2,5	3,5	EN-ISO 3104
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	% m/m	3,0	6,0	IP 391
Contenido de azufre (3)	mg/kg	—	300	ASTM D 5453
Corrosión lámina de cobre		—	class 1	EN-ISO 2160
Carbono Conradson en el residuo (10 % DR)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370
Contenido de cenizas	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245
Contenido de agua	% m/m	—	0,05	EN-ISO 12937
Índice de neutralización (acidez fuerte)	mg KOH/g	—	0,02	ASTM D 974
Resistencia a la oxidación (4)	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205

(1) Los valores indicados en las características son «valores verdaderos». Para establecer los valores límite, se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 «Productos del petróleo: determinación y aplicación de datos de precisión en relación con los métodos de prueba» y para fijar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R sobre cero; para fijar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R = reproductibilidad).
Sin perjuicio de esta medida, necesaria por razones técnicas, el fabricante de combustibles 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 ISO D 4259.

(2) La gama del índice de cetano no está de acuerdo con los requisitos de una diferencia mínima de 4 R. No obstante, en caso de controversia entre el proveedor y el usuario del combustible se podrán aplicar los términos de ISO 4259 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.

(3) Se indicará el contenido de azufre real del combustible utilizado en las pruebas del tipo I

(4) 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

▼C1

COMBUSTIBLE DE REFERENCIA PARA MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN HOMOLOGADOS QUE CUMPLEN LOS VALORES LÍMITE DE LAS FASES III B Y IV DESTINADOS A MÁQUINAS MÓVILES NO DE CARRETERA

Parámetro	Unidad	Límites (1)		Método de prueba
		Mínimo	Máximo	
Índice de cetano (2)			54,0	EN-ISO 5165
▼M6 Densidad a 15 °C	kg/m^3	833	865	EN-ISO 3675
▼C1 Destilación:				
50 %	°C	245	—	EN-ISO 3405
95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405
— Punto de ebullición final	°C	—	370	EN-ISO 3405
Punto de inflamación	°C	55	—	EN 22719
CFPP	°C	—	–5	EN 116
Viscosidad a 40 °C	mm^2/s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	% m/m	3,0	6,0	IP 391
Contenido de azufre (3)	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Corrosión lámina de cobre		—	class 1	EN-ISO 2160
Carbono Conradson en el residuo (10 % DR)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370
Contenido de cenizas	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245
Contenido de agua	% m/m	—	0,02	EN-ISO 12937
Índice de neutralización (acidez fuerte)	mg KOH/g	—	0,02	ASTM D 974
Resistencia a la oxidación (4)	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205
Lubrificación (diámetro de barrido del desgaste HFRR a 60 °C)	µm	—	400	CEC F-06-A-96
FAME	Prohibido			

(1) Los valores indicados en las características son «valores verdaderos». Para establecer los valores límite, se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 «Productos del petróleo: determinación y aplicación de datos de precisión en relación con los métodos de prueba» y para fijar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R sobre cero; para fijar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R = reproductibilidad).
Sin perjuicio de esta medida, necesaria por razones técnicas, el fabricante de combustibles 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 ISO D 4259.

(2) La gama del índice de cetano no está de acuerdo con los requisitos de una diferencia mínima de 4 R. No obstante, en caso de controversia entre el proveedor y el usuario del combustible se podrán aplicar los términos de ISO 4259 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.

(3) Se indicará el contenido de azufre real del combustible utilizado en las pruebas del tipo I.

(4) 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.

▼M2

COMBUSTIBLE DE REFERENCIA PARA MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA EN MÁQUINAS MÓVILES NO DE CARRETERA

Nota: El combustible para motores de dos tiempos es una mezcla de aceite lubricante y de la gasolina que se especifica a continuación. La relación de mezcla combustible/aceite debe ser la recomendada por el fabricante de acuerdo con lo prescrito en el punto 2.7 del anexo IV.

Parámetro	Unidad	Límites ([1])		Método de prueba	Publicación
		Mínimo	Máximo		
Octanaje de investigación, RON		95,0	—	EN 25164	1 993
Octanaje del motor, MON		85,0	—	EN 25163	1 993
Densidad a 15 °C	kg/m_3	748	762	ISO 3675	1 995
Presión de vapor Reid	kPa	56,0	60,0	EN 12	1 993
Destilación			—		
Punto de ebullición inicial	°C	24	40	EN-ISO 3405	1 988
— Evaporación a 100 °C	% v/v	49,0	57,0	EN-ISO 3405	1 988
— Evaporación a 150 °C	% v/v	81,0	87,0	EN-ISO 3405	1 988
— Punto de ebullición final	°C	190	215	EN-ISO 3405	1 988
Residuo	%	—	2	EN-ISO 3405	1 988
Análisis de hidrocarburos	—				—
— Olefinas	% v/v	—	10	ASTM D 1319	1 995
— Aromáticos	% v/v	28,0	40,0	ASTM D 1319	1 995
— Benceno	% v/v	—	1,0	EN 12177	1 998
— Saturados	% v/v	—	resto	ASTM D 1319	1 995
Relación carbono/hidrógeno		informe	informe		
Estabilidad a la oxidación ([2])	min	480	—	EN-ISO 7536	1 996
Contenido de oxígeno	% m/m	—	2,3	EN 1601	1 997
Goma existente	mg/ml	—	0,04	EN-ISO 6246	1 997
Contenido de azufre	mg/kg	—	100	EN-ISO 14596	1 998
Corrosión del cobre a 50 °C		—	1	EN-ISO 2160	1 995
Contenido de plomo	g/l	—	0,005	EN 237	1 996
Contenido de fósforo	g/l	—	0,0013	ASTM D 3231	1 994

Nota 1: Los valores citados en la prescripción técnica son «valores reales». Para establecer los valores límite, se han aplicado los términos de la norma ISO 4259 «Productos del petróleo: determinación y aplicación de datos de precisión en relación con los métodos de prueba», y para fijar un valor mínimo, se ha tenido en cuenta una diferencia mínima de 2R sobre cero; para fijar un valor máximo y un valor mínimo, la diferencia mínima es de 4R (R = reproducibilidad). A pesar de esta medida, que es necesaria por motivos estadísticos, el fabricante del combustible debe siempre buscar un valor cero cuando el valor máximo estipulado sea de 2R, y el valor medio en el caso de que se citen límites máximos y mínimos. Si es necesario para aclarar si un combustible cumple los requisitos de las prescripciones técnicas, se aplicarán los términos de la norma ISO 4259.

Nota 2: El combustible puede contener inhibidores de la oxidación y desactivadores de metales normalmente utilizados para estabilizar los flujos de gasolina en refinería, pero no deben agregarse aditivos detergentes/dispersivos ni aceites disolventes.

▼M3
▼C1

ANEXO VI

SISTEMA DE ANÁLISIS Y DE TOMA DE MUESTRAS

1. 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 o 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 del flujo, toma de muestras total
12	Flujo parcial, control del 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 dilución 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 de los gases de escape CO, CO_2, 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 (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.

▼C1

En lo relativo a los gases de escape diluidos (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

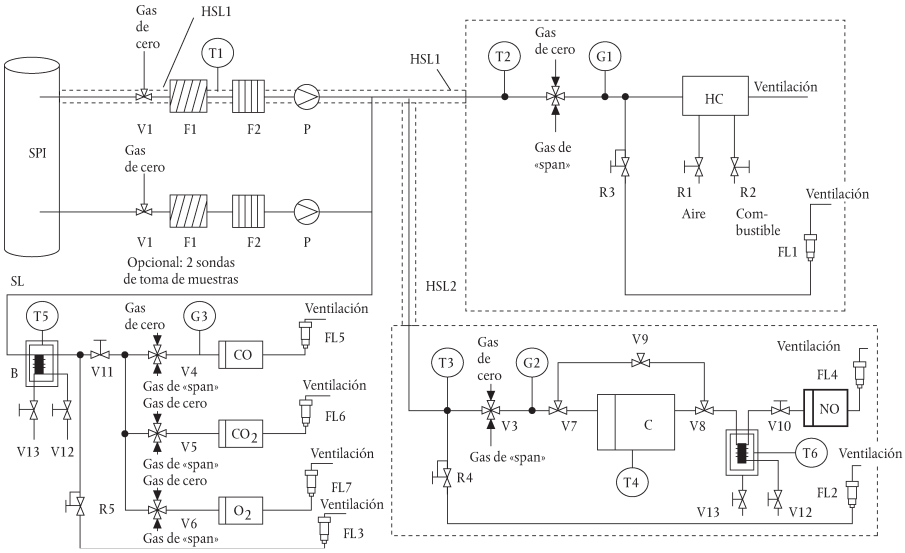
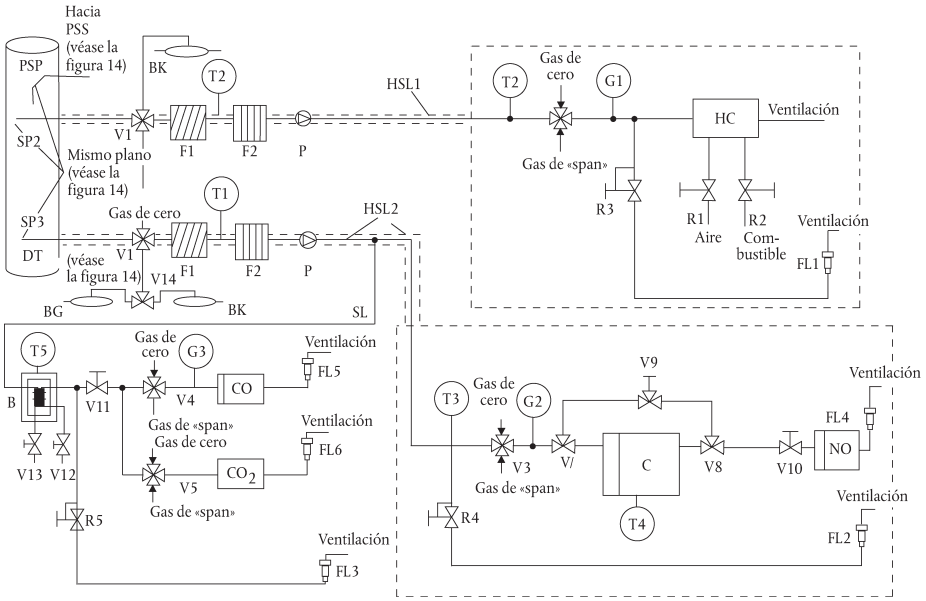


Figura 3

Diagrama de flujo del sistema de análisis de gases de escape diluidos para CO, CO_2, NO_x y HC



▼C1

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) ± 10 K a la salida de la sonda.

— Sonda SP3 de toma de CO, CO_2 y 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) ± 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),

▼C1

— 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) ± 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 (CO_2)

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 CO_2 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 y CO_2

Analizadores NDIR para la determinación del monóxido de carbono y del dióxido de carbono.

— NO_2

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 NO_2 a NO previa al 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 2 del anexo III.

▼C1

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 NO_2 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 NO_2 a NO.

— Válvula de aguja V9

Para equilibrar el flujo que pasa por el convertidor de NO_2 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.

▼C1

1.2.1. *Sistema de dilución*

1.2.1.1. Sistema de dilución de flujo parcial (figuras 4 a 12) ([1])

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 CO_2 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. 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.

([1]) Las figuras 4 a 12 muestran muchos tipos de sistemas de dilución de flujo parcial que pueden usarse normalmente en la prueba de estado continuo (NRSC). Pero, debido a las restricciones muy estrictas de las pruebas transitorias, sólo se aceptan en las pruebas transitorias (NRTC) los sistemas de dilución con reducción de caudal (figuras 4 a 12) que cumplen todos los requisitos citados en la sección sobre las características de los sistemas de dilución con reducción de caudal del punto 2.4 del apéndice 1 del anexo III.

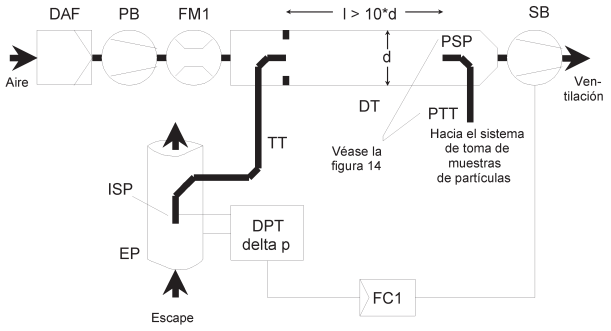
▼C1

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

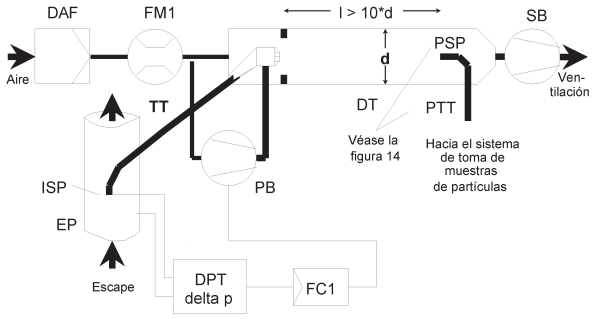
Sistema de dilución de flujo parcial con sonda isocinética y toma de muestras fraccionada (control SB)



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 5

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

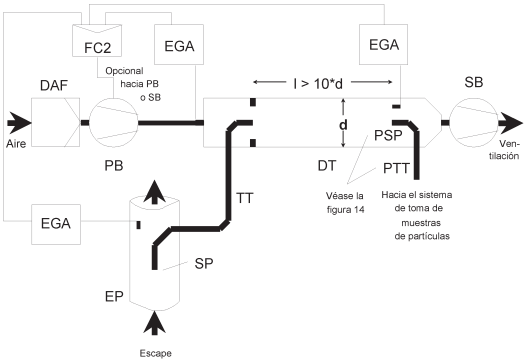


▼C1

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 impelente PB para mantener una diferencia de presión cero en el extremo de la sonda. Esto se lleva a cabo tomando una pequeña fracción del aire de dilución cuyo caudal se ha medido ya con el caudalímetro FM1 y enviándola a TT por medio de un orificio neumático. 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 aire de dilución es aspirado a través de DT por el ventilador aspirante SB y el caudal se mide con FM1 en la entrada a DT. La relación de dilución se calcula a partir del caudal de aire de dilución y de la relación de división.

Figura 6

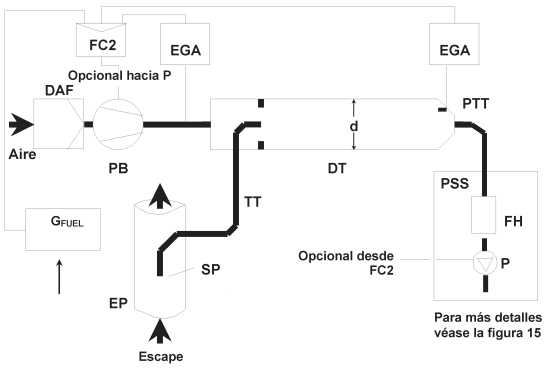
Sistema de dilución de flujo parcial con medición de la concentración de CO_2 o de NO_x y toma de muestras fraccionada



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. Con el analizador o analizadores de gases de escape EGA se miden las concentraciones de un gas indicador (CO_2 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 impelente 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 CO_2, balance de carbono y toma de muestras total

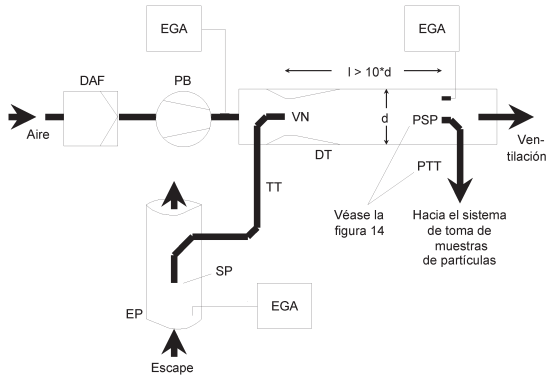


▼C1

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. Con el analizador o analizadores de gases de escape EGA se miden las concentraciones de CO_2 en los gases de escape diluidos y en el aire de dilución. Las señales de CO_2 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 (figura 14). FC2 controla el ventilador impelente PB, mientras que FC3 controla el sistema de toma de muestras de partículas (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 CO_2 y de caudal de combustible G_{FUEL} utilizando la hipótesis del balance de carbono.

Figura 8

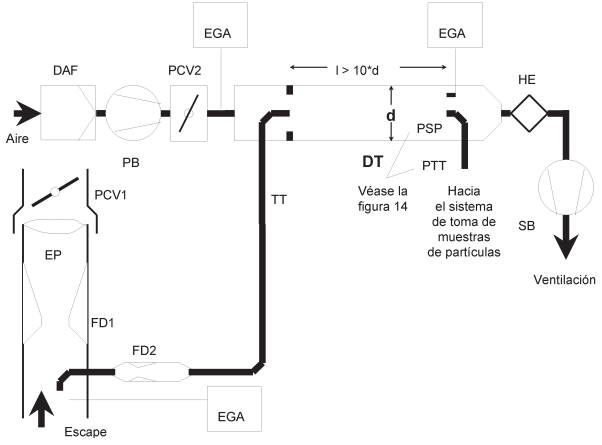
Sistema de dilución de flujo parcial con Venturi único, medición de la concentración y toma de muestras fraccionada



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

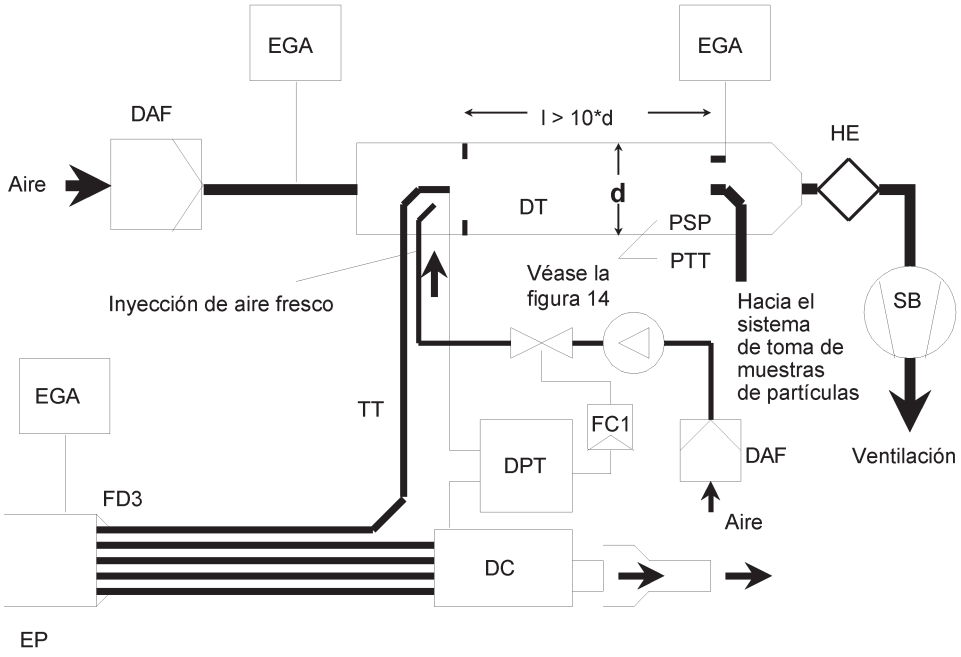


▼C1

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 impelente 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

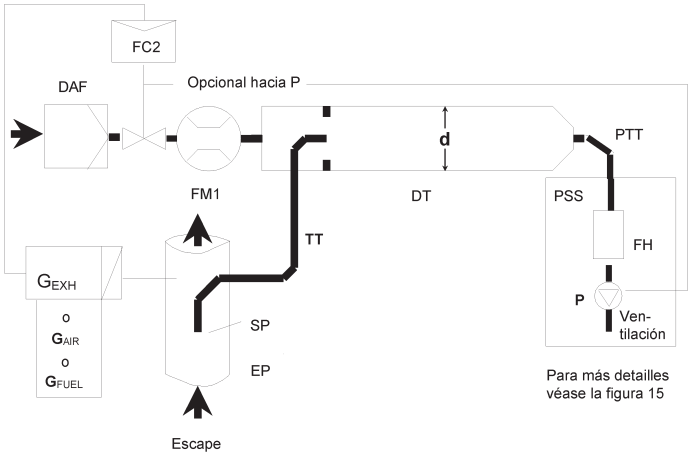


Los gases de escape sin diluir se transfieren desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por el tubo de transferencia TT mediante el divisor de flujo FD3 compuesto de varios tubos de las mismas dimensiones (igual diámetro, longitud y radio de apoyo) montados en EP. Los gases de escape que circulan 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.

▼C1

Figura 11

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

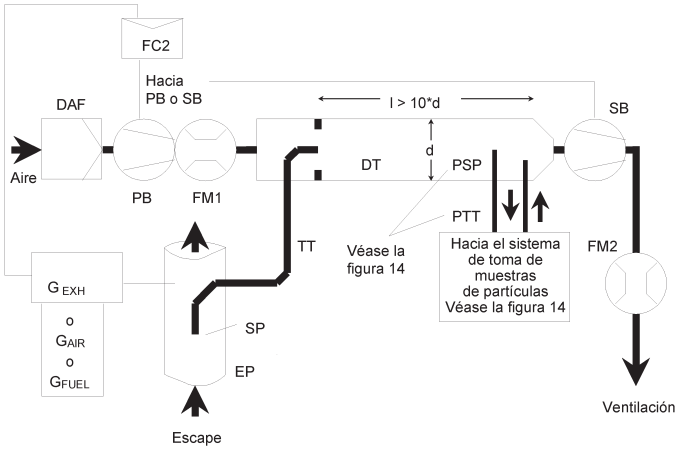


Los gases de escape sin diluir se transfieren desde el tubo de escape EP al túnel de dilución DT por la sonda de toma SP y el tubo de transferencia TT. El caudal total que pasa por el túnel se ajusta con el controlador de caudal FC3 y la bomba de toma P del sistema de toma de muestras de partículas (figura 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 (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



▼C1

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 impelente 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. 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. 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.

▼C1

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 CO_2 o NO_x (con el método del balance de carbono, únicamente CO_2. 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 $G_{EDFW,\ i}$ 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.

▼C1

— 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 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 CO_2 o NO_x.

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

▼C1

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

Medidor de gasu 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 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) ± 5 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 (figuras 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 12)

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.

— 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,

▼C1

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

— 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 CO_2 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, CFV o SSV.

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 el punto 1.2.2 (figura 15), 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.

▼C1

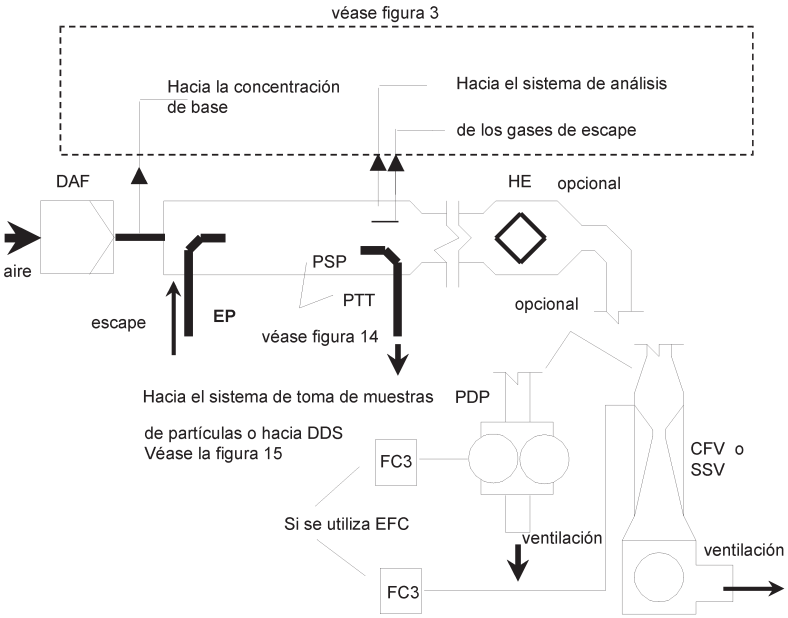
Descripciones (figura 13)

— 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 metros. Si el sistema mide más de 4 metros de longitud, deberá aislarse toda la longitud de tubo que exceda de los 4 metros, 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 W/(m · 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 caudal crítico CFV o un Venturi subsónico SSV. 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 ± 1,5 kPa, en el valor de la presión estática medida sin conexión al CVS a idéntica velocidad de giro 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.

▼C1

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 caudal 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 ± 1,5 kPa, en el valor de la presión estática medida sin conexión al CFV a idéntica velocidad de giro 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.

— Venturi subsónico SSV

El SSV mide el total del caudal de los gases de escape diluidos en función de la presión en la entrada, la temperatura en la entrada y la caída de presión entre la entrada del SSV y su boca. La contrapresión estática del escape medida con el sistema SSV en funcionamiento deberá mantenerse, con una tolerancia de ± 1,5 kPa, en el valor de la presión estática medida sin conexión al SSV a idéntica velocidad de giro y carga del motor. La temperatura de la mezcla de gases inmediatamente por delante del SSV 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, el CFV o el SSV 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 (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 (figura 14 del punto 1.2.2). La capacidad de caudal de la PDP, el GFV o el SSV 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.

▼C1

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 (figura 15 del punto 1.2.2). La capacidad de caudal de la PDP, el CFV o el SSV 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) ± 5 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 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 portafiltros 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.

▼C1

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,

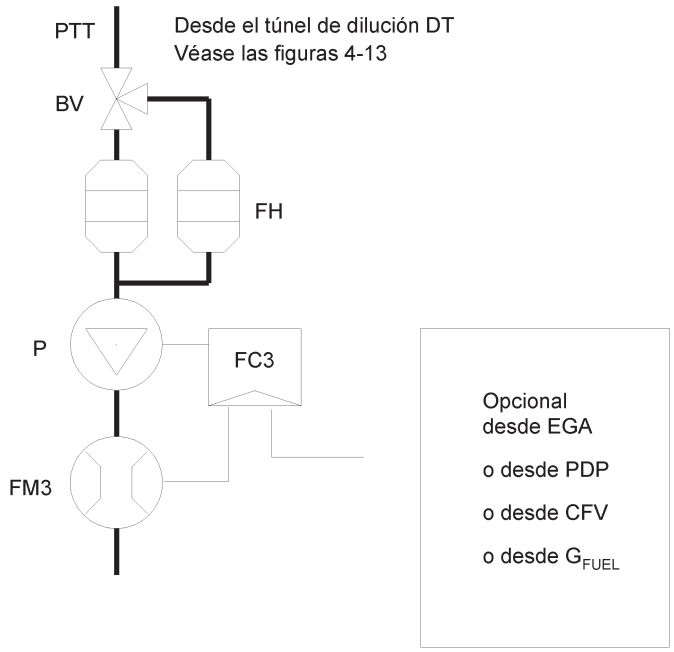
— tendrá un diámetro interior de 12 mm como mínimo,

— 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 de escape en el túnel de dilución,

— podrá estar aislada.

Figura 14

Sistema de toma de muestras de partículas

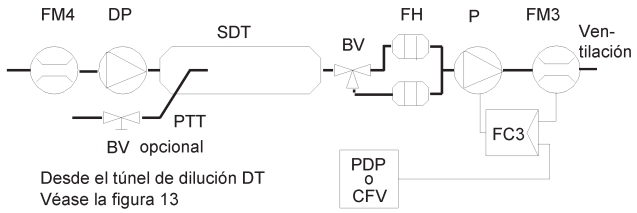


Se toma una muestra de gases de escape diluidos desde el túnel de dilución DT de un sistema de dilución de flujo parcial o total, a través de la sonda de toma de muestras de partículas PSP y del tubo de transferencia de partículas PTT por medio de la bomba de toma de muestras P. La muestra se hace pasar 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 (figura 13), se usa como señal de mando para FC3 la señal de caudal de gases de escape diluidos.

▼C1

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 (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.

▼C1

— 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(s) :

— 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),

— podrá estar aislado.

— 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 (figura 13).

— Dispositivo de medición de caudal FM3 (figuras 14 y 15) (caudal 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 superfície 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).

▼**M8**

1 bis. El presente anexo se aplica como se indica a continuación:

a) en el caso de las fases I, II, III A, III B y IV, se aplicarán los requisitos de la sección 1 del presente anexo VI;

b) si el fabricante, basándose en la opción indicada en la sección 1.2.1 del presente anexo, opta por utilizar el procedimiento del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, se aplicará la sección 9 del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas.

▼B

ANEXO ►M2 *VII* ◄

(Modelo)

CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN

Sello de la administración

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.

▼B

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.

▼M8

Apéndice 1

Informe del ensayo relativo a motores de encendido por compresión resultados de los ensayos (1)

Información relativa al motor de ensayo

Tipo de motor: .....

Número de identificación del motor: .....

1. Información relativa a la realización del ensayo: .....

1.1. Combustible de referencia utilizado para el ensayo

1.1.1. Índice de cetano: .....

1.1.2. Contenido de azufre: .....

1.1.3. Densidad: .....

1.2. Lubricante

1.2.1. Marcas: .....

1.2.2. Tipos: .....

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

1.3. Equipamiento accionado por el motor (en su caso)

1.3.1. Enumeración y datos de identificación: .....

1.3.2. Potencia absorbida a los regímenes del motor indicados (según especificación del fabricante):

	Potencia P_{AE} (kW) absorbida a distintos regímenes del motor (1) (2), teniendo en cuenta el apéndice 3 del presente anexo		
Equipamiento	Régimen intermedio (en su caso)	Régimen de potencia máxima: (si difiere del nominal)	Régimen nominal (3)
Total:			

(1) Táchese lo que no proceda.
(2) No será superior al 10 % de la potencia medida durante el ensayo.
(3) Indíquense los valores al régimen correspondiente al 100 % del régimen normalizado si el ensayo NRSC utiliza este régimen.

1.4. Prestaciones del motor

1.4.1. Regímenes del motor:

Ralentí: ..... min^{-1}

Intermedio: ..... min^{-1}

Potencia máxima: ..... min^{-1}

Nominal (2): ..... min^{-1}

(1) En el caso de varios motores de referencia, los datos siguientes se indicarán para cada uno de ellos.
(2) Indíquese el régimen correspondiente al 100 % del régimen normalizado si el ensayo NRSC utiliza este régimen.

▼**M8**

1.4.2. Potencia del motor ([1])

	Ajuste de potencia (kW) a distintos regímenes del motor		
Condición	Régimen intermedio (en su caso)	Régimen de potencia máxima: (si difiere del nominal)	Régimen nominal ([1])
Potencia máxima medida al régimen de ensayo prescrito (P_M) (kW) (*a*)			
Potencia total absorbida por el equipamiento accionado por el motor de acuerdo con el punto 1.3.2 del presente apéndice, teniendo en cuenta el apéndice 3 (kW) (*b*)			
Potencia neta del motor tal como se especifica en la sección 2.4 del anexo I (kW) (*c*)			
$c = a + b$			

([1]) Sustitúyase por los valores al régimen correspondiente al 100 % del régimen normalizado si el ensayo NRSC utiliza este régimen.

2. Información relativa a la realización del ensayo NRSC:

2.1. Ajuste del dinamómetro (kW)

	Ajuste del dinamómetro (kW) a distintos regímenes del motor				
Porcentaje de carga	Régimen intermedio (en su caso)	63 % (en su caso)	80 % (en su caso)	91 % (en su caso)	Régimen nominal ([1])
10 (en su caso)					
25 (en su caso)					
50					
75 (en su caso)					
100					

([1]) Sustitúyase por los valores al régimen correspondiente al 100 % del régimen normalizado si el ensayo NRSC utiliza este régimen.

2.2. Resultados relativos a las emisiones del motor/motor de referencia ([2])

Factor de deterioro (FD): calculado/fijo ([2])

Especifíquense los valores del FD y los resultados relativos a las emisiones en el cuadro siguiente ([2]):

Ensayo NRSC						
FD mult/sum[3]	CO	HC	NO_x	HC + NO_x	PM	
Emisiones	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_x (g/kWh)	HC + NO_x (g/kWh)	PM (g/kWh)	CO_2 (g/kWh)
Resultado del ensayo						
Resultado del ensayo final con FD						

([1]) Potencia no corregida medida con arreglo a la sección 2.4 del anexo I.
([2]) Táchese lo que no proceda.

▼**M8**

Puntos de ensayo adicionales de la zona de control (en su caso)

Emisiones en el punto de ensayo	Régimen del motor	Carga (%)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_x (g/kWh)	PM (g/kWh)
Resultado de ensayo 1						
Resultado de ensayo 2						
Resultado de ensayo 3						

2.3. Sistema de muestreo utilizado para el ensayo NRSC:

2.3.1. Emisiones gaseosas ([1]): .....

2.3.2. Partículas (PM) ([1]): .....

2.3.2.1. Método ([2]): filtro único/múltiples

3. Información relativa a la realización del ensayo NRTC (en su caso):

3.1. Resultados relativos a las emisiones del motor/motor de referencia ([2])

Factor de deterioro (FD): calculado/fijo ([2])

Especifíquense los valores del FD y los resultados relativos a las emisiones en el cuadro siguiente ([2]):

En el caso de los motores de la fase IV, podrán notificarse datos relacionados con la regeneración.

Ensayo NRTC

FD mult/sum ([2])	CO	HC	NO_x	HC + NO_x	PM	
Emisiones	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_x (g/kWh)	HC + NO_x (g/kWh)	PM (g/kWh)	
Arranque en frío						
Emisiones	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_x (g/kWh)	HC + NO_x (g/kWh)	PM (g/kWh)	CO_2 (g/kWh)
Arranque en caliente sin regeneración						
Arranque en caliente con regeneración ([2])						
kr,u (mult/add) ([2]) kr,d (mult/add) ([2])						
Resultado del ensayo ponderado						
Resultado del ensayo final con FD						

Trabajo del ciclo relativo a un arranque en frío sin regeneración kWh

([1]) Indíquese el número de figura del sistema utilizado, definido en el anexo VI, sección 1 o sección 9, del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, según proceda.

([2]) Táchese lo que no proceda.

▼**M8**

3.2. Sistema de muestreo utilizado para el ensayo NRTC:

Emisiones gaseosas ([1]): .....

Partículas (PM) ([1]): .....

Método ([2]): filtro único/múltiple

([1]) Indíquese el número de figura del sistema utilizado, definido en el anexo VI, sección 1 o sección 9, del anexo 4B del Reglamento nº 96 de la CEPE, serie 03 de enmiendas, según proceda.

([2]) Táchese lo que no proceda.

▼M2

Apéndice 2

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PARA MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA

1. INFORMACIÓN RELATIVA A LA REALIZACIÓN DE LA(S) PRUEBA(S) ([1])**:**

1.1. **Combustible de referencia utilizado en la prueba**

1.1.1. Octanaje:

1.1.2. Porcentaje de aceite en la mezcla, en el caso de que se mezcle la gasolina con lubricante, como ocurre con los motores de dos tiempos

1.1.3. Densidad de la gasolina para motores de cuatro tiempos y mezcla de gasolina y aceite para motores de dos tiempos

1.2. **Aceite lubricante**

1.2.1. Marca(s)

1.2.2. Tipo(s)

1.3. **Máquina accionada por el motor (en su caso)**

1.3.1. Enumeración y detalles identificativos

1.3.2. Potencia absorbida a la velocidad del motor indicada (según especificación del fabricante)

Máquina	Potencia P_{AE} (kW) absorbida a distintas velocidades del motor (*), teniendo en cuenta el apéndice 3 del presente anexo	
	Intermedia (en su caso)	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: min^{-1}

Intermedia: min^{-1}

Nominal: min^{-1}

1.4.2. Potencia del motor ([2])

Condición	Ajuste de potencia (kW) a distintas velocidades del motor	
	Intermedio (en su caso)	Nominal
Potencia máxima medida en la prueba (P_M) (kW) (a)		

([1]) En el caso de que haya varios prototipos, deberá indicarse para cada uno de ellos.
([2]) Potencia no corregida, medida de conformidad con las disposiciones del punto 2.4 del anexo I.

▼**M2**

Condición	Ajuste de potencia (kW) a distintas velocidades del motor	
	Intermedio (en su caso)	Nominal
Potencia total absorbida por la máquina accionada por el motor de acuerdo con el punto 1.3.2 del presente apéndice, o con el punto 2.8 del anexo III (P_{AE}) (kW) (b)		
Potencia neta del motor tal como se especifica en el punto 2.4 del anexo I (kW) (c)		
c = a + b		

1.5. **Niveles de emisión**

1.5.1. Ajuste del dinamómetro (kW)

Porcentaje de carga	Ajuste del dinamómetro (kW) a distintas velocidades del motor	
	Intermedio (en su caso)	Nominal (en su caso)
10 (en su caso)		
25 (en su caso)		
50		
75		
100		

1.5.2. Emisiones resultantes en el ciclo de prueba:

CO: g/kWh

HC: g/kWh

NO_x: g/kWh

▼M2

Apéndice 3

EQUIPOS Y ACCESORIOS QUE DEBERÁN INSTALARSE DURANTE LA PRUEBA PARA DETERMINAR LA POTENCIA DEL MOTOR

Nº	Equipo y accesorios	Instalado para la prueba de emisiones
1	Sistema de admisión	
	Colector de admisión	Sí, equipo de serie
	Sistema de control de las emisiones del cárter	Sí, equipo de serie
	Dispositivos de control para el sistema colector de admisión de inducción doble	Sí, equipo de serie
	Caudalímetro de aire	Sí, equipo de serie
	Conducciones de admisión de aire	Sí ([a])
	Filtro de aire	Sí ([a])
	Silenciador de admisión	Sí ([a])
	Limitador de velocidad	Sí ([a])
2	Calentador por inducción del colector de admisión	Sí, equipo de serie. Si es posible, deberá instalarse en la condición más favorable
3	Sistema de escape	
	Depurador de los gases de escape	Sí, equipo de serie
	Colector de escape	Sí, equipo de serie
	Tubos de unión	Sí ([b])
	Silenciador	Sí ([b])
	Tubo de escape	Sí ([b])
	Freno de escape	No ([c])
	Dispositivo de carga de presión	Sí, equipo de serie
4	Bomba de alimentación de combustible	Sí, equipo de serie ([d])
5	Equipo de carburación	
	Carburador	Sí, equipo de serie
	Sistema de control electrónico, caudalímetro de aire, etc.	Sí, equipo de serie
	Equipos para motores a gas	
	Reductor de presión	Sí, equipo de serie
	Evaporador	Sí, equipo de serie
	Mezclador	Sí, equipo de serie

▼M2

Nº	Equipo y accesorios	Instalado para la prueba de emisiones
6	Equipo de inyección de combustible (gasolina y diesel)	
	Prefiltro	Sí, equipo de serie o equipo del banco de pruebas
	Filtro	Sí, equipo de serie o equipo del banco de pruebas
	Bomba	Sí, equipo de serie
	Tubería de alta presión	Sí, equipo de serie
	Inyector	Sí, equipo de serie
	Válvula de admisión	Sí, equipo de serie ([e])
	Sistema de control electrónico, caudalímetro de aire, etc.	Sí, equipo de serie
	Regulador/sistema de control	Sí, equipo de serie
	Parada automática en condiciones de plena carga para la cremallera de control en función de las condiciones atmosféricas	Sí, equipo de serie
7	Equipo de refrigeración por líquido	
	Radiador	No
	Ventilador	No
	Carcasa del ventilador	No
	Bomba de agua	Sí, equipo de serie ([f])
	Termostato	Sí, equipo de serie ([g])
8	Refrigeración por aire	
	Carcasa	No ([h])
	Ventilador o soplante	No ([h])
	Regulador de temperatura	No
9	Equipo eléctrico	
	Generador	Sí, equipo de serie ([i])
	Sistema de distribución de chispa	Sí, equipo de serie
	Bobina o bobinas	Sí, equipo de serie
	Cableado	Sí, equipo de serie
	Bujías	Sí, equipo de serie
	Sistema de control electrónico, incluido sensor de detonación/sistema de retardo de chispa	Sí, equipo de serie

▼M2

Nº	Equipo y accesorios	Instalado para la prueba de emisiones
10	Equipo de carga de presión	
	Compresor accionado directamente por el motor o por los gases de escape	Sí, equipo de serie
	Radiador del aire de sobrealimentación	Sí, equipo de serie o equipo del banco de pruebas ([j]) ([k])
	Bomba de refrigerante o ventilador (accionado por el motor)	No ([h])
	Dispositivo regulador del caudal de refrigerante	Sí, equipo de serie
11	Ventilador del banco de pruebas auxiliar	Sí, si es necesario
12	Dispositivo anticontaminación	Sí, equipo de serie ([l])
13	Equipo de arranque	Equipo del banco de pruebas
14	Bomba de lubricante	Sí, equipo de serie

([a]) Se instalará el sistema de admisión completo, de acuerdo con lo estipulado para la aplicación prevista:
cuando exista riesgo de que la potencia del motor sufra un efecto apreciable,
en el caso de los motores de encendido por chispa con aspiración natural,
cuando el fabricante lo indique.
En otros casos, podrá utilizarse un sistema equivalente y se deberá comprobar que la presión de admisión no difiere en más de 100 Pa con respecto al límite superior prescrito por el fabricante para un filtro de aire nuevo.

([b]) Se instalará el sistema de escape completo, de acuerdo con lo estipulado para la aplicación prevista:
cuando exista riesgo de que la potencia del motor sufra un efecto apreciable,
en el caso de los motores de encendido por chispa con aspiración natural,
cuando el fabricante lo indique.
En otros casos, podrá utilizarse un sistema equivalente y se deberá comprobar que la presión de admisión no difiere en más de 1 000 Pa con respecto al límite superior prescrito por el fabricante.

([c]) Si el motor lleva un freno de escape incorporado, la válvula de mariposa se fijará en su posición de apertura total.

([d]) La presión de alimentación del combustible podrá ajustarse, si es necesario, para reproducir la presión existente en la aplicación concreta del motor (especialmente si se utiliza un sistema de «retorno de combustible»).

([e]) La válvula de admisión es la válvula de control del regulador neumático de la bomba de inyección. Este regulador o el equipo de inyección de combustible pueden contener otros dispositivos que pueden afectar a la cantidad de combustible inyectada.

([f]) La circulación del líquido refrigerante se realizará por medio de la bomba de agua del motor exclusivamente. La refrigeración del líquido puede obtenerse de un circuito externo, de modo que la pérdida de presión de este circuito y la presión de la entrada de la bomba permanezcan básicamente iguales que las del sistema de refrigeración del motor.

([g]) El termostato puede fijarse en su posición de apertura total.

([h]) Si se instala el ventilador o soplante de refrigeración para la prueba, la potencia absorbida se sumará a los resultados, excepto los ventiladores de los motores refrigerados por aire que van montados directamente en el cigüeñal. La potencia del ventilador o soplante se determinará a las velocidades utilizadas para la prueba, bien calculándola a partir de las características estándar, o bien mediante pruebas prácticas.

([i]) Potencia mínima del generador: la alimentación eléctrica del generador se limitará a la necesaria para el funcionamiento de los accesorios que sean indispensables para el funcionamiento del motor. Si es necesario conectar una batería, se utilizará una batería totalmente cargada y en perfecto estado.

([j]) Los motores con radiador del aire de sobrealimentación se someterán a la prueba con este radiador, ya sea refrigerado por líquido o por aire, pero si el fabricante lo prefiere, se podrá utilizar un banco de pruebas en lugar del radiador. En cualquier caso, se determinará la potencia en cada velocidad con la caída de presión máxima y la caída de temperatura mínima del aire de motor en el radiador o banco de pruebas, según la especificación del fabricante.

([k]) Podrá incluirse, por ejemplo, un sistema de recirculación de los gases de escape (EGR), un convertidor catalítico, un reactor térmico, un sistema secundario de alimentación de aire y un sistema de protección contra la evaporación del combustible.

([l]) La alimentación eléctrica para los sistemas de arranque u otros sistemas eléctricos se obtendrá del banco de pruebas.

▼B

ANEXO ►M2 *VIII* ◄

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:

▼M4

1	para Alemania
2	para Francia
3	para Italia
4	para los Países Bajos
5	para Suecia
6	para Bélgica
7	para Hungría
8	para la República Checa
9	para España
11	para el Reino Unido
12	para Austria
13	para Luxemburgo
17	para Finlandia
18	para Dinamarca
19	para Rumanía
20	para Polonia
21	para Portugal
23	para Grecia
24	para Irlanda
26	para Eslovenia
27	para Eslovaquia
29	para Estonia
32	para Letonia
34	para Bulgaria
36	para Lituania
CY	para Chipre
MT	para Malta

▼B

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.

▼B

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

▼B

ANEXO ►M2 *IX* ◄

LISTA DE HOMOLOGACIONES DE MOTORES/FAMILIAS DE MOTORES CONCEDIDAS

Sello de la administración

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.

▼B

ANEXO ►M2 *X* ◄

LISTA DE MOTORES FABRICADOS

Sello de la administración

Número de lista: .....

Correspondiente al período de: ..... a .....

Se facilitará la siguiente información en relación con los números de identificación, tipos, familias y números de homologación de los motores fabricados en el período mencionado, de acuerdo con las prescripciones de la presente Directiva:

Fabricante: .....

Marca: .....

Número de homologación: .....

Denominación de la familia de motores (1): .....

Tipo de motor:	1:	2:	n: .....
Números de identificación del motor:	... 001	... 001	... 001
	... 002	... 002	... 002
	.	.	.
	.	.	.
	.	.	.
	..... m	..... p	..... q

Fecha de concesión: .....

Fecha de la primera concesión (en el caso de suplementos): .....

(1) Omítase lo que no proceda; el ejemplo muestra una familia de motores que contiene «n» tipos de motores diferentes de los cuales se han fabricado las unidades que llevan los siguientes números de identificación desde:
... 001 hasta ..... m del tipo 1
... 001 hasta ..... p del tipo 2
... 001 hasta ..... q del tipo n.

▼**M8**

ANEXO XI

HOJA DE DATOS DE MOTORES QUE HAN RECIBIDO LA HOMOLOGACIÓN DE TIPO

1. **Motores de encendido por chispa**

Sello de la Administración

Homologación de tipo de motor notificada		1	2	3	4
Número de homologación de tipo					
Fecha de homologación					
Nombre del fabricante					
Tipo/familia de motores					
Descripción del motor	Información general ([1])				
	Medio refrigerante ([1]):				
	Número de cilindros				
	Cilindrada (cm^3)				
	Tipo de postratamiento ([2])				
	Régimen nominal (min^{-1})				
	Potencia neta nominal (kW)				
Emisiones (g/kWh)	CO				
	HC				
	NO_x				
	PM				

([1]) Líquido o aire.
([2]) Indíquese la abreviatura correspondiente: CAT = catalizador, FP = filtro de partículas, SCR = reducción catalítica selectiva.

▼M8

2. **Motores de encendido por compresión** ([1]) ([2])

Sello de la Administración

2.1. *Información general sobre el motor*

Homologación de tipo de motor notificada		1	2	3	4
Número de homologación de tipo					
Fecha de homologación					
Nombre del fabricante					
Tipo/familia de motores					
Descripción del motor	Información general ([1])				
	Medio refrigerante ([2]):				
	Número de cilindros				
	Cilindrada (cm^3)				
	Tipo de postratamiento ([3])				
	Régimen nominal (min^{-1})				
	Régimen de la potencia máxima (min^{-1})				
	Potencia neta nominal (kW)				
	Potencia neta máxima (kW)				

([1]) Indíquese la abreviatura correspondiente: DI = inyección directa, PC = precámara/cámara de turbulencia, NA = aspiración natural (atmosférico), TC = sobrealimentado con turbocompresor, TCA = sobrealimentado con turbocompresor y que incluye post-refrigeración, EGR = recirculación de los gases de escape. Ejemplos: PC NA, DI TCA EGR.
([2]) Líquido o aire.
([3]) Indíquese la abreviatura correspondiente: DOC = catalizador de oxidación diésel, FP = filtro de partículas, SCR = reducción catalítica selectiva.

2.2. *Resultado final de las emisiones*

Homologación de tipo de motor notificada		1	2	3	4
Resultado final del ensayo NRSC, incluyendo el FD (g/kWh)	CO				
	HC				
	NO_x				
	HC + NO_x				
	PM				

([1]) Cumpliméntense todos los elementos aplicables al tipo/familia de motores.
([2]) En caso de una familia de motores, indíquese la información del motor de referencia.

▼**M8**

Homologación de tipo de motor notificada		1	2	3	4
NRSC CO_2 (g/kWh)					
Resultado final del ensayo NRTC, incluyendo el FD (g/kWh)	CO				
	HC				
	NO_x				
	HC + NO_x				
	PM				
CO_2 del ciclo en caliente NRTC (g/kWh)					
Trabajo del ciclo en caliente NRTC (kWh)					

2.3. *Resultados del ensayo de emisiones y factores de deterioro del NRSC*

Homologación de tipo de motor notificada		1	2	3	4
FD mult/sum ([1])	CO				
	HC				
	NO_x				
	HC + NO_x				
	PM				
Resultado del ensayo NRSC, sin incluir FD (g/kWh)	CO				
	HC				
	NO_x				
	HC + NO_x				
	PM				

([1]) Táchese lo que no proceda.

2.3. *Resultados del ensayo de emisiones y factores de deterioro del NRTC*

Homologación de tipo de motor notificada		1	2	3	4
FD mult/sum ([1])	CO				
	HC				
	NO_x				
	HC + NO_x				
	PM				
Resultado del ensayo de arranque en frío del NRTC, sin incluir FD (g/kWh)	CO				
	HC				
	NO_x				
	HC + NO_x				
	PM				

▼**M8**

Homologación de tipo de motor notificada		1	2	3	4
Resultado del ensayo de arranque en caliente del NRTC, sin incluir FD (g/kWh)	CO				
	HC				
	NO_x				
	HC + NO_x				
	PM				

([1]) Táchese lo que no proceda.

2.4. *Resultados del ensayo de arranque en caliente del NRTC*

En el caso de los motores de la fase IV, podrán notificarse datos relacionados con la regeneración.

Homologación de tipo de motor notificada		1	2	3	4
Arranque en caliente del NRTC sin regeneración (g/kWh)	CO				
	HC				
	NO_x				
	HC + NO_x				
	PM				
Arranque en caliente del NRTC con regeneración (g/kWh)	CO				
	HC				
	NO_x				
	HC + NO_x				
	PM				

▼M8

ANEXO XII

RECONOCIMIENTO DE HOMOLOGACIONES DE TIPO ALTERNATIVAS

1. Las siguientes homologaciones de tipo y, en su caso, las correspondientes marcas de homologación, se reconocen como equivalentes a las concedidas con arreglo a la presente Directiva para los motores de las categorías A, B y C definidos en el artículo 9, apartado 2:

1.1. las homologaciones de tipo con arreglo a la Directiva 2000/25/CE;

1.2. las homologaciones de tipo conforme a la Directiva 88/77/CEE que cumplan los requisitos de las fases A o B en relación con el artículo 2 y el anexo I, sección 6.2.1, de la Directiva 88/77/CEE o el Reglamento nº 49 de la CEPE, serie 02 de enmiendas, corrección de errores I/2;

1.3. las homologaciones de tipo con arreglo al Reglamento nº 96 de la CEPE.

2. En el caso de los motores de las categorías D, E, F y G (fase II), definidos en el artículo 9, apartado 3, las siguientes homologaciones de tipo y, en su caso, las correspondientes marcas de homologación se reconocen como equivalentes a las concedidas con arreglo a la presente Directiva:

2.1. las homologaciones de fase II de la Directiva 2000/25/CE;

2.2. las homologaciones de tipo conforme a la Directiva 88/77/CEE, en su versión modificada por la Directiva 99/96/CE, que cumplan las fases A, B1, B2 o C previstas en el artículo 2 y en la sección 6.2.1 del anexo I de esta Directiva;

2.3. las homologaciones de tipo conforme al Reglamento nº 49 de la CEPE, serie 03 de enmiendas;

2.4. las homologaciones de las fases D, E, F y G del Reglamento nº 96 de la CEPE, con arreglo al apartado 5.2.1 de dicho Reglamento, serie 01 de enmiendas.

3. En el caso de los motores de las categorías H, I, J y K (fase III A), definidos en el artículo 9, apartados 3 *bis* y 3 *ter*, las siguientes homologaciones de tipo y, en su caso, las correspondientes marcas de homologación se reconocen como equivalentes a las concedidas con arreglo a la presente Directiva:

3.1. las homologaciones de tipo conforme a la Directiva 2005/55/CE, en su versión modificada por las Directivas 2005/78/CE y 2006/51/CE, que cumplan las fases B1, B2 o C previstas en el artículo 2 y en la sección 6.2.1 del anexo I de dicha Directiva;

3.2. las homologaciones de tipo con arreglo al Reglamento nº 49 de la CEPE, serie 05 de enmiendas, que cumplan las fases B1, B2 y C establecidas en el apartado 5.2 de dicho Reglamento;

3.3. las homologaciones de las fases H, I, J y K del Reglamento nº 96 de la CEPE, con arreglo al apartado 5.2.1 de dicho Reglamento, serie 02 de enmiendas.

4. En el caso de los motores de las categorías L, M, N y P (fase III B), definidas en el artículo 9, apartado 3 *quater*, las homologaciones de tipo siguientes y, en su caso, las correspondientes marcas de homologación, se reconocen como equivalentes a las concedidas con arreglo a la presente Directiva:

4.1. las homologaciones de tipo conforme a la Directiva 2005/55/CE, en su versión modificada por las Directivas 2005/78/CE y 2006/51/CE, que cumplan las fases B2 o C previstas en el artículo 2 y en la sección 6.2.1 del anexo I de dicha Directiva;

4.2. las homologaciones de tipo con arreglo al Reglamento nº 49 de la CEPE, serie 05 de enmiendas, que cumplan las fases B 2 o C establecidas en el apartado 5.2 de dicho Reglamento;

4.3. las homologaciones de las fases L, M, N y P del Reglamento nº 96 de la CEPE, con arreglo al apartado 5.2.1 de dicho Reglamento, serie 03 de enmiendas.

▼**M8**

5. En el caso de los motores de las categorías Q y R (fase IV), definidas en el artículo 9, apartado 3 *quinquies*, las homologaciones de tipo siguientes y, en su caso, las correspondientes marcas de homologación, se reconocen como equivalentes a las concedidas con arreglo a la presente Directiva:

5.1. las homologaciones de tipo con arreglo al Reglamento (CE) nº 595/2009 y sus normas de desarrollo, si un servicio técnico confirma que el motor cumple los requisitos del anexo I, sección 8.5, de la presente Directiva;

5.2. las homologaciones de tipo con arreglo al Reglamento nº 49 de la CEPE, serie 06 de enmiendas, si un servicio técnico confirma que el motor cumple los requisitos del anexo I, sección 8.5, de la presente Directiva.

▼M3
▼C1

ANEXO XIII

DISPOSICIONES PARA LOS MOTORES COMERCIALIZADOS ACOGIÉNDOSE AL SISTEMA FLEXIBLE

A petición de un fabricante de equipo (OEM), y habiendo obtenido el permiso de una autoridad de homologación, los fabricantes de motores podrás, durante el período entre dos fases sucesivas de valores límite, comercializar un número limitado de motores que sólo cumplan con los valores límite para emisiones de la fase anterior de acuerdo con las disposiciones siguientes:

▼M7

1. ACTUACIONES DEL FABRICANTE DE EQUIPOS ORIGINALES (OEM)

1.1. Excepto durante la fase III B, un OEM que desee hacer uso del sistema flexible, con excepción de los motores de propulsión para automotores y locomotoras, solicitará autorización a la autoridad de homologación para que los fabricantes de sus motores comercialicen motores destinados a su uso exclusivo. El número de motores que no cumplan los actuales límites de emisiones, pero que hayan sido homologados en la fase de límites de emisiones inmediatamente anterior, no superará los límites indicados en los puntos 1.1.1 y 1.1.2.

1.1.1. El número de motores comercializados con arreglo al sistema flexible no superará, en cada categoría de motor, el 20 % de la cantidad anual de equipos con motores de dicha categoría comercializados por el OEM (calculada como la media de los últimos cinco años). Cuando el OEM haya comercializado equipos en la Unión durante menos de cinco años, la media se calculará basándose en el período durante el cual el OEM haya comercializado equipos en la Unión.

1.1.2. Como alternativa a lo dispuesto en el punto 1.1.1, y con excepción de los motores destinados a la propulsión de automotores y locomotoras, el OEM podrá solicitar autorización para que sus fabricantes de motores puedan comercializar un número determinado de motores para su uso exclusivo. El número de motores en cada categoría de motor no podrá ser superior a los límites siguientes:

Categoría del motor P (kW)	Número de motores
$19 \leq P < 37$	200
$37 \leq P < 75$	150
$75 \leq P < 130$	100
$130 \leq P \leq 560$	50

1.2. Durante la fase III B, pero sin sobrepasar los tres años desde el inicio de dicha fase, con excepción de los motores destinados a ser utilizados en la propulsión de automotores y locomotoras, el OEM que desee hacer uso del sistema flexible solicitará a una autoridad de homologación autorización para que los fabricantes de sus motores comercialicen motores destinados a su uso exclusivo. Las cantidades de motores que no cumplan los actuales valores límite de emisiones pero que hayan sido homologados en la fase de límites de emisiones inmediatamente anterior no superarán los límites fijados en los puntos 1.2.1 y 1.2.2.

1.2.1. El número de motores comercializados con arreglo al sistema flexible no superará, en cada categoría de motor, el 37,5 % de la cantidad anual de equipos con motores de dicha categoría comercializados por el OEM (calculada como la media de las ventas de los últimos cinco años en el mercado de la Unión). Cuando el OEM haya comercializado equipos en la Unión durante menos de cinco años, la media se calculará basándose en el período durante el cual el OEM haya comercializado equipos en la Unión.

▼M7

1.2.2. Como alternativa a lo dispuesto en el punto 1.2.1, el OEM podrá solicitar autorización para que los fabricantes de sus motores puedan comercializar un número determinado de motores para su uso exclusivo. El número de motores en cada categoría de motor no podrá ser superior a los límites siguientes:

Categoría del motor P (kW)	Número de motores
$37 \leq P < 56$	200
$56 \leq P < 75$	175
$75 \leq P < 130$	250
$130 \leq P \leq 560$	125

1.3. Por lo que se refiere a los motores destinados a ser utilizados en la propulsión de locomotoras, durante la fase III B, pero sin sobrepasar los tres años desde el inicio de dicha fase, un OEM podrá solicitar autorización para que sus fabricantes de motores comercialicen un máximo de dieciséis motores para su uso exclusivo. El OEM también podrá solicitar autorización para que sus fabricantes de motores comercialicen un máximo de diez motores adicionales con una potencia nominal superior a los 1 800 kW destinados a ser instalados en locomotoras diseñadas para ser utilizadas exclusivamente en la red del Reino Unido. Se considerará que las locomotoras cumplen este requisito únicamente si disponen de un certificado de seguridad para su funcionamiento en la red del Reino Unido, o bien pueden obtener dicho certificado.

Solo se concederá tal autorización cuando existan razones técnicas que justifiquen la incapacidad de respetar los límites de emisiones de la fase III B.

1.4. El OEM incluirá en la solicitud a la autoridad de homologación la información siguiente:

a) una muestra de las etiquetas que deben fijarse en cada pieza de máquina móvil no de carretera en la que se instale un motor comercializado con arreglo al sistema flexible con el texto siguiente: «MÁQUINA nº… (secuencia de máquinas) DE… (número total de máquinas de la gama de potencia correspondiente) CON MOTOR nº… CON HOMOLOGACIÓN DE TIPO (Directiva 97/68/CE) nº…»;

b) una muestra de la etiqueta suplementaria que haya de fijarse en el motor con el texto mencionado en el punto 2.2.

1.5. El OEM facilitará a la autoridad de homologación toda la información necesaria relacionada con la aplicación del sistema flexible que dicha autoridad solicite con objeto de adoptar una decisión al respecto.

1.6. El OEM facilitará a la autoridad de homologación de los Estados miembros que lo solicite cualquier información que dicha autoridad precise para confirmar que con respecto a un motor del que se afirma que se comercializa en el marco de un sistema flexible, o que figura etiquetado como tal, dicha afirmación o etiquetado son correctos.

▼C1

2. ACCIONES POR PARTE DEL FABRICANTE DE MOTORES

2.1. El fabricante de motores podrá comercializar motores acogiéndose al sistema flexible cubiertos por una homologación de acuerdo con el punto 1 del presente anexo.

2.2. El fabricante del motor colocará una etiqueta en esos motores con el texto siguiente: «Motor comercializado acogiéndose al sistema flexible».

3. ACCIONES POR PARTE DE LA AUTORIDAD DE HOMOLOGACIÓN

3.1. La autoridad de homologación evaluará el contenido de la solicitud de sistema flexible y la documentación aneja. Basándose en este examen, la autoridad de homologación informará al OEM de su decisión de autorizar o no la utilización del sistema flexible.

▼M3
▼C1

ANEXO XIV

CCNR fase I ([1])

P_N (kW)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_x (g/kWh)	PT (g/kWh)
$37 \leq P_N < 75$	6,5	1,3	9,2	0,85
$75 \leq P_N < 130$	5,0	1,3	9,2	0,70
$P_N \geq 130$	5,0	1,3	$n \geq 2\,800$ tr/min = 9,2 $500 \leq n < 2\,800$ tr/min = $45 \cdot n^{(-0,2)}$	0,54

([1]) Protocolo CCNR 19, Resolución de la Comisión Central de Navegación del Rin de 11 de mayo de 2000.

▼M3
▼C1

ANEXO XV

CCNR fase II ([1])

P_N (kW)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_x (g/kWh)	PT (g/kWh)
$18 \leq P_N < 37$	5,5	1,5	8,0	0,8
$37 \leq P_N < 75$	5,0	1,3	7,0	0,4
$75 \leq P_N < 130$	5,0	1,0	6,0	0,3
$130 \leq P_N < 560$	3,5	1,0	6,0	0,2
$P_N \geq 560$	3,5	1,0	$n \geq 3\,150\ min^{-1} = 6,0$ $343 \leq n < 3\,150\ min^{-1} = 45\ n^{(-0,2)} - 3$ $n < 343\ min^{-1} = 11,0$	0,2

([1]) Protocolo CCNR 21, Resolución de la Comisión Central de Navegación del Rin de 31 de mayo de 2001.