

DIRECTIVA 2002/88/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO**de 9 de diciembre de 2002**

por la que se modifica la Directiva 97/68/CE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre medidas contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de los motores de combustión interna que se instalen en las máquinas móviles no de carretera

EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea, y en particular su artículo 95,

Vista la propuesta de la Comisión ⁽¹⁾,

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

Previa consulta al Comité de las Regiones,

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 251 del Tratado ⁽³⁾,

Considerando lo siguiente:

- (1) El programa Auto Oil II era un programa destinado a identificar estrategias eficaces en función del coste para cumplir los objetivos de calidad del aire de la Comunidad. En su Comunicación «Examen del programa Auto Oil II», la Comisión llegó a la conclusión de que existe la necesidad de adoptar nuevas medidas, en particular para hacer frente a los problemas del ozono y de las emisiones de partículas. Los últimos trabajos sobre el establecimiento de límites nacionales de emisión han demostrado la necesidad de adoptar medidas adicionales para cumplir los objetivos de calidad del aire establecidos en la legislación comunitaria.
- (2) Se han venido introduciendo gradualmente normas rigurosas sobre las emisiones de los vehículos de circulación por carretera y se ha decidido ya que dichas normas deben endurecerse. Por lo tanto, la contribución relativa de las emisiones de contaminantes procedentes de máquinas móviles no de carretera tendrá una mayor importancia en el futuro.
- (3) La Directiva 97/68/CE ⁽⁴⁾ introduce valores límite de emisión aplicables a los gases y partículas contaminantes procedentes de motores de combustión interna que se instalan en máquinas móviles no de carretera.

(4) Aunque la Directiva 97/68/CE sólo se aplica en principio a determinados motores de encendido por compresión, en el considerando 5 de la citada Directiva se considera la posterior ampliación de su ámbito de aplicación, en particular a los motores de gasolina.

(5) Las emisiones de los pequeños motores de encendido por chispa (motores de gasolina) instalados en distintos tipos de máquinas contribuyen de forma notable a los problemas identificados de calidad del aire, tanto actuales como futuros, especialmente en lo que respecta a la formación de ozono.

(6) Las emisiones de los pequeños motores de encendido por chispa están reguladas en Estados Unidos por normas medioambientales muy rigurosas que han demostrado que es posible lograr una reducción significativa de las emisiones.

(7) La ausencia de legislación comunitaria permite la comercialización de motores con tecnología obsoleta desde el punto de vista del medio ambiente, quedando de este modo comprometidos los objetivos de calidad del aire en la Comunidad, o la aplicación de legislación nacional en esta materia, que puede crear obstáculos al comercio.

(8) La Directiva 97/68/CE está profundamente armonizada con la legislación estadounidense correspondiente, y una armonización permanente será beneficiosa tanto para la industria como para el medio ambiente.

(9) La industria europea, y en especial los fabricantes que todavía no actúan a escala mundial, necesitan cierto período de tiempo para cumplir las normas sobre emisiones.

(10) En la Directiva 97/68/CE aplicable a los motores de encendido por compresión, así como en la normativa estadounidense aplicable a los motores de encendido por chispa, se establecen dos fases de actuación. Aunque en la legislación comunitaria podría haberse previsto una sola fase, ello habría dejado esta materia sin regular durante otros cuatro o cinco años.

(11) Para lograr la necesaria flexibilidad para una adaptación a escala mundial, se incluye una posible excepción que podrá realizarse por procedimiento de comitología.

⁽¹⁾ DO C 180 E de 26.6.2001, p. 31.

⁽²⁾ DO C 260 de 17.9.2001, p. 1.

⁽³⁾ Dictamen del Parlamento Europeo, de 2 de octubre de 2001 (DO C 87 E de 11.4.2002, p. 18), Posición Común del Consejo, de 25 de marzo de 2002 (DO C 145 E de 18.6.2002, p. 17) y Decisión del Parlamento Europeo de 2 de julio de 2002 (no publicada aún en el Diario Oficial).

⁽⁴⁾ DO L 59 de 27.2.1998, p. 1; cuya última modificación la constituye la Directiva 2001/63/CE de la Comisión (DO L 227 de 23.8.2001, p. 41).

(12) Las medidas necesarias para la ejecución de la presente Directiva deben aprobarse con arreglo a la Decisión 1999/468/CE del Consejo, de 28 de junio de 1999, por la que se establecen los procedimientos para el ejercicio de las competencias de ejecución atribuidas a la Comisión ⁽¹⁾.

(13) La Directiva 97/68/CE debe modificarse en consecuencia.

HAN ADOPTADO LA PRESENTE DIRECTIVA:

Artículo 1

La Directiva 97/68/CE se modifica como sigue:

1) En el artículo 2:

a) el octavo guión se sustituye por el texto siguiente:

«— “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) se añaden los guiones siguientes:

«— “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:

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.».

2) El artículo 4 se modifica como sigue:

a) el apartado 2 se modifica de la manera siguiente:

i) en la primera frase, «anexo VI» se sustituye por «anexo VII»,

ii) en la segunda frase, «anexo VII» se sustituye por «anexo VIII»;

b) el apartado 4 se modifica como sigue:

i) en la letra a), «anexo VIII» se sustituye por «anexo IX»,

ii) en la letra b), «anexo IX» se sustituye por «anexo X»;

c) en el apartado 5, «anexo X» se sustituye por «anexo XI».

3) El apartado 2 del artículo 7 se sustituye por el texto siguiente:

«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.».

4) El artículo 9 se modifica como sigue:

a) el título «Calendario» se sustituye por «Calendario para los motores de encendido por compresión»;

⁽¹⁾ DO L 184 de 17.7.1999, p. 23.

- b) en el punto 1, «anexo VI» se sustituye por «anexo VII»;
- c) el punto 2 se modifica como sigue:
- i) «anexo VI» se sustituye por «anexo VII»,
- ii) «el punto 4.2.1 del anexo I» se sustituye por «el punto 4.1.2.1 del anexo I»;
- d) el punto 3 se modifica como sigue:
- i) «anexo VI» se sustituye por «anexo VII»,
- ii) «el punto 4.2.3 del anexo I» se sustituye por «el punto 4.1.2.3 del anexo I»;
- e) en el párrafo primero del punto 4, «la comercialización de nuevos motores» se sustituye por «la comercialización de motores».
- 5) Se inserta el artículo siguiente:

«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 del 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.

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 cm³, 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,
- 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 cm³,
- 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 cm³, 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.

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.»

6) El artículo 10 se modifica como sigue:

a) el apartado 1 se sustituye por el texto siguiente:

«1. Las disposiciones de los apartados 1 y 2 del artículo 8, del punto 4 del artículo 9 y del punto 5 del artículo 9 bis no serán aplicables a:

- los motores para uso de las fuerzas armadas,
- los motores exentos de conformidad con los apartados 1 bis y 2.»;

b) se inserta el apartado siguiente:

«1 bis Los motores sustitutivos cumplirán los valores límite que debían cumplir los motores a los que sustituyen en el momento en que se comercializaron inicialmente. Se insertará el texto "MOTOR SUSTITUTIVO" en el manual del propietario o se fijará al motor una etiqueta con dicho texto.»;

c) se añaden los apartados siguientes:

«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.».

7) Los artículos 14 y 15 se sustituyen por los artículos siguientes:

«Artículo 14

Adaptación al progreso técnico

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, será adoptada por la Comisión de conformidad con el procedimiento mencionado en el apartado 2 del artículo 15.

Artículo 14 bis

Procedimiento para excepciones

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 de uso profesional y de posiciones múltiples, no pueden respetar estos plazos, 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 apartado 7 del artículo 9 bis y/o otras excepciones pertinentes, que no superen los cinco años, salvo en circunstancias excepcionales, para dichas máquinas, con arreglo al procedimiento establecido en el apartado 2 del artículo 15.

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".

2. En los casos en que se haga referencia al presente apartado, serán de aplicación los artículos 5 y 7 de la Decisión 1999/468/CE (*), observando lo dispuesto en su artículo 8.

El plazo contemplado en el apartado 6 del artículo 5 de la Decisión 1999/468/CE queda fijado en tres meses.

3. El Comité aprobará su reglamento interno.

(*) DO L 184 de 17.7.1999, p. 23.»

8) Se añade al comienzo de los anexos la lista siguiente:

«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
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
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
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	Características técnicas del combustible de referencia prescrito para las pruebas de homologación y para comprobar la conformidad de la producción
ANEXO VI	Sistema de análisis y de toma de muestras
ANEXO VII	Certificado de homologación
Apéndice 1	Resultados de las pruebas para los motores de encendido por compresión
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
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 homologados
ANEXO XII	Reconocimiento de homologaciones alternativas.»

9) Los anexos se modifican de conformidad con el anexo de la presente Directiva.

Artículo 2

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 11 de agosto de 2004. 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 3

A más tardar el 11 de agosto de 2004, la Comisión presentará al Parlamento Europeo y al Consejo un informe y, en su caso, una propuesta sobre los posibles costes y beneficios, así como sobre la viabilidad de los siguientes aspectos:

- a) la reducción de las emisiones de partículas de los pequeños motores de encendido por chispa, con especial atención a los motores de dos tiempos. El informe tendrá en cuenta:
 - i) la estimación de la contribución de esos motores a la emisión de partículas y la manera en que las medidas propuestas de reducción de emisiones pueden contribuir a la mejora de la calidad del aire y a reducir sus efectos en la salud,
 - ii) las pruebas, procedimientos de medida y equipos que podrían utilizarse para evaluar las emisiones de partículas de los pequeños motores de encendido por chispa en el momento de su homologación,

- iii) los trabajos y las conclusiones del programa de medida de partículas,
 - iv) los avances registrados en los procedimientos de prueba, la tecnología de motores, la depuración de los escapes y las normas mejoradas relativas a los combustibles y los lubricantes para motores, y
 - v) los costes de reducir las emisiones de partículas de los pequeños motores de encendido por chispa, así como el rendimiento de las medidas que se propongan;
- b) la reducción de las emisiones de los vehículos de recreo, incluidas las motos de nieve y los *go-carts*, que actualmente no están incluidos;
 - c) la reducción de las emisiones de gases de escape y de partículas de los pequeños motores de encendido por compresión de menos de 18 kW;
 - d) la reducción de las emisiones de gases de escape y de partículas de los motores de encendido por compresión para locomoción. Para medir esas emisiones deberá formularse un ciclo de pruebas.

Artículo 4

La presente Directiva entrará en vigor el día de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

Artículo 5

Los destinatarios de la presente Directiva son los Estados miembros.

Hecho en Bruselas, el 9 de diciembre de 2002.

Por el Parlamento Europeo

El Presidente

P. COX

Por el Consejo

El Presidente

H. C. SCHMIDT

ANEXO

1) El anexo I se modifica de la manera siguiente:

a) la primera frase del punto 1 «ÁMBITO DE APLICACIÓN» se sustituye por el texto siguiente:

«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) las letras A, B, C, D y E del punto 1 se modifican de la manera siguiente:

«A. Destinada y apta para desplazarse o ser desplazada sobre el suelo, sea o no sea carretera, y con:

i) un motor de encendido por compresión con una potencia neta instalada, de conformidad con el punto 2.4, superior a 18 kW pero no mayor de 560 kW ⁽⁴⁾ y utilizada a velocidad intermitente en lugar de a velocidad constante única.

Entre la maquinaria cuyos motores

(permanece sin cambios hasta

“— grúas móviles.”),

o bien

ii) un motor de encendido por compresión que tenga una potencia neta con arreglo a el punto 2.4 de más de 18 kW pero inferior a 560 kW y que funcione a velocidad constante. Los límites se aplicarán solamente a partir del 31 de diciembre de 2006.

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

— compresores de gas,

— equipos generadores con carga intermitente, incluidos refrigeradores y soldadores,

— bombas de agua,

— mantenimiento de césped, troceadoras, quitanieves, barrederas,

o bien

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

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

— cortacéspedes,

— motosierras,

— generadores,

— bombas de agua,

— cortadores de maleza.

La Directiva no es aplicable a:

B. Barcos

C. Locomotoras de ferrocarril

D. Aeronaves

E. Vehículos de recreo, por ejemplo:

— motos de nieve,

— motocicletas de campo,

— vehículos todo terreno.»;

- c) el punto 2 se modifica de la manera siguiente:
- se añade el texto siguiente a la nota 2 del punto 2.4:
«... excepto los ventiladores de refrigeración de los motores de refrigeración por aire fijados directamente al cigüeñal (véase el apéndice 3 del anexo VII).»
 - se añade un nuevo guión al punto 2.8., con el texto siguiente:
«— 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).»
 - se añaden los puntos siguientes:
 - «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.»
 - el punto 2.9 se convierte en el punto 2.17 y los puntos 2.9.1 a 2.9.3 se convierten en los puntos 2.17.1 a 2.17.3;
- d) el punto 3 se modifica de la manera siguiente:
- el texto del punto 3.1 se sustituye por el siguiente:
«3.1. Los motores de encendido por compresión homologados de conformidad con la presente Directiva deben llevar las marcas siguientes:»
 - el punto 3.1.3 se modifica de la manera siguiente:
«anexo VII» se sustituye por «Anexo VIII»
 - se inserta el punto siguiente:
«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.»
 - los puntos 3.2 a 3.6 se convierten en los puntos 3.3 a 3.7,
 - la referencia al «anexo VI» en el punto 3.7 se sustituye por una referencia al «anexo VII»;

- e) el punto 4 se modifica de la manera siguiente:
- se inserta el encabezamiento: «4.1 Motores de encendido por compresión»;
 - el punto 4.1 se convierte en el punto 4.1.1. y la referencia a los puntos 4.2.1 y 4.2.3 se sustituye por una referencia a los puntos 4.1.2.1 y 4.1.2.3,
 - el punto 4.2 se convierte en el punto 4.1.2 y «anexo V» se sustituye por «anexo VI»;
 - el punto 4.2.1 se convierte en el punto 4.1.2.1; el punto 4.2.2 se convierte en el punto 4.1.2.2 y la referencia al punto 4.2.1 se sustituye por una referencia al punto 4.1.2.1; los puntos 4.2.3 y 4.2.4 se convierten en los puntos 4.1.2.3 y 4.1.2.4;
- f) se añade el punto siguiente:

«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, contruidos y montados de manera que permitan al motor, en utilización normal y a pesar de las vibraciones a que pueda estar sometido, cumplir las disposiciones de esta Directiva.

El fabricante deberá adoptar medidas técnicas que garanticen la limitación efectiva de las mencionadas emisiones, de acuerdo con esta Directiva, durante la vida útil normal 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,
- 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 II (*)

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

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.

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

- g) los puntos 6.3 a 6.9 se sustituyen por los siguientes:

«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,
- 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».

2) El anexo II se modifica de la manera siguiente:

a) en el apéndice 2, el texto de la tabla se modifica de la manera siguiente:

el texto «Cantidad de combustible suministrada por carrera (mm³)» que figura en las líneas 3 y 6 se sustituye por el texto «Cantidad de combustible suministrada por carrera (mm³) para motores diesel, caudal de combustible (g/h) para motores de gasolina.»;

b) el apéndice 3 se modifica de la manera siguiente:

- el encabezamiento del punto 3 se sustituye por el siguiente: «ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE PARA MOTORES DIESEL.»,
- se insertan los siguientes puntos nuevos:

«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»,

- el punto 4 se convierte en el punto 5 y se modifica de la manera siguiente:

«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»,

- se añaden los puntos siguientes:

«6. CONFIGURACIÓN DE LUMBRERAS

6.1. Posición, tamaño y número».

— se insertan los siguientes puntos nuevos:

«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:

3) El anexo III se modifica de la manera siguiente:

a) el encabezamiento se sustituye por el siguiente:

«PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN»,

b) el punto 2.7 se modifica de la manera siguiente:

«anexo VI» se sustituye «anexo VII» y «anexo IV» se sustituye por «anexo V»;

c) el punto 3.6 se modifica como sigue:

— los puntos 3.6.1 y 3.6.1.1. se modifican del modo siguiente:

«3.6.1. Especificaciones de acuerdo con la letra A del punto 1 del anexo I:

3.6.1.1. Especificación A: para los motores incluidos en el inciso i) de la letra A del punto del anexo I con un dinamómetro, se efectuará el siguiente ciclo de ocho modalidades (*).

(*) Idéntico al ciclo C1 del borrador de la norma ISO 8178-4.»

— se añade el punto siguiente:

«3.6.1.2. Especificación B: para los motores incluidos en el inciso ii) de la letra A del punto 1 con un dinamómetro, se efectuará el siguiente ciclo de cinco modalidades ⁽¹⁾:

Número de modalidad	Velocidad del motor	% de carga	Factor de ponderación
1	Nominal	100	0,05
2	Nominal	75	0,25
3	Nominal	50	0,3
4	Nominal	25	0,3
5	Nominal	10	0,1

Las cifras de carga son porcentajes del par correspondiente a la potencia motriz 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 ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Idéntico al ciclo D2 de la norma ISO 8168-4: 1996(E).

⁽²⁾ Véase una mejor ilustración de la definición de potencia motriz en la figura 2 de la norma ISO 8528—1: 1993(E).»,

— el punto 3.6.3 se modifica de la forma siguiente:

«3.6.3. Secuencia de prueba

Se iniciará la secuencia de 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 dado ...»;

d) el punto 1 del apéndice 1 se modifica de la manera siguiente:

en os puntos 1 y 1.4.3. se sustituye «anexo V» por «anexo VI».

4) Se añade el anexo siguiente:

«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 f_a 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 cm³ 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 cm³ 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.

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.

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).

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.

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.

- a) Para motores comprobados con la configuración para la prueba dinamoétrica 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 $\pm 1\%$ de la velocidad nominal o de $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, debiendo tenerse en cuenta el más elevado de estos dos valores, excepto en lo que se refiere a la velocidad de ralentí, que deberá estar dentro de las tolerancias declaradas por el fabricante. El par prescrito se deberá mantener de manera que el valor medio del período durante el cual se realicen las mediciones esté dentro de una tolerancia de un $\pm 2\%$ del par máximo a la velocidad de giro de la prueba.
- b) Para motores comprobados con la configuración para la prueba dinamoétrica 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 $\pm 2\%$ de la velocidad nominal o de $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, debiendo tenerse en cuenta el más elevado de estos dos valores, pero en cualquier caso se deberá mantener dentro de una tolerancia de un $\pm 5\%$, 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 $\pm 5\%$ 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 $\pm 10\%$ del par prescrito o $\pm 0,5 \text{ Nm}$, 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 CO₂ 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 %.

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 escape 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.

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 $\pm 2\%$ del valor medido en todo el campo de medida excepto cero, ni más de un $\pm 0,3\%$ 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 $\pm 1\%$ 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 $\pm 2\%$ 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.

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 (CO₂)

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

1.4.3.3. Análisis de oxígeno (O₂)

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 CO₂ 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).

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 °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 °C 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. 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 °K (65 °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.

Apéndice 2

1. CALIBRADO DE LOS INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS

1.1. Introducción

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

1.2. Gases de calibración

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

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

1.2.1. Gases puros

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

- nitrógeno purificado (contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO),
- oxígeno purificado (pureza $> 99,5$ vol O₂),
- mezcla de hidrógeno y helio (40 \pm 2 % de hidrógeno, el resto helio) contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO₂,
- aire sintético purificado (contaminación ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ 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:

- C₃H₈ y aire sintético purificado (véase el punto 1.2.1),
- CO y nitrógeno purificado,
- NO_x y nitrógeno purificado (la cantidad de NO₂ contenida en este gas de calibración no deberá sobrepasar el 5 % del contenido de NO), y
- CO₂ nitrógeno purificado, y
- CH₄ aire sintético purificado, y
- C₂H₆ 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 $\pm 1,5$ %. 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.

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 $\pm 0,5$ % 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 \pm 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 tapará 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:

$$\delta p = p/V_{\text{syst}} \times 0,005 \times fr$$

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.

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, CO₂, 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 $\pm 0,3$ % 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.

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 NO₂ 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 NO₂ 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:

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

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, NO₂, O₂ y N₂) 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.

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 precondicionarse durante 24 horas a una temperatura de $298 \text{ }^\circ\text{K}$ ($25 \text{ }^\circ\text{C}$) $\pm 5 \text{ }^\circ\text{K}$.

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.
- 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 (%O₂I) para cada mezcla de la letra d) de la manera siguiente:

$$\text{O}_2\text{I} = \frac{(B - C)}{B} \times 100 \quad \text{ppmC} = \frac{A}{D}$$

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 (% O₂I) 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, CO₂, NO_x y O₂

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.

1.10.1. Comprobación de interferencia en el analizador de CO

El agua y el CO₂ pueden interferir en el funcionamiento del analizador de CO. Por lo tanto, se deberá hacer barbotear por agua, a temperatura ambiente, un gas de ajuste de CO₂ con una concentración del 80 % al 100 % del valor máximo de la escala correspondiente al máximo campo operativo utilizado durante la prueba y se registrará la respuesta 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 CO₂ y el vapor de agua. Las respuestas de amortiguación de estos gases son proporcionales a sus concentraciones; por lo tanto, se requieren técnicas de prueba para determinar la amortiguación a los máximos niveles de concentración que se espera encontrar durante las pruebas.

1.10.2.1. Comprobación de la amortiguación por CO₂

Se hará pasar por el analizador NDIR un gas de ajuste de CO₂ con una concentración del 80 % al 100 % del valor máximo de la escala correspondiente al máximo campo operativo y se registrará el valor de CO₂ como A. 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 CO₂ y de NO como B y C respectivamente. Después se cortará el CO₂ 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:

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

Donde:

A: concentración de CO₂ sin diluir medida con NDIR en %

B: concentración de CO₂ diluido medida con NDIR en %

C: concentración de NO diluido medida con CLD en ppm

D: concentración de NO sin diluir medida con CLD en ppm

Pueden utilizarse métodos alternativos para diluir y cuantificar los valores de los gases de ajuste de CO₂ 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.

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:

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

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 NO₂, dado que la absorción de NO₂ en agua no se ha tenido en cuenta en los cálculos de amortiguación.

1.10.3. Interferencia en el analizador de O₂

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 ₂ O)	- 0,381

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.

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 CO₂ a partir de las lecturas medias del gráfico y de los correspondientes datos de calibración. Podrá utilizarse un tipo de registro distinto, siempre que garantice la adquisición de unos datos equivalentes.

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

1.2. 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:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\% \text{ CO [seca]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [seca]}) - 0,01 \times \% \text{ H}_2 \text{ [seca]} + k_{w2}}$$

Donde α es la relación hidrógeno-carbono del combustible.

La concentración de H_2 en los gases de escape se calculará como sigue:

$$\text{H}_2 \text{ [seca]} = \frac{0,5 \times \alpha \times \% \text{ CO [seca]} \times (\% \text{ CO [seca]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [seca]})}{\% \text{ CO [seca]} + (3 \times \% \text{ CO}_2 \text{ [seca]})}$$

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:

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

O bien, para la medición de CO_2 en fase seca:

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

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

$$DF = \frac{13,4}{\% \text{ conc}_{\text{CO}_2} + (\text{ppm conc}_{\text{CO}} + \text{ppm conc}_{\text{HC}}) \times 10^{-4}}$$

Para el aire de dilución:

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

El factor k_{w1} deberá calcularse a partir de las ecuaciones siguientes:

$$DF = \frac{13,4}{\% \text{ conc}_{\text{CO}_2} + (\text{ppm conc}_{\text{CO}} + \text{ppm conc}_{\text{HC}}) \times 10^{-4}}$$

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

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

$$DF = \frac{13,4}{\% \text{ conc}_{\text{CO}_2} + (\text{ppm conc}_{\text{CO}} + \text{ppm conc}_{\text{HC}}) \times 10^{-4}}$$

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, g de agua por kg de aire seco.

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 máscicos de emisiones

Los gastos máscicos de emisiones G_{mass} de cada modalidad se calcularán como sigue:

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

$$G_{\text{mass}} = \frac{MW_{\text{Gas}}}{MW_{\text{FUEL}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{ CO}_2 \text{ [húmeda]} - \% \text{ CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{ CO [húmeda]} + \% \text{ HC [húmeda]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{\text{FUEL}} \times 1\,000$$

Donde:

G_{FUEL} [kg/h] es el gasto máscico 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	$MW_{\text{HC}} = MW_{\text{FUEL}}$
CO_2	44,01

⁽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).

- $MW_{\text{FUEL}} = 12,011 + \alpha \times 1,00794 + \beta \times 15,9994$ [kg/kmol] es el peso molecular del combustible siendo α la relación hidrógeno-carbono y β la relación oxígeno-carbono del combustible ⁽¹⁾;
- $CO_{2\text{AIR}}$ 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 ⁽²⁾:

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

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:

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

siendo

$$\text{DF} = \frac{13,4}{\% \text{conc}_{CO_2} + (\text{ppm conc}_{CO} + \text{ppm conc}_{HC}) \times 10^{-4}}$$

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:

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

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).

⁽¹⁾ 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.

⁽²⁾ 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).

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.

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	°C	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 _{H2O} /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 CO₂ en fase seca a fase húmeda de la forma siguiente:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\% \text{ CO [seca]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [seca]}) - 0,01 \times \% \text{ H}_2 \text{ [seca]} + k_{w2}}$$

Donde:

$$\text{H}_2 \text{ [seca]} = \frac{0,5 \times \alpha \times \% \text{ CO [seca]} \times (\% \text{ CO [seca]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [seca]})}{\% \text{ CO [seca]} + (3 \times \% \text{ CO}_2 \text{ [seca])}$$

y:

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

$$H_2 \text{ [trocken]} = \frac{0,5 \times 1,85 \times 6,0995 \times (6,0995 + 11,4098)}{6,0995 + (3 \times 11,4098)} = 2,450 \%$$

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times 5,696}{1\,000 + (1,608 \times 5,696)} = 0,009$$

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + 1,85 \times 0,005 \times (6,0995 + 11,4098) - 0,01 \times 2,450 + 0,009} = 0,872$$

$$\text{CO [húmeda]} = \text{CO [seca]} \times k_w = 60\,995 \times 0,872 = 53\,198 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 \text{ [húmeda]} = \text{CO}_2 \text{ [seca]} \times k_w = 11,410 \times 0,872 = 9,951 \text{ \% Vol.}$$

Tabla 4: Valores de CO y CO₂ 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

$$HC_{\text{mass}} = \frac{MW_{\text{HC}}}{MW_{\text{FUEL}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{ CO}_2 \text{ [húmeda]} - \% \text{ CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{ CO [húmeda]} + \% \text{ HC [húmeda]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{\text{FUEL}} \times 1\,000$$

Donde:

$$MW_{\text{HC}} = MW_{\text{FUEL}}$$

$$MW_{\text{FUEL}} = 12,011 + \alpha \times 1,00794 = 13,876$$

$$HC_{\text{mass}} = \frac{13,876}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 0,1461 \times 2,985 \times 1\,000 = 28,361 \text{ g/h}$$

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

2.1.3. Emisiones de NO_xEn 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

$$CO_{mass} = \frac{MW_{CO}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 \text{ [húmeda]} - \% CO_{2AIR}) + \% CO \text{ [húmeda]} + \% HC \text{ [húmeda]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{FUEL} \times 1\ 000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 9,951 \times 2,985 \times 1\ 000 = 6\ 126,806 \text{ g/h}$$

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

$$CO_{2mass} = \frac{MW_{CO_2}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 \text{ [húmeda]} - \% CO_{2AIR}) + \% CO \text{ [húmeda]} + \% HC \text{ [húmeda]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{FUEL} \times 1\ 000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 9,951 \times 2,985 \times 1\ 000 = 6\ 126,806 \text{ g/h}$$

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:

$$\text{Gas individual} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Gas}_{mass_i} \times WF_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i \times WF_i)}$$

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

$$HC = \frac{28,361 \times 0,090 + 18,248 \times 0,200 + 16,026 \times 0,290 + 16,625 \times 0,300 + 20,357 \times 0,070 + 31,578 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 4,11 \text{ g/kWh}$$

$$NO_x = \frac{39,717 \times 0,090 + 61,291 \times 0,200 + 44,013 \times 0,290 + 8,703 \times 0,300 + 2,401 \times 0,070 + 0,820 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 6,85 \text{ g/kWh}$$

$$CO = \frac{2\,084,59 \times 0,090 + 997,64 \times 0,200 + 695,28 \times 0,290 + 591,18 \times 0,300 + 810,33 \times 0,070 + 227,92 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 181,93 \text{ g/kWh}$$

$$CO_2 = \frac{6\,126,81 \times 0,090 + 4\,884,74 \times 0,200 + 4\,117,20 \times 0,290 + 2\,780,66 \times 0,300 + 2\,020,06 \times 0,070 + 907,65 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 816,36 \text{ g/kWh}$$

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 n° 1, y después los correspondientes al resto de modalidades de prueba utilizando el mismo procedimiento.

Tabla 11: Datos experimentales de un motor de encendido por chispa de dos tiempos

Modalidad		n° 1	n° 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 _{H2O} /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 CO₂ en fase seca a fase húmeda de la manera siguiente:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\% \text{ CO [seca]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [seca]}) - 0,01 \times \% \text{ H}_2 \text{ [seca]} + k_{w2}}$$

Donde:

$$\text{H}_2 \text{ [seca]} = \frac{0,5 \times \alpha \times \% \text{ CO [seca]} \times (\% \text{ CO [seca]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [seca]})}{\% \text{ CO [seca]} + (3 \times \% \text{ CO}_2 \text{ [seca]})}$$

$$\text{H}_2 \text{ [seca]} = \frac{0,5 \times 1,85 \times 3,7086 \times (3,7086 + 11,986)}{3,7086 + (3 \times 11,986)} = 1,357 \%$$

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

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times 7,742}{1\ 000 + (1,608 \times 7,742)} = 0,012$$

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + 1,85 \times 0,005 \times (3,7086 + 11,986) - 0,01 \times 1,357 + 0,012} = 0,874$$

$$\text{CO [húmeda]} = \text{CO [seca]} \times k_w = 37\ 086 \times 0,874 = 32\ 420 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 \text{ [húmeda]} = \text{CO}_2 \text{ [seca]} \times k_w = 11,986 \times 0,874 = 10,478 \%$$

Tabla 12: Valores de CO y CO₂ 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

$$\text{HC}_{\text{mass}} = \frac{\text{MW}_{\text{HC}}}{\text{MW}_{\text{FUEL}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{ CO}_2 \text{ [húmeda]} - \% \text{ CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{ CO [húmeda]} + \% \text{ HC [húmeda]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{\text{FUEL}} \times 1\ 000$$

Donde:

$$\text{MW}_{\text{HC}} = \text{MW}_{\text{FUEL}}$$

$$\text{MW}_{\text{FUEL}} = 12,011 + \alpha \times 1,00794 = 13,876$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = \frac{13,876}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 1,422 \times 1,195 \times 1\ 000 = 112,520 \text{ g/h}$$

Tabla 13: Emisiones de HC [g/h] en dos modalidades de prueba

Modalidad	n° 1	n° 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	n° 1	n° 2
NO _{xmass}	4,800	0,034

2.2.4. Emisiones de CO

$$CO_{mass} = \frac{MW_{CO}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 \text{ [húmeda]} - \% CO_{2AIR}) + \% CO \text{ [húmeda]} + \% HC \text{ [húmeda]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{FUEL} \times 1\ 000$$

$$CO_{mass} = \frac{28,01}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 3,2420 \times 1,195 \times 1\ 000 = 517,851 \text{ g/h}$$

Tabla 15: Emisiones de CO [g/h] en dos modalidades de prueba

Modalidad	n° 1	n° 2
CO _{mass}	517,851	20,007

2.2.5. Emisiones de CO₂

$$CO_{2mass} = \frac{MW_{CO_2}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 \text{ [feucht]} - \% CO_{2AIR}) + \% CO \text{ [feucht]} + \% HC \text{ [feucht]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{FUEL} \times 1\ 000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 10,478 \times 1,195 \times 1\ 000 = 2\ 629,658 \text{ g/h}$$

Tabla 16: Emisiones de CO₂ [g/h] en dos modalidades de prueba

Modalidad	n° 1	n° 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:

$$\text{Gas individual} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Gas}_{mass_i} \times WF_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i \times WF_i)}$$

Tabla 17: Emisiones [g/h] y factores de ponderación en dos modalidades de prueba

Modalidad		n° 1	n° 2
HC _{mass}	g/h	112,520	9,119
NO _x mass	g/h	4,800	0,034
CO _{mass}	g/h	517,851	20,007
CO ₂ mass	g/h	2 629,658	222,799
Potencia P _{II}	kW	2,31	0
Factores de ponderación WF _i	—	0,85	0,15

$$HC = \frac{112,52 \times 0,85 + 9,119 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 49,4 \text{ g/kWh}$$

$$NO_x = \frac{4,800 \times 0,85 + 0,034 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 2,08 \text{ g/kWh}$$

$$CO = \frac{517,851 \times 0,85 + 20,007 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 225,71 \text{ g/kWh}$$

$$CO_2 = \frac{2\,629,658 \times 0,85 + 222,799 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 1\,155,4 \text{ g/kWh}$$

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 n° 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		n° 1	n° 2	n° 3	n° 4	n° 5	n° 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 _{H2O} /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

Modalidad		n° 1	n° 2	n° 3	n° 4	n° 5	n° 6
CO en fase seca (base)	ppm	3	3	3	2	2	3
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 CO₂ en fase seca a fase húmeda de la forma siguiente.

Para los gases de escape diluidos::

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

Donde:

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

$$DF = \frac{13,4}{\% \text{conc}_{\text{CO}_2} + (\text{ppm conc}_{\text{CO}} + \text{ppm conc}_{\text{HC}}) \times 10^{-4}}$$

$$DF = \frac{13,4}{1,038 + (3\,681 + 91) \times 10^{-4}} = 9,465$$

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [4,08 \times (1 - 1/9,465) + 4,08 \times (1/9,465)]}{1\,000 + 1,608 \times [4,08 \times (1 - 1/9,465) + 4,08 \times (1/9,465)]} = 0,007$$

$$k_w = k_{w,e,2} = \left(\frac{(1 - 0,007)}{1 + \frac{1,85 \times 1,038}{200}} \right) = 0,984$$

$$\text{CO [húmeda]} = \text{CO [seca]} \times k_w = 3\,681 \times 0,984 = 3\,623 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 [\text{húmeda}] = \text{CO}_2 [\text{seca}] \times k_w = 1,038 \times 0,984 = 1,0219 \%$$

Tabla 19: Valores de CO y CO₂ 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.

$$k_{w,d} = 1 - 0,007 = 0,993$$

$$\text{CO [húmeda]} = \text{CO [seca]} \times k_w = 3 \times 0,993 = 3 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 \text{ [húmeda]} = \text{CO}_2 \text{ [seca]} \times k_w = 0,042 \times 0,993 = 0,0421 \text{ \% vol.}$$

Tabla 20: Valores de CO y CO₂ 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
K _w	—	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

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

Donde:

$$u = 0,000478 \text{ de la tabla 2}$$

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

$$\text{conc}_c = 91 - 6 \times (1-1/9,465) = 86 \text{ ppm}$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000478 \times 86 \times 625,722 = 25,666 \text{ g/h}$$

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

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:

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2$$

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times 4,8 - 0,862 \times 10^{-3} \times (4,08)^2 = 0,79$$

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

$$NO_{x\text{mass}} = u \times \text{conc}_c \times K_H \times G_{\text{TOTW}}$$

Donde:

$$u = 0,001587 \text{ de la tabla 2}$$

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

$$\text{conc}_c = 85 - 0 \times (1-1/9,465) = 85 \text{ ppm}$$

$$NO_{x\text{mass}} = 0,001587 \times 85 \times 0,79 \times 625,722 = 67,168 \text{ g/h}$$

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
$NO_{x\text{mass}}$	67,168	38,721	19,012	4,621	2,319	0,811

2.3.4. *Emisiones de CO*

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

Donde:

$$u = 0,000966 \text{ de la tabla 2}$$

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

$$\text{conc}_c = 3\,622 - 3 \times (1-1/9,465) = 3\,620 \text{ ppm}$$

$$CO_{\text{mass}} = 0,000966 \times 3\,620 \times 625,722 = 2\,188,001 \text{ g/h}$$

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 CO₂

$$\text{CO}_{2\text{mass}} = u \times \text{conc}_c \times G_{\text{TOTW}}$$

Donde:

$$u = 15,19 \text{ de la tabla 2}$$

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

$$\text{conc}_c = 1,0219 - 0,0421 \times (1-1/9,465) = 0,9842 \% \text{ vol.}$$

$$\text{CO}_{2\text{mass}} = 15,19 \times 0,9842 \times 625,722 = 9\,354,488 \text{ g/h}$$

Tabla 25: Emisiones de CO₂ [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:

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

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

$$\text{HC} = \frac{25,666 \times 0,090 + 25,993 \times 0,200 + 21,607 \times 0,290 + 21,850 \times 0,300 + 34,074 \times 0,070 + 48,963 \times 0,050}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 4,12 \text{ g/kWh}$$

$$\text{NO}_x = \frac{67,168 \times 0,090 + 38,721 \times 0,200 + 19,012 \times 0,290 + 4,621 \times 0,300 + 2,319 \times 0,070 + 0,811 \times 0,050}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 3,42 \text{ g/kWh}$$

$$\text{CO} = \frac{2\,188,001 \times 0,09 + 2\,068,760 \times 0,2 + 1\,510,187 \times 0,29 + 1\,424,792 \times 0,3 + 1\,853,109 \times 0,07 + 975,435 \times 0,05}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 271,15 \text{ g/kWh}$$

$$\text{CO}_2 = \frac{9\,354,488 \times 0,09 + 7\,295,794 \times 0,2 + 5\,717,531 \times 0,29 + 3\,973,503 \times 0,3 + 2\,756,113 \times 0,07 + 1\,430,229 \times 0,05}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 887,53 \text{ g/kWh}$$

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	

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 previsible 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).

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 cm²,
- motores convencionales de dos tiempos con un catalizador metálico del mismo material activo y carga, mismo sustrato, y mismo número de celdillas por cm²,
- 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

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.»

5) El anexo IV se convierte en el anexo V y se modifica de la manera siguiente.

Los epígrafes actuales se cambian por los siguientes:

«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 EN MÁQUINAS MÓVILES NO DE CARRETERA ⁽¹⁾».

En línea «Neutralización» de la tabla, la palabra «Mínimo» de la columna 2 se cambia por la palabra «Máximo». Se añade una nueva tabla y nuevas notas al pie, con el texto siguiente:

«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	1993
Octanaje del motor, MON		85,0	—	EN 25163	1993
Densidad a 15 °C	kg/m ₃	748	762	ISO 3675	1995
Presión de vapor Reid	kPa	56,0	60,0	EN 12	1993
Destilación			—		
Punto de ebullición inicial	°C	24	40	EN-ISO 3405	1988
— Evaporación a 100 °C	% v/v	49,0	57,0	EN-ISO 3405	1988
— Evaporación a 150 °C	% v/v	81,0	87,0	EN-ISO 3405	1988
— Punto de ebullición final	°C	190	215	EN-ISO 3405	1988
Residuo	%	—	2	EN-ISO 3405	1988
Análisis de hidrocarburos	—				—
— Olefinas	% v/v	—	10	ASTM D 1319	1995
— Aromáticos	% v/v	28,0	40,0	ASTM D 1319	1995
— Benceno	% v/v	—	1,0	EN 12177	1998
— Saturados	% v/v	—	resto	ASTM D 1319	1995
Relación carbono/hidrógeno		informe	informe		
Estabilidad a la oxidación ⁽²⁾	min	480	—	EN-ISO 7536	1996
Contenido de oxígeno	% m/m	—	2,3	EN 1601	1997

Parámetro	Unidad	Límites ⁽¹⁾		Método de prueba	Publicación
		Mínimo	Máximo		
Goma existente	mg/ml	—	0,04	EN-ISO 6246	1997
Contenido de azufre	mg/kg	—	100	EN-ISO 14596	1998
Corrosión del cobre a 50 °C		—	1	EN-ISO 2160	1995
Contenido de plomo	g/l	—	0,005	EN 237	1996
Contenido de fósforo	g/l	—	0,0013	ASTM D 3231	1994

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.».

- 6) El anexo V se convierte en el anexo VI.
- 7) El anexo VI se convierte en el anexo VII y se modifica de la manera siguiente:
- a) el apéndice 1 se modifica de la manera siguiente:

— el epígrafe se cambia por el siguiente:

«Apéndice 1

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PARA MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN»

— El punto 1.3.2 se sustituye por el siguiente:

«1.3.2. Potencia absorbida a las velocidades del motor que se indican (según especificación del fabricante):

Máquina	Potencia PAE (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.»

— El punto 1.4.2. se sustituye por el siguiente:

«1.4.2. **Potencia del motor** (*)

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)		
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)		
$c = a + b$		

(*) Potencia no corregida, medida de conformidad con las disposiciones del punto 2.4 del anexo 1.»

— La sección 1.5 se modifica como sigue:

«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
10 (en su caso)		
25 (en su caso)		
50		
75		
100		

1.5.2. Emisiones resultantes en el ciclo de prueba»;

b) se añade el Apéndice siguiente:

«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. **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

(*) En el caso de que haya varios prototipos, deberá indicarse para cada uno de ellos.

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 (*)

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)		
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)		
$c = a + b$		

(*) Potencia no corregida, medida de conformidad con las disposiciones del punto 2.4 del Anexo I.

1.5. Niveles de emisión

1.5.1. Ajuste del dinamómetro (kW)

Porcentaje de carga	Ajuste del dinamómetro (kW) a distintas velocidades del motor	
	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»;

c) se añade el apéndice siguiente:

«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 Sistema de control de las emisiones del cárter Dispositivos de control para el sistema colector de admisión de inducción doble Caudalímetro de aire Conducciones de admisión de aire Filtro de aire Silenciador de admisión Limitador de velocidad	Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí (ª) Sí (ª) Sí (ª) 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 Colector de escape Tubos de unión Silenciador Tubo de escape Freno de escape Dispositivo de carga de presión	Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí (ª) Sí (ª) Sí (ª) No (ª) Sí, equipo de serie

Nº	Equipo y accesorios	Instalado para la prueba de emisiones
4	Bomba de alimentación de combustible	Sí, equipo de serie ^(d)
5	Equipo de carburación Carburador Sistema de control electrónico, caudalímetro de aire, etc. Equipos para motores a gas Reductor de presión Evaporador Mezclador	Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie
6	Equipo de inyección de combustible (gasolina y diesel) Prefiltro Filtro Bomba Tubería de alta presión Inyector Válvula de admisión Sistema de control electrónico, caudalímetro de aire, etc. Regulador/sistema de control Parada automática en condiciones de plena carga para la cremallera de control en función de las condiciones atmosféricas	Sí, equipo de serie o equipo del banco de pruebas Sí, equipo de serie o equipo del banco de pruebas Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie ^(e) Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie
7	Equipo de refrigeración por líquido Radiador Ventilador Carcasa del ventilador Bomba de agua Termostato	No No No Sí, equipo de serie ^(f) Sí, equipo de serie ^(g)
8	Refrigeración por aire Carcasa Ventilador o soplante Regulador de temperatura	No ^(h) No ^(h) No
9	Equipo eléctrico Generador Sistema de distribución de chispa Bobina o bobinas Cableado Bujías Sistema de control electrónico, incluido sensor de detonación/sistema de retardo de chispa	Sí, equipo de serie ⁽ⁱ⁾ Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie Sí, equipo de serie

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 ⁽ⁱ⁾ ^(h)
	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.»

- 8) Los anexos VII a X se convierten en anexos VIII a XI.
- 9) Se añade el anexo siguiente:

«ANEXO XII

RECONOCIMIENTO DE HOMOLOGACIONES ALTERNATIVAS

1. Se reconocen las siguientes homologaciones y si procede las correspondientes marcas de homologación como equivalentes a las autorizadas en la presente Directiva para los motores de las categorías A, B y C, tal como se definen en el apartado 2 del artículo 9.
 - 1.1. Directiva 2000/25/CE.
 - 1.2. Las homologaciones de la Directiva 88/77/CEE que cumplan los requisitos de las fases A o B en relación con el artículo 2 y el punto 6.2.1 del Anexo I de la Directiva 88/77/CEE modificada por la Directiva 91/542/CEE o con los corrigenda 1/2 de la serie de enmiendas 49.02 del Reglamento de la UNECE;
 - 1.3. Los certificados de homologación con arreglo al reglamento 96 de la UNECE.
2. Para los motores de las categorías D, E, F y G (fase II), tal como se definen en el apartado 3 del artículo 9, se reconocen las siguientes homologaciones y si procede las correspondientes marcas de homologación como equivalentes a las autorizadas en la presente Directiva.
 - 2.1. Las homologaciones de fase II de la Directiva 2000/25/CE.
 - 2.2. Las homologaciones incluidas en la Directiva 88/77/CEE modificada por la Directiva 99/96/CE que cumplan las fases A, B1, B2 o C que establecen el artículo 2 y el punto 6.2.1 del anexo I.
 - 2.3. La serie 49.03 de enmiendas del Reglamento de la UNECE
 - 2.4. Las homologaciones de fase B del Reglamento 96 de la UNECE con arreglo al punto 5.2.1 de la serie 01 de enmiendas del Reglamento 96.»
