
ANEXO 13

**RESOLUCIÓN MEPC.291(71)
(adoptada el 7 de julio de 2017)**

DIRECTRICES DE 2017 PARA ABORDAR ASPECTOS ADICIONALES DEL CÓDIGO TÉCNICO SOBRE LOS NO_x 2008 RELATIVOS A PRESCRIPCIONES ESPECÍFICAS APLICABLES A LOS MOTORES DIÉSEL MARINOS EQUIPADOS CON SISTEMAS DE REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA (SCR)

EL COMITÉ DE PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO,

RECORDANDO el artículo 38 a) del Convenio constitutivo de la Organización Marítima Internacional, artículo que trata de las funciones del Comité de protección del medio marino conferidas por los convenios internacionales relativos a la prevención y contención de la contaminación del mar ocasionada por los buques,

RECORDANDO TAMBIÉN que, en su 58º periodo de sesiones, adoptó, mediante la resolución MEPC.176(58), el Anexo VI revisado del Convenio MARPOL (en adelante, "Anexo VI del Convenio MARPOL") y, mediante la resolución MEPC.177(58), el Código técnico relativo al control de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los motores diésel marinos, revisado (en adelante, "Código técnico sobre los NO_x 2008"),

TOMANDO NOTA de la regla 13 del Anexo VI del Convenio MARPOL, que confiere carácter obligatorio al Código técnico sobre los NO_x 2008 en virtud de dicho anexo,

TOMANDO NOTA TAMBIÉN de que el uso de dispositivos reductores de NO_x está contemplado en el Código técnico sobre los NO_x 2008 y que los sistemas de reducción catalítica selectiva (en adelante, "sistemas SCR") son dispositivos reductores de NO_x a los efectos del cumplimiento del límite de NO_x del nivel III,

TOMANDO NOTA ADEMÁS de que, en su 62º periodo de sesiones, adoptó, mediante la resolución MEPC.198(62), las "Directrices de 2011 para abordar aspectos adicionales del Código técnico sobre los NO_x 2008 relativos a prescripciones específicas aplicables a los motores diésel marinos equipados con sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR)" (en adelante, "Directrices de 2011"), y, en su 68º periodo de sesiones, enmiendas a las mismas, mediante la resolución MEPC.260(68),

RECONOCIENDO la necesidad de actualizar las Directrices de 2011 teniendo en cuenta las últimas novedades,

HABIENDO EXAMINADO, en su 71º periodo de sesiones, un proyecto de revisión de las Directrices de 2011 elaborado por el Subcomité de prevención y lucha contra la contaminación en su 4º periodo de sesiones,

1 ADOPTA las "Directrices de 2017 para abordar aspectos adicionales del Código técnico sobre los NO_x 2008 relativos a prescripciones específicas aplicables a los motores diésel marinos equipados con sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR)", que figuran en el anexo de la presente resolución;

2 INVITA a las Administraciones a que tengan en cuenta las directrices adjuntas cuando certifiquen motores equipados con sistemas SCR;

3 PIDE a las Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL y a otros Gobiernos Miembros que pongan las directrices adjuntas en conocimiento de los propietarios, armadores y constructores de buques, fabricantes de motores diésel marinos y cualesquiera otras partes interesadas;

4 ACUERDA mantener estas directrices sometidas a examen teniendo en cuenta la experiencia que se obtenga con su aplicación;

5 SUSTITUYE a las Directrices de 2011, adoptadas mediante la resolución MEPC.198(62) y enmendadas por la resolución MEPC.260(68).

ANEXO

DIRECTRICES DE 2017 PARA ABORDAR ASPECTOS ADICIONALES DEL CÓDIGO
TÉCNICO SOBRE LOS NO_x 2008 RELATIVOS A PRESCRIPCIONES ESPECÍFICAS
APLICABLES A LOS MOTORES DIÉSEL MARINOS EQUIPADOS CON
SISTEMAS DE REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA (SCR)

ÍNDICE

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 GENERALIDADES
 - 2.1 Finalidad
 - 2.2 Ámbito de aplicación
 - 2.3 Definiciones
- 3 PROCEDIMIENTO DE CERTIFICACIÓN PREVIA
 - 3.1 Generalidades
 - 3.2 Expediente técnico y procedimientos de verificación de los NO_x a bordo
 - 3.3 Medidas para reducir al mínimo el exceso de agente reductor
 - 3.4 Procedimiento de certificación previa
 - 3.5 Certificado EIAPP
- 4 CONCEPTOS DE FAMILIA Y GRUPO PARA LOS SISTEMAS DE MOTOR EQUIPADOS CON SCR
- 5 PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA EL PLAN A
 - 5.1 Generalidades
 - 5.2 Cálculo de las emisiones gaseosas
- 6 PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA EL PLAN B
 - 6.1 Generalidades
 - 6.2 Procedimientos de ensayo de verificación para motores
 - 6.3 Procedimientos de ensayo para cámaras SCR
 - 6.4 Cálculo de las emisiones específicas
 - 6.5 Informe relativo al ensayo que debe presentarse a la Administración
- 7 ENSAYO DE CONFIRMACIÓN A BORDO PARA EL PLAN B

1 INTRODUCCIÓN

1.1 En la sección 2.2.5 del Código técnico sobre los NO_x 2008 se contempla el uso de dispositivos reductores de NO_x, y los sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR) son uno de esos dispositivos.

1.2 En el Código técnico sobre los NO_x 2008 figuran dos formas de certificación previa de los sistemas de motor equipados con dispositivos reductores de NO_x:

.1 motores equipados con SCR: aprobación de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 2.2.5.1 del Código técnico sobre los NO_x 2008, y ensayo según lo estipulado en el capítulo 5 de dicho código; y

.2 el método de medición simplificado de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.3 del Código técnico sobre los NO_x 2008, tal como se dispone en el párrafo 2.2.5.2 (caso de fallo primario) del Código.

1.3 De conformidad con lo dispuesto en el párrafo 2.2.5.1 del Código técnico sobre los NO_x 2008, cuando se incluya un dispositivo reductor de NO_x en la certificación EIAPP, deberá reconocerse como componente del motor, y se dejará constancia de su presencia en el expediente técnico del motor. El motor deberá someterse a pruebas con el dispositivo reductor de NO_x instalado a menos que, por razones técnicas o prácticas, no sea apropiado efectuar pruebas combinadas y no puedan aplicarse los procedimientos especificados en el párrafo 2.2.4.1 del Código técnico sobre los NO_x 2008, a reserva de la aprobación de la Administración. En este último caso, deberían aplicarse las disposiciones del Plan B que figuran en las presentes directrices.

1.4 Se invita a las Administraciones a que tengan en cuenta las presentes directrices a la hora de certificar los motores equipados con SCR.

2 GENERALIDADES

2.1 Finalidad

El propósito de estas directrices es formular orientaciones adicionales a las prescripciones del Código técnico sobre los NO_x 2008 relativas al proyecto, ensayos, reconocimientos y certificación de los motores diésel marinos equipados con sistemas SCR para garantizar que cumplen lo prescrito en la regla 13 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

2.2 Ámbito de aplicación

Las presentes directrices se aplican a los motores diésel marinos equipados con SCR para el cumplimiento de lo dispuesto en la regla 13 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

2.3 Definiciones

A menos que se disponga lo contrario, los términos que figuran en las presentes directrices tienen el mismo significado que los que se definen en la regla 2 del Anexo VI del Convenio MARPOL y en la sección 1.3 del Código técnico sobre los NO_x 2008.

2.3.1 *Sistema de motor equipado con SCR*: sistema formado por un motor diésel marino, una cámara SCR y un sistema de inyección del agente reductor. Si se incluye un dispositivo de control de la reducción de las emisiones de NO_x, este también se considera parte del sistema.

2.3.2 *Bloque catalizador*: bloque de determinadas dimensiones a través del cual pasan los gases de escape y que, en su superficie interna, contiene compuestos catalizadores para reducir el NO_x de los gases de escape.

2.3.3 *Cámara SCR*: unidad integrada formada por el bloque o bloques catalizadores en la que se inyectan gases de escape y un agente reductor.

2.3.4 *Sistema de inyección del agente reductor*: sistema formado por la bomba o bombas que suministran el agente reductor a una o varias toberas, la tobera o toberas que rocían el agente reductor en la corriente de gases de escape y el dispositivo o dispositivos de control de la aspersion.

2.3.5 *Valor de velocidad superficial*: valor del flujo de gases de escape que pasa a través de los bloques catalizadores (m³/h) por la superficie activa total de los bloques catalizadores de la cámara SCR (m²). Por tanto, la unidad de la velocidad superficial es (m/h). El volumen del flujo de gases de escape es el definido a 0 °C y 101,3 kPa.

2.3.6 *Valor de velocidad espacial*: valor del flujo de gases de escape que pasa a través del bloque o bloques catalizadores (m³/h) por el volumen total del bloque o bloques catalizadores de la cámara SCR (m³). Por tanto, la unidad de la velocidad espacial es (1/h). El volumen del flujo de gases de escape es el definido a 0 °C y 101,3 kPa.

2.3.7 *Volumen total del bloque catalizador*: volumen (m³) basado en las dimensiones externas del bloque catalizador.

2.3.8 *Valor de velocidad lineal*: valor del flujo de gases de escape que pasa a través de los bloques catalizadores (m³/h) por sección del bloque catalizador (m²) en una dirección normal al flujo de gases de escape. Por tanto, la unidad de velocidad lineal es (m/h). El volumen del flujo de gases de escape es el definido a 0 °C y 101,3 kPa.

2.3.9 *Sección del bloque*: superficie de la sección transversal (m²) del bloque catalizador basada en las dimensiones externas.

2.3.10 *Índice de reducción de los NO_x (η)*: valor obtenido de la fórmula siguiente. η se expresa en (%):

$$\eta = \frac{(C_{entrada} - C_{salida})}{C_{entrada}} \times 100$$

donde:

C_{entrada} es la concentración de NO_x (ppm) medida en la entrada de la cámara SCR;

C_{salida} es la concentración de NO_x (ppm) medida en la salida de la cámara SCR.

2.3.11 *Envoltura o marco del bloque catalizador*: envoltura o marco de un conjunto (módulo) de varios bloques catalizadores.

3 PROCEDIMIENTO DE CERTIFICACIÓN PREVIA

3.1 Generalidades

3.1.1 Los sistemas de motor equipados con SCR deberían estar certificados de conformidad con lo dispuesto en el capítulo 2 del Código técnico sobre los NO_x 2008. En los casos en los que no puedan realizarse ensayos con los sistemas combinados de motor y SCR en un banco de pruebas por motivos técnicos y prácticos, ni se pueda efectuar un ensayo a bordo que cumpla plenamente lo prescrito en el capítulo 5 del Código, deberían aplicarse los procedimientos que figuran en el Plan B de las presentes directrices.

3.1.2 El solicitante de la certificación debería ser la entidad responsable del sistema de motor completo equipado con SCR.

3.1.3 El solicitante debería facilitar toda la documentación necesaria, incluido el expediente técnico para el sistema completo, una descripción del procedimiento prescrito de verificación de los NO_x a bordo y, cuando sea viable, la descripción del procedimiento del ensayo de confirmación.

3.2 Expediente técnico y procedimientos de verificación de los NO_x a bordo

Además de la información facilitada en el párrafo 3.1.3 de las presentes directrices y los elementos indicados en la sección 2.4 del Código técnico sobre los NO_x 2008, el expediente técnico de los sistemas de motor equipados con sistemas SCR debería incluir la siguiente información:

- .1 el agente reductor: componente/tipo y concentración;
- .2 el sistema de inyección del agente reductor, incluidos las dimensiones y el volumen de suministro críticos;
- .3 las características de proyecto de componentes específicos de la SCR en el conducto de escape entre el colector de escape del motor y la cámara SCR. Las características de proyecto habrán de ser especificadas por el solicitante y podrán incluir, entre otras:
 - .1 las restricciones estipuladas por el solicitante en relación con la configuración/proyecto del conducto de escape, incluidos la posición y el número de curvas del conducto de escape, junto con la orientación y la geometría, las variaciones del diámetro del conducto de escape y los medios instalados para manipular el flujo de escape, cuando proceda;
 - .2 la distancia mínima entre el punto o puntos de inyección del agente reductor y la cámara SCR;
 - .3 la posición del equipo de inyección del agente reductor dentro del conducto y la dirección de la inyección del agente reductor, por ejemplo, contraflujo o flujo paralelo;
 - .4 los medios para el mezclado del agente reductor;
 - .5 las lanzas y boquillas del agente reductor, los medios de atomización;
 - .6 el proyecto de la cámara de mezclado de admisión, entrada por la parte superior o por la parte inferior;

.7 en los casos en que el solicitante estipule un medio de derivación SCR, las especificaciones del control, la identificación de la válvula de derivación y su dispositivo de control; y

.8 en los casos en los que se proporciona un medio integrado de inyección del agente reductor y cámara SCR como un elemento único que debe instalarse en el conducto de escape, los parámetros de dicha unidad que puedan afectar a las emisiones de NO_x;

.4 la especificación y la disposición del bloque catalizador en la cámara SCR. La especificación de los bloques catalizadores y su disposición dentro de la cámara SCR podrá incluir, entre otros:

.1 la instalación de bloques dentro de la cámara SCR, incluido el número de bloques y el número de capas y la envoltura de la cámara SCR y su marco a fin de evitar fugas de gases de escape;

.2 la geometría del bloque catalizador;

.3 las características restrictivas como las celdas por pulgada cuadrada (CPSI) y las gamas de valores para parámetros físicos tales como la velocidad espacial, la velocidad superficial y la velocidad lineal, o un número de pieza o de especificación indicado por el solicitante en el bloque catalizador;

.4 el material del catalizador: esto puede indicarse mediante un número de pieza o un número de especificación. Es aceptable incluir los medios necesarios para instalar correctamente un bloque catalizador a bordo teniendo en cuenta el expediente técnico en el cual el solicitante indica un número de pieza o un número de especificación en la envoltura o el marco del bloque catalizador;

.5 los medios del equipo para el soplado de hollín;

.6 los medios de inspección y acceso. La inspección de la cámara SCR debería ser limitada a fin de garantizar que se han instalado los bloques catalizadores correctos durante el montaje del SCR y se podrá aceptar la inspección de los bloques catalizadores adicionales a fin de demostrar el cumplimiento en los reconocimientos y no solamente durante la instalación original del SCR; y

.7 cualquier plancha desviadora u otros dispositivos instalados dentro de la cámara SCR para la distribución de los gases de escape y del flujo del agente reductor;

.5 los parámetros en la entrada, incluida la temperatura admisible (máxima y mínima) de los gases de escape en la entrada de la cámara SCR;

.6 los parámetros de la unidad: la pérdida de presión admisible (Δp) entre la entrada y la salida de la cámara SCR y en el conducto de escape causada por los componentes SCR. En caso de que haya cualquier elemento del sistema SCR, tanto flujo arriba como flujo abajo de la cámara SCR, que afecte a la pérdida de presión admisible, dicha pérdida de presión admisible (Δp) deberá basarse en la totalidad del sistema SCR;

.7 los aspectos relacionados con la calidad del fueloil que influyan en que el motor cumpla en todo momento el límite aplicable de emisiones de NO_x a fin de obtener la reducción continua de NO_x, los cuales podrán incluir, entre otros:

.1 el máximo contenido de azufre permisible de fueloil que puede quemarse, aunque manteniendo el cumplimiento; y

.2 unas orientaciones sobre la composición y los contaminantes del fueloil aplicables en las condiciones operacionales;

.8 los factores relacionados con el grado de deterioro del rendimiento de la SCR, por ejemplo, las condiciones de los bloques catalizadores SCR que hacen aconsejable su sustitución y el plazo de sustitución recomendado para los bloques catalizadores SCR:

.1 cuando en el dispositivo de medición de NO_x se incorpora una estrategia de control de retroalimentación o una estrategia de control anticipado de alimentación del agente reductor, esto se considerará un medio aceptable para vigilar el estado/degradación del catalizador. El solicitante deberá estipular los criterios de sustitución de los bloques catalizadores a partir de la lectura del dispositivo de medición de NO_x, así como las prescripciones de mantenimiento, servicio y calibración para el dispositivo de medición de NO_x;

.2 cuando se utilice una estrategia de control anticipado de alimentación del agente reductor sin un dispositivo de medición de NO_x, en la solicitud deberán proporcionarse los pormenores de:

.1 la curva de deterioro prevista en las condiciones de funcionamiento previstas o la vida útil del catalizador en las condiciones de funcionamiento previstas;

.2 los factores que pueden afectar a la eficiencia de reducción de NO_x del catalizador; y

.3 unas orientaciones respecto de cómo evaluar la eficiencia de reducción de NO_x del catalizador basándose en comprobaciones puntuales periódicas o en la vigilancia que especifique el solicitante, si procede; deben llevarse registros para las inspecciones que se realicen durante los reconocimientos anuales, intermedios y de renovación. El solicitante deberá establecer la frecuencia de las comprobaciones puntuales periódicas teniendo en cuenta la previsión de deterioro del catalizador. Las comprobaciones puntuales deberían realizarse, como mínimo, tras la instalación y una vez cada 12 meses; y

.3 cualquier otra estrategia sobre la vigilancia del estado/degradación del catalizador está sujeta a la aprobación de la Administración;

.9 los reglajes y medios de control del sistema SCR, por ejemplo, el modelo y las especificaciones del dispositivo de control. Esto debe incluir, entre otras cosas:

.1 la estrategia de control de la inyección del agente reductor, que puede ser una estrategia de control anticipado de inyección del agente reductor o una estrategia de control de retroalimentación de inyección del agente reductor;

.2 los instrumentos y sensores que forman parte de los medios de control del sistema SCR, según proceda;

.3 las instrucciones para la tripulación respecto de los ajustes permisibles de los parámetros de control, incluidos los detalles sobre cómo evitar la modificación no autorizada de los parámetros de configuración del sistema, los datos del controlador lógico programable (PLC) y las unidades centrales de procesamiento (CPU), según proceda;

.4 en los casos en que se utilice un dispositivo de medición de NO_x, deberían incluirse los siguientes datos:

- .1 el tipo/modelo (número de identificación);
- .2 los procedimientos de comprobación de la calibración, el cero y el rango y la periodicidad de dichas comprobaciones, si procede;
- .3 los gases de calibración que deben llevarse a bordo, si procede; y
- .4 las prescripciones de mantenimiento y/o sustitución;
- .5 en caso de un sistema de motor equipado con SCR que tenga distintas modalidades de funcionamiento (por ejemplo, modalidades independientes de cumplimiento del nivel II y del nivel III), los pormenores del concepto de control para seleccionar distintas modalidades de funcionamiento y dejar constancia de la modalidad de funcionamiento junto con los medios para cambiar de una modalidad a otra; y
- .6 los dispositivos de control auxiliar mencionados en la regla 13.9 y definidos en la regla 2.4 del Anexo VI del Convenio MARPOL pueden utilizarse en los sistemas de motor equipados con SCR para cubrir el arranque y la parada, el funcionamiento con carga baja y el funcionamiento marcha atrás, a reserva de la aprobación de la Administración;
- .10 las medidas para reducir al mínimo el exceso de agente reductor. El solicitante podrá especificar el valor máximo para el exceso de agente reductor. Se podrá incluir información de apoyo, incluidos los regímenes de inyección del agente reductor en ciertas cargas del motor, la temperatura del catalizador o la temperatura de los gases de escape en el momento de la inyección del agente reductor, etc., a fin de evitar que el exceso de agente reductor supere el nivel máximo estipulado. Se podrán aceptar medios de vigilancia del exceso de agente reductor en el conducto de los gases de escape a continuación del SCR o un medio equivalente para reducir al mínimo el exceso de agente reductor. Como alternativa, se podrán aceptar medios para reducir el exceso de agente reductor (por ejemplo, utilizando un catalizador del exceso de amoníaco o la gestión térmica de un catalizador activo) como medio para reducir al mínimo el exceso de agente reductor;
- .11 el método de verificación de los parámetros como procedimiento de comprobación: con respecto a la aplicación del método de verificación de los parámetros, deberían tenerse en cuenta las prescripciones del párrafo 2.3.6 y las orientaciones del párrafo 2 del apéndice VII del Código técnico sobre los NO_x 2008 cuando se evalúe la idoneidad del procedimiento con analizadores propuesto que cumpla o rebase las prescripciones del apéndice III del Código técnico sobre los NO_x 2008; y
- .12 todo parámetro adicional especificado por el solicitante.

3.3 Medidas para reducir al mínimo el exceso de agente reductor

Cuando se utiliza como agente reductor una solución de urea, una solución de amoníaco o gas amoníaco en un sistema SCR, deberían adoptarse medidas para prevenir el exceso de agente reductor, a fin de evitar el suministro de una cantidad excesiva de agente reductor al sistema. El sistema de inyección del agente reductor debería proyectarse para prevenir emisiones de cualquier sustancia perjudicial del sistema.

3.4 Procedimiento de certificación previa

El ensayo y la certificación previa de los sistemas de motor equipados con SCR deberían realizarse con arreglo al Plan A (descrito en la sección 5 de las presentes directrices) o

mediante el Plan B (descrito en las secciones 6 y 7 de las presentes directrices), según proceda.

3.5 Certificado EIAPP

3.5.1 La Administración debería expedir un Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica para motores (Certificado EIAPP) (véase el apéndice I del Código técnico sobre los NO_x 2008) tras la aprobación del expediente técnico.

3.5.2 Cuando un solicitante elija el Plan B para la certificación previa, no debería llevarse a cabo el reconocimiento IAPP inicial hasta que los resultados del ensayo de confirmación inicial a bordo revelen conformidad. El solicitante será la única entidad responsable hasta la aceptación final del sistema.

3.5.3 Cuando el motor vaya a certificarse tanto para el nivel II como para el nivel III, el Certificado EIAPP debería cumplimentarse para estos dos niveles con un solo expediente técnico que abarque ambas modalidades.

4 CONCEPTOS DE FAMILIA Y GRUPO PARA LOS SISTEMAS DE MOTOR EQUIPADOS CON SCR

4.1 Las prescripciones del capítulo 4 del Código técnico sobre los NO_x 2008 se aplican por igual a los sistemas de motor equipados con SCR.

4.2 El motor de referencia será el sistema de motor equipado con SCR que presente el valor de emisiones de NO_x más elevado del grupo/familia según se estipula en los párrafos 4.3.9.1 y 4.4.8.1 del Código técnico sobre los NO_x 2008. En los casos en los que, dentro de una familia o un grupo de motores, hay varios sistemas combinados de motor y SCR que presentan el mismo valor máximo de emisiones de NO_x con dos cifras decimales (valor del ciclo en g/kWh), el motor de referencia es el sistema con el valor de NO_x sin tratar más alto emitido por el motor.

4.3 El motor de referencia para el cumplimiento del nivel II no es necesariamente el mismo sistema combinado de motor y SCR de referencia para el cumplimiento del nivel III.

5 PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA EL PLAN A

5.1 Generalidades

5.1.1 El ensayo de un sistema combinado de motor equipado con SCR en el Plan A tiene por objeto garantizar que el sistema cumpla los límites de emisiones de NO_x aplicables prescritos en el Anexo VI del Convenio MARPOL. Deberían aplicarse los procedimientos de medición en banco de pruebas que figuran en el capítulo 5 del Código técnico sobre los NO_x 2008.

5.1.2 No obstante lo dispuesto en el párrafo 5.1.1, el solicitante podrá optar por someter a pruebas el sistema combinado de un motor equipado con SCR con un medio de derivación sin la derivación instalada para la medición en un banco de pruebas. El solicitante deberá presentar todos los efectos que pueda tener la falta de un medio de derivación en la dinámica de fluidos o la distribución del agente reductor.

5.2 Cálculo de las emisiones gaseosas

5.2.1 El método de cálculo que figura en la sección 5.12 del Código técnico sobre los NO_x 2008 también se aplica a los sistemas de motor equipados con SCR. No se tiene en cuenta el efecto de la solución de agente reductor inyectada al flujo de gases de escape en el cálculo del caudal másico de los gases de escape (apéndice VI), ni en el factor de corrección de seco a húmedo (ecuación (11) del párrafo 5.12.3.2.2 del Código técnico sobre los NO_x 2008). No debería aplicarse el factor de corrección de NO_x para la humedad y la temperatura (ecuaciones (16) o (17) de los párrafos 5.12.4.5 y 5.12.4.6, respectivamente, del Código técnico sobre los NO_x 2008).

5.2.2 Para un sistema de motor equipado con SCR, los parámetros siguientes deberían medirse y registrarse en el informe relativo al ensayo del motor prescrito en la sección 5.10 del Código técnico sobre los NO_x 2008:

- .1 el caudal de inyección del agente reductor en cada punto de carga (kg/h);
- .2 la temperatura de los gases de escape en la entrada y en la salida de la cámara SCR (°C);
- .3 la pérdida de presión (kPa): es necesario medir la presión en la entrada y en la salida de la cámara SCR y calcular la pérdida de presión (Δp). También se permitiría medir la pérdida de presión (Δp) de la cámara SCR con un sensor de presión diferencial. El límite admisible de Δp debería confirmarse; y
- .4 otros parámetros especificados por la Administración.

6 PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA EL PLAN B

6.1 Generalidades

6.1.1 El ensayo de un sistema de motor equipado con SCR en el Plan B tiene por objeto garantizar que el sistema cumpla los límites de emisiones de NO_x aplicables prescritos en el Anexo VI del Convenio MARPOL. Los procedimientos de ensayo del Plan B son los siguientes:

- .1 se somete a prueba un motor para obtener el valor de las emisiones de NO_x (en g/kWh) de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 6.2.1 de las presentes directrices;
- .2 el índice de reducción de los NO_x que logra la SCR puede calcularse mediante modelos, teniendo en cuenta las condiciones geométricas de referencia, los modelos químicos de conversión de NO_x y otros parámetros pertinentes;
- .3 para cada tipo de elemento catalítico, una cámara SCR se someterá a pruebas, aunque no sea a escala completa, de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.3 de las presentes directrices, a fin de generar datos para un modelo de cálculo como el que se indica en el párrafo 6.1.1.2 de las presentes directrices;
- .4 las emisiones de NO_x del sistema de motor equipado con SCR se calculan de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.4 de las presentes directrices a partir del valor de las emisiones de NO_x del motor y el índice de reducción de los NO_x de la cámara SCR. A continuación se cumplimentará el expediente técnico y se introducirá el correspondiente valor de las emisiones de NO_x en el suplemento del Certificado EIAPP; y

.5 el comportamiento del motor combinado con la SCR en cuanto a las emisiones de NO_x se comprueba mediante un ensayo de confirmación con arreglo al procedimiento establecido en el párrafo 7.5 de las presentes directrices.

6.1.2 El cálculo de las emisiones gaseosas que figura en el párrafo 6.1.1.1 de las presentes directrices debería llevarse a cabo de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 5.2.1 de las mismas.

6.2 Procedimientos del ensayo de verificación para motores

6.2.1 El ensayo de un motor tiene por objeto establecer los valores de las emisiones para su utilización en la sección 6.4 de las presentes directrices. Las mediciones deberían llevarse a cabo de conformidad con el capítulo 5 del Código técnico sobre los NO_x 2008.

6.2.2 En el párrafo 5.9.8.1 del Código técnico sobre los NO_x 2008 se prescribe, respecto de los sistemas de motor, que las condiciones del motor se midan en cada modalidad. Esto también es aplicable en el caso de motores equipados con SCR. Asimismo, la temperatura de los gases de escape debería medirse en la entrada prevista de la cámara SCR y debería registrarse en el informe relativo al ensayo prescrito en la sección 5.10 del Código técnico sobre los NO_x 2008.

6.3 Procedimientos de ensayo para cámaras SCR

6.3.1 Generalidades

6.3.1.1 La cámara SCR que se utilice para las pruebas de validación puede ser una cámara a escala completa o reducida. Con respecto a la cámara SCR, debería demostrarse la reducción de las concentraciones de NO_x (ppm) previstas en los gases de escape, medidas con arreglo a lo dispuesto en la sección 6.2 de las presentes directrices. Por consiguiente, debería determinarse el índice de reducción de los NO_x de la cámara SCR en cada modalidad. Cuando las pruebas se lleven a cabo con una versión de la cámara SCR a escala reducida, el procedimiento de reducción de la escala debería estar validado satisfactoriamente a juicio de la Administración.

6.3.1.2 El proceso de reducción de la escala debe corresponderse con el instrumento de elaboración de modelos del párrafo 6.1.1.2 de estas directrices y tener en cuenta condiciones de referencia geométricas y modelos de conversión química de los NO_x y otros parámetros que afectan al régimen de conversión de los NO_x en el instrumento de elaboración de modelos. Si el proceso de reducción de la escala no pudiera validarse de manera satisfactoria mediante cálculos o análisis teóricos y teniendo en cuenta las condiciones complejas que se dan en la cámara SCR, tales como la uniformidad de la velocidad del gas, el agente reductor, etc., debería realizarse una prueba de validación del sistema combinado de motor y SCR de conformidad con lo dispuesto en el plan A.

6.3.1.3 Será aceptable utilizar el instrumento de elaboración de modelos del párrafo 6.1.1.2 de estas directrices en otros grupos de motores que operan dentro de las mismas condiciones límite definidas.

6.3.2 Condiciones de ensayo en cada modalidad

Los gases de escape, el catalizador, el agente reductor y el sistema de inyección deberían cumplir las siguientes condiciones en cada modalidad:

.1 Flujo de gases de escape

El flujo de gases de escape en el ensayo debería ajustarse teniendo en cuenta la dimensión del modelo del catalizador.

.2 Componentes de los gases de escape

Los gases de escape en el ensayo deberían ser gases de escape de motores diésel o gas simulado.

Cuando se utilicen gases de escape de motores diésel, estos deberían corresponderse con los gases de escape descritos en la sección 6.2 de las presentes directrices con respecto a las concentraciones de NO_x, O₂, CO₂, H₂O y SO₂ (± 5 % de la concentración prescrita para cada componente de las emisiones).

Cuando se utilice gas simulado, este debería corresponderse con los gases de escape descritos en la sección 6.2 de las presentes directrices con respecto a las concentraciones de NO, NO₂, O₂, CO₂, H₂O y SO₂ (± 5 % de la concentración prescrita para cada componente de las emisiones), más el volumen restante de N₂.

Se podrá permitir una exención para una o varias de las prescripciones de concentración de las especies de gases mencionadas anteriormente, a reserva de que se efectúe una prueba de demostración que indique que el gas o los gases no afectan al régimen de reducción de NO_x en más del 2 %.

.3 Temperatura de los gases de escape

La temperatura de los gases de escape utilizados en el ensayo debería corresponderse con las temperaturas obtenidas en el ensayo que se indica en la sección 6.2 de las presentes directrices, y debería garantizarse que la cámara SCR se active en cada punto de carga, a diferencia de lo previsto en el párrafo 3.1.4 del Código técnico sobre los NO_x 2008, y que no se produzca bisulfato amónico ni se elimine agente reductor.

.4 Bloques catalizadores y valor de velocidad superficial/espacial

Los bloques catalizadores utilizados en el ensayo deberían ser representativos de los que se utilizarán en la cámara SCR en servicio. En los ensayos a escala completa los valores de las velocidades superficial, espacial o lineal deberían estar comprendidos en un intervalo igual o inferior al 5 % del valor prescrito obtenido en el ensayo mencionado en la sección 6.2 de las presentes directrices. En los ensayos a escala, dichos valores deberían corresponderse con lo antedicho.

.5 Agente reductor

La concentración del agente reductor en la superficie del catalizador sometido a pruebas debería ser representativa de la concentración del agente reductor presente en la superficie del catalizador durante el funcionamiento del motor. Para la prueba de la cámara SCR podrá utilizarse gas amoníaco como agente reductor siempre y cuando dé como resultado una concentración equivalente en la superficie del catalizador.

6.3.3 Estabilidad de las mediciones

Todas las mediciones deberían registrarse una vez estabilizadas.

6.3.4 Lista de datos que se obtendrán del modelo

6.3.4.1 Los datos operacionales que deben figurar en el expediente técnico deberían obtenerse a partir del proceso de ejecución del modelo o justificarse de otro modo.

6.3.4.2 Los analizadores de gases de escape deberían cumplir lo dispuesto en los apéndices III y IV del Código técnico sobre los NO_x 2008 o de otro modo que sea satisfactorio a juicio de la Administración.

6.3.5 Informe relativo al ensayo de la cámara SCR

Los datos registrados en virtud de lo dispuesto en el párrafo 6.3.1.1 de las presentes directrices deberían registrarse en el informe relativo al ensayo como se prescribe en la sección 5.10 del Código técnico sobre los NO_x 2008.

6.4 Cálculo de las emisiones específicas

6.4.1 El valor de las emisiones de NO_x de un sistema de motor equipado con SCR debería calcularse como se indica a continuación:

$$gas_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ((100 - \eta_i) / 100) \cdot q_{mgas_i} \cdot W_{F_i}}{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i \cdot W_{F_i})}$$

donde:

η_i = índice de reducción de los NO_x (%) obtenido de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.3 de las presentes directrices;

q_{mgas_i} = caudal másico de NO_x, medido de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.2 de las presentes directrices;

W_{F_i} = factor de ponderación;

P_i = potencia medida en cada modalidad de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.2 de las presentes directrices.

Los factores de ponderación y el número de modalidades (n) utilizados en el cálculo *supra* se ajustarán a lo dispuesto en la sección 3.2 del Código técnico sobre los NO_x 2008.

6.4.2 El valor de las emisiones de NO_x (g/kWh) calculado de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 6.4.1 de las presentes directrices debería compararse con el límite de emisiones aplicable. Este valor de las emisiones se introducirá en la sección 1.9.6 del suplemento del Certificado EIAPP (apéndice I del Código técnico sobre los NO_x 2008).

6.5 Informe relativo al ensayo que debe presentarse a la Administración

Los informes relativos a los ensayos señalados en los párrafos 6.2.2 y 6.3.5 de las presentes directrices, junto con los datos obtenidos en virtud de la sección 6.4 de las presentes directrices, deberían refundirse como parte de la documentación general que debe presentarse a la Administración.

7 ENSAYO DE CONFIRMACIÓN A BORDO PARA EL PLAN B

7.1 Debería realizarse a bordo un ensayo de confirmación inicial tras la instalación a bordo de un sistema de motor equipado con SCR y antes de su entrada en servicio.

7.2 Debería verificarse que el sistema de motor equipado con SCR se corresponde con la descripción que figura en el expediente técnico.

7.3 El ensayo de confirmación debería llevarse a cabo, con toda la exactitud posible, al 25 %, 50 % y 75 % de la potencia nominal, independientemente del ciclo de ensayo.

7.4 Deberían verificarse los valores operacionales que figuran en el expediente técnico para cada modalidad del ensayo de confirmación.

7.5 Las concentraciones de las emisiones de NO_x deberían medirse en la entrada y la salida de la cámara SCR. Debería calcularse el índice de reducción de los NO_x. Ambos valores deberían ser en seco o en húmedo. El valor obtenido para el índice de reducción de los NO_x debería compararse con el valor prescrito en el ensayo de confirmación inicial para cada modalidad como se indica en el expediente técnico. Los valores de eficiencia de reducción obtenidos en cada uno de los puntos de ensayo no deberían ser inferiores en más de un 5 % a los valores correspondientes indicados en el expediente técnico.

7.6 El analizador de NO_x debería satisfacer lo prescrito en el capítulo 5 del Código técnico sobre los NO_x 2008.

7.7 Cuando un sistema de motor equipado con SCR pertenece a un grupo definido en el capítulo 4 de las presentes directrices, el ensayo de confirmación debería realizarse solo para el sistema de motor de referencia del grupo. Cuando el sistema de motor de referencia del grupo no sea el primero en el que se efectúe la prueba de confirmación de a bordo que se prescribe en el capítulo 7 de estas directrices, se deberá realizar la prueba de confirmación de a bordo para todos los sistemas de motor instalados del grupo de motores, a menos que se trate de un motor emparentado con especificaciones idénticas sobre los NO_x o que el sistema de motor de referencia se haya instalado y sometido a pruebas de manera satisfactoria. En los casos en que el sistema de motor de referencia no esté disponible para instalarse a bordo, podrá elegirse en su lugar el primer sistema de motor emparentado instalado del grupo de motores, que se ajustará para el caso más extremo de emisiones de NO_x para la prueba de confirmación a bordo. Los resultados de las pruebas deberían verificarse, como se describe en el expediente técnico.
