

**ANEXO 5**

**RESOLUCIÓN MEPC.103(49)**

**Adoptada el 18 de julio de 2003**

**DIRECTRICES PARA EL PROCEDIMIENTO DE COMPROBACIÓN  
A BORDO DE LAS EMISIONES DE NO<sub>x</sub> - MÉTODO DIRECTO  
DE MEDICIÓN Y VIGILANCIA**

EL COMITÉ DE PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO,

RECORDANDO el artículo 38 a) del Convenio constitutivo de la Organización Marítima Internacional que trata de las funciones del Comité de Protección del Medio Marino (el Comité) conferidas por los convenios internacionales relativos a la prevención y contención de la contaminación del mar,

RECORDANDO TAMBIÉN que la Conferencia de las Partes en el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), celebrada en septiembre de 1997, adoptó el Protocolo de 1997 que enmienda el MARPOL 73/78 con la adición del nuevo Anexo VI sobre la prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques,

TOMANDO NOTA de que mediante su resolución 2, la Conferencia de 1997 adoptó el Código Técnico relativo a las emisiones de óxido de nitrógeno de los motores diesel marinos, que en su párrafo 2.4.5 presenta la opción de que los procedimientos de comprobación a bordo de las emisiones de NO<sub>x</sub> puedan basarse en un dispositivo de vigilancia y registro, aprobado por la Administración, de conformidad con las directrices que elaborará la Organización,

CONSCIENTE de que esta prescripción no podrá implantarse antes de la entrada en vigor del Protocolo de 1997,

CONSCIENTE TAMBIÉN de la necesidad de elaborar las directrices pertinentes antes de la entrada en vigor del Protocolo de 1997, en preparación para la implantación del Anexo VI del MARPOL 73/78,

HABIENDO CONSIDERADO la recomendación formulada por el Subcomité de Proyecto y Equipo del Buque en su 46º periodo de sesiones,

1. ADOPTA las Directrices para el procedimiento de comprobación a bordo de las emisiones de NO<sub>x</sub> - Método directo de medición y vigilancia que figuran en el anexo de la presente resolución;
2. INVITA a los Gobiernos a que apliquen dichas Directrices desde la fecha de entrada en vigor del Protocolo de 1997.

## ANEXO

### DIRECTRICES PARA EL PROCEDIMIENTO DE COMPROBACIÓN A BORDO DE LAS EMISIONES DE NO<sub>x</sub> - MÉTODO DIRECTO DE MEDICIÓN Y VIGILANCIA

## ÍNDICE

### NOTA DE SEGURIDAD

### PRINCIPIOS

- 1 EQUIPO DE ANÁLISIS
  - .1 Medición de los diferentes tipos de emisiones
  - .2 Especificaciones del analizador
  - .3 Gases de calibrado y puros
  - .4 Sistema de transferencia y de muestreo de las emisiones gaseosas
- 2 MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MOTOR Y DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES
  - .1 Mediciones del rendimiento del motor
  - .2 Medición de las condiciones ambientales
  - .3 Equipo para verificar el rendimiento del motor y las condiciones ambientales
  - .4 Equipo eléctrico - Materiales y proyecto
- 3 MEDICIÓN DE LA EMISIÓN DE GASES DE ESCAPE
  - .1 Ciclos de ensayo
  - .2 Parámetro de las condiciones de ensayo
  - .3 Funcionamiento del analizador en servicio
  - .4 Datos para el cálculo de las emisiones
- 4 EVALUACIÓN DE LOS DATOS
  - .1 Composición del combustible
  - .2 Densidad de los gases de escape
  - .3 Corrección húmedo/seco
  - .4 Corrección de los NO<sub>x</sub> teniendo en cuenta la humedad y la temperatura
  - .5 Caudal de los gases de escape
  - .6 Cálculo de los caudales de emisión y de emisiones específicas
- 5 PRESCRIPCIONES DE CUMPLIMIENTO
  - .1 Valor límite y márgenes
  - .2 Datos para demostrar el cumplimiento
  - .3 Modelo de aprobación
  - .4 Reconocimiento del equipo y método aplicable

- APÉNDICE 1 - Brida de conexión del punto de muestreo
- APÉNDICE 2 - Selección de los puntos de carga y factores de ponderación revisados
- APÉNDICE 3 - Determinación de la estabilidad del punto de referencia de la potencia

## **DIRECTRICES PARA EL PROCEDIMIENTO DE COMPROBACIÓN A BORDO DE LAS EMISIONES DE NO<sub>x</sub> – MÉTODO DIRECTO DE MEDICIÓN Y VIGILANCIA**

### **NOTA DE SEGURIDAD**

Se deberá hacer hincapié en las repercusiones que en materia de seguridad tengan la manipulación y proximidad de los gases de escape, el equipo de medición y el almacenamiento y uso de gases de calibrado y puros en botella. Los puntos de muestreo y el andamiaje de acceso deberán ser tales que la vigilancia pueda realizarse en condiciones de seguridad y sin interferir en el motor.

### **PRINCIPIOS**

Las presentes Directrices se han concebido como un documento objetivo, basado en el rendimiento. Si bien tienen carácter recomendatorio, se invita a las Administraciones a que basen la implantación de las normas pertinentes en las presentes Directrices. Puesto que el método directo de medición y vigilancia es uno de los tres métodos de comprobación de las emisiones de NO<sub>x</sub> que figuran en el Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub> (Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>, párrafo 2.4.4) que se permite utilizar a bordo, su precisión será comparable con la de los otros métodos. Así pues, las presentes Directrices para la aprobación de los dispositivos de vigilancia y registro de los NO<sub>x</sub> a bordo hacen referencia al Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>. Tales referencias hacen hincapié en que las prescripciones pertinentes ya están reglamentadas en un documento de obligado cumplimiento, aunque no figuren en un mismo capítulo (por ejemplo, "Método directo de vigilancia y medición"). Los valores obtenidos mediante este método quizás no se puedan comparar directamente con los resultados del banco de pruebas. La idoneidad de los dispositivos de vigilancia y registro de los NO<sub>x</sub> a bordo es de importancia primordial para su aprobación.

Como principio general, un procedimiento de comprobación de las emisiones de NO<sub>x</sub> a bordo permitirá demostrar fácilmente el cumplimiento de la regla 13 del Anexo VI del MARPOL 73/78 (en adelante denominado Anexo VI). Al mismo tiempo, no deberá ser tan oneroso que cause demoras indebidas al buque o prescriba un conocimiento exhaustivo de las características de un motor específico o dispositivos especiales de medición de los que no se disponga a bordo.

## **1 EQUIPO DE ANÁLISIS**

### **1.1 Medición de los diferentes tipos de emisiones**

1.1.1 La vigilancia de las emisiones de NO<sub>x</sub> a bordo incluye, como mínimo absoluto, la medición de las concentraciones de NO<sub>x</sub> (como NO + NO<sub>2</sub>) de los gases que se emiten.

1.1.2 Si el caudal de la emisión de gases se determina con arreglo al apéndice 6 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub> (Método 2, universal, equilibrado del carbono/oxígeno), se medirán las concentraciones de O<sub>2</sub> y/o de CO<sub>2</sub> y podrán aplicarse en todos los casos las disposiciones del apéndice 6 por las que se supone una combustión completa. De preferirse las disposiciones del apéndice 6 en las que no se supone una combustión completa, se medirán las concentraciones de CO y de HC.

1.1.3 Los gases de escape se analizarán con los siguientes instrumentos. En el caso de analizadores no lineales, se permite el uso de circuitos de linealización. Pueden aceptarse otros sistemas o analizadores, a condición de que los apruebe la Administración y se obtengan con ellos resultados equivalentes a los del equipo mencionado a continuación:

**.1 Análisis de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**

El analizador de los óxidos de nitrógeno será del tipo detector de quimioluminiscencia (DQL) o detector de quimioluminiscencia caldeado (DQLC). La muestra del gas de escape tomada para la medición de las emisiones de NO<sub>x</sub> se mantendrá por encima de su temperatura de punto de rocío hasta que haya pasado por un convertidor de NO<sub>2</sub> a NO.

**Nota:** En el caso de gases de escape brutos, esta temperatura deberá ser superior a 333 K (60°C) si el motor funciona con combustible de tipo DM especificado en la norma ISO 8217, y superior a 413 K (140°C) si funciona con combustible de tipo RM especificado en la norma ISO 8217.

**.2 Análisis del anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>)**

Cuando sea necesario, el analizador del anhídrido carbónico será de un tipo que permita la absorción de infrarrojos no dispersivos (IND).

**.3 Análisis del oxígeno (O<sub>2</sub>)**

Cuando resulte necesario, el analizador del oxígeno será de los tipos siguientes: detector paramagnético (DPM), dióxido de circonio (DZ) o sensor electroquímico (SEQ).

**.4 Análisis del monóxido de carbono (CO)**

Cuando resulte necesario, el analizador del monóxido de carbono será de un tipo que permita absorber infrarrojos no dispersivos (IND).

**.5 Análisis de los hidrocarburos (HC)**

Cuando sea necesario, el analizador de hidrocarburos será un detector de ionización de llama caliente (DILC). La muestra de gas de escape tomada para la medición de los hidrocarburos deberá mantenerse a  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ ) desde el punto donde se haya obtenido hasta el detector.

## **1.2 Especificaciones del analizador**

1.2.1 Las especificaciones relativas al analizador deberán guardar consonancia con lo dispuesto en los párrafos 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 y 1.9 del apéndice 3 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>.

1.2.2 La gama de medición del analizador será tal que el valor medido de la emisión se sitúe entre el 15% y el 100% de la gama empleada.

1.2.3 El equipo de análisis se instalará y mantendrá de conformidad con arreglo a las recomendaciones del fabricante, de forma que se cumplan las prescripciones de los párrafos 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 y 1.9 del apéndice 3 y los párrafos 7 y 8 del apéndice 4 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>.

### **1.3 Gases de calibrado y puros**

1.3.1 Los gases de calibrado y puros prescritos se ajustarán a lo dispuesto en los párrafos 2.1 y 2.2 del apéndice 4 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>. Las concentraciones que se declaren serán conformes con normas nacionales y/o internacionales. Los gases de calibrado deberán ajustarse a las recomendaciones del fabricante del equipo de análisis.

1.3.2 Los gases de calibrado del analizador corresponderán al 80%-100% de la escala del analizador utilizado.

**Nota:** En determinadas circunstancias, para calibrar los instrumentos de análisis podría bastar con un gas de calibrado para el analizador de NO<sub>x</sub>. Podría utilizarse un gas de calibrado NO para un analizador de NO<sub>x</sub> como gas cero para un analizador de O<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub> si dicho gas de calibrado se ha equilibrado sólo con nitrógeno. El aire ambiente puede utilizarse como gas de calibrado para los analizadores de O<sub>2</sub> (es decir, 20,9% de O<sub>2</sub>) y como gas cero para los analizadores de NO<sub>x</sub> a condición de que el aire ambiente no esté contaminado con gases de escape.

### **1.4 Sistema de muestreo y transferencia de las emisiones gaseosas**

1.4.1 La muestra del gas de escape será representativa del promedio de las emisiones de gases de escape de todos los cilindros del motor. El sistema de muestreo de las emisiones gaseosas cumplirá lo dispuesto en el párrafo 5.9.3 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>.

1.4.2 La muestra del gas de escape se tomará de una zona cualquiera entre el 10%-90% del diámetro del tubo de escape.

1.4.3 A fin de facilitar la instalación de la sonda de muestreo, en el apéndice 1 se recoge un ejemplo de la brida de conexión de un punto de muestreo.

1.4.4 La muestra de gas de escape para la medición de las emisiones de NO<sub>x</sub> se mantendrá de modo que se impida la pérdida de NO<sub>2</sub> a través de la condensación de agua o de ácido con arreglo a las recomendaciones del fabricante del equipo de análisis.

1.4.5 La muestra de gas no se secará mediante secadores químicos.

1.4.6 Se podrá verificar que el sistema de muestreo de las emisiones gaseosas carece de fugas de admisión con arreglo a las recomendaciones del fabricante del equipo de análisis.

1.4.7 Se proporcionará un punto de muestreo adicional adyacente para facilitar la comprobación del control de calidad del sistema.

## 2 MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MOTOR Y DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

### 2.1 Mediciones del rendimiento del motor

2.1.1 El cuadro 1 enumera los parámetros del rendimiento del motor que se medirán o calcularán y registrarán en cada modalidad durante la vigilancia de las emisiones de NO<sub>x</sub> a bordo.

**Cuadro 1**

Símbolo	Parámetro	Unidades
n <sub>d</sub>	Régimen del motor	min <sup>-1</sup>
p <sub>be</sub>	Presión del aire de carga en el receptor	kPa
P	Potencia al freno (como se especifica más adelante)	kW
P <sub>aux</sub>	Potencia auxiliar (si fuera pertinente)	kW
T <sub>sc</sub>	Temperatura del aire de carga en el receptor (si procede)	K
T <sub>caclin</sub>	Temperatura del enfriador del aire de carga en la admisión de refrigerante (si procede)	K
T <sub>caclout</sub>	Temperatura del enfriador del aire de carga en la salida del refrigerante (si procede)	K
T <sub>Sea</sub>	Temperatura del agua del mar (si procede)	K
GFUEL	Caudal del combustible (como se especifica más adelante)	kg/h

2.1.2 Se determinarán y registrarán otras características del motor que son necesarias para definir sus condiciones de funcionamiento, por ejemplo, respecto de la compuerta del desagüe, la derivación del aire de carga, el estado del turboalimentador.

2.1.3 Se determinarán y registrarán los valores y condiciones de funcionamiento de los dispositivos de control de las emisiones de NO<sub>x</sub>.

2.1.4 Se medirá el régimen y la potencia del motor para determinar si está funcionando en una modalidad acorde con los ciclos de ensayo especificados (véase la sección 3.1 de las presentes Directrices).

2.1.5 Es difícil medir la potencia directamente, y la potencia al freno no corregida puede calcularse por otros medios aprobados por la Administración (véase el Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>, párrafos 6.3.1.3, 6.3.3.2 y 6.3.7). Los métodos posibles para determinar la potencia al freno son, entre otros, los siguientes:

- .1 medición indirecta, es decir, conforme al Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>, párrafo 6.3.3.1; o
- .2 cálculo por nomografía.

2.1.6 El caudal del combustible (índice de consumo real) se determinará mediante:

- .1 medición directa; o
- .2 datos del banco de pruebas, conforme al Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>, párrafo 6.3.1.4.

## 2.2 Medición de las condiciones ambientales

2.2.1 El cuadro 2 enumera los parámetros ambientales que deberán medirse o calcularse y registrarse en cada punto de modalidad durante la vigilancia de las emisiones de NO<sub>x</sub> a bordo.

**Cuadro 2**

<b>Símbolo</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>
H <sub>a</sub>	humedad absoluta (masa del contenido de agua en el aire de admisión del motor en relación con la masa de aire seco)	g/kg
p <sub>B</sub>	presión barométrica (en ISO 3046-1, 1995: p <sub>x</sub> = P <sub>x</sub> = presión ambiente total en el local)	Kpa
T <sub>a</sub>	temperatura en la entrada de aire (en ISO 3046-1, 1995: T <sub>x</sub> = TT <sub>x</sub> = temperatura termodinámica ambiente del aire en el local)	K

## 2.3 Rendimiento del motor y equipo para verificar las condiciones ambientales

El equipo para verificar el rendimiento del motor y las condiciones ambientales se instalará y mantendrá con arreglo a las recomendaciones del fabricante de modo que se cumplan las prescripciones del párrafo 1.3.2 y de los cuadros 3 y 4 del apéndice 4 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub> acerca de las diferencias admisibles.

## 2.4 Equipo eléctrico: Materiales y proyecto

2.4.1 El equipo eléctrico estará construido con materiales duraderos, piroretardantes y resistentes a la humedad que no sean propensos al deterioro en el entorno donde el equipo esté instalado y a las temperaturas a las que se prevea que va a estar expuesto.

2.4.2 El equipo eléctrico estará proyectado de modo que las partes conductoras de corriente descargables a tierra estén protegidas contra cualquier contacto accidental.

## 3 MEDICIÓN DE LA EMISIÓN DE GASES DE ESCAPE

### 3.1 Ciclos de ensayo

3.1.1 Si bien es posible que, en condiciones normales, el motor no siempre funcione como lo requiera alguno de los ciclos de ensayo especificados, el procedimiento de ensayo aprobado por la Administración deberá ceñirse en la mayor medida posible al procedimiento especificado en el párrafo 3.2 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>.

3.1.2 Respecto del ciclo de ensayo E3, si la curva real de funcionamiento de la hélice difiere de la curva E3, el punto de la curva que se utilice para aplicar la carga deberá definirse a partir del régimen del motor, o de la correspondiente presión efectiva media o presión indicada media, para la modalidad pertinente de dicho ciclo.

3.1.3 Si el número de los puntos de medición a bordo difiere de los del banco de prueba, el número de puntos de medición y los factores de ponderación deberán ser aprobados por la Administración.

3.1.4 Respecto de los ciclos de ensayo E2/E3/D2, se utilizará un número mínimo de puntos de carga cuyo factor de ponderación nominal combinado, que se establece en el párrafo 3.2 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>, sea superior a 0,50.

3.1.5 Respecto de la prueba de ensayo C1, se utilizará un número mínimo de un punto de carga de cada una de las secciones correspondientes al régimen nominal, intermedio y en vacío.

3.1.6 Si hubiera una diferencia entre el número de puntos de medición a bordo y en el banco de pruebas, los coeficientes de ponderación nominal en cada punto de carga se incrementarán proporcionalmente a fin de que el resultado de la suma sea la unidad (1,0).

3.1.7 En el apéndice 2 figura un ejemplo de la selección de puntos de carga y coeficientes de ponderación revisados.

3.1.8 Los puntos de carga reales utilizados para demostrar el cumplimiento oscilarán entre un margen de  $\pm 5\%$  de la potencia de régimen en el valor modal, excepto si la carga es del 100%, en cuyo caso oscilará entre +0 y -10%. Por ejemplo, en el punto de carga del 75% la oscilación aceptable será entre 70% - 80% de la potencia nominal.

3.1.9 En cada punto de carga seleccionado, excepto en vacío, y una vez transcurrido el periodo inicial de transición (si procede), se deberá mantener la potencia del motor en el punto de carga determinado con un coeficiente de varianza del 5% durante un intervalo de 10 min. En el apéndice 3 figura un ejemplo práctico de cálculo del coeficiente de varianza.

3.1.10 Por lo que respecta al ciclo de ensayo C1, se declarará la tolerancia del régimen en vacío, a reserva de que lo apruebe la Administración.

### **3.2 Parámetro de las condiciones de ensayo**

El parámetro de las condiciones de ensayo especificado en el párrafo 5.2.1 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub> no será aplicable a la vigilancia de los NO<sub>x</sub> a bordo. Se aceptarán los datos obtenidos en cualquier condición ambiental.

### **3.3 Funcionamiento del analizador en servicio**

3.3.1 El equipo analizador deberá hacerse funcionar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

3.3.2 Antes de la medición se comprobarán el cero y el calibrado y se ajustará el analizador según sea necesario.

3.3.3 Antes de la medición se comprobarán el cero y el calibrado del analizador para verificar que están dentro de lo permitido en el párrafo 5.9.9 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>.

### 3.4 Datos para el cálculo de las emisiones

3.4.1 Los datos de salida del analizador se registrarán tanto durante los ensayos como durante las comprobaciones de respuesta (cero y calibrado). Estos datos deberán registrarse en un registrador de papel continuo u otro tipo de instrumento de registro de datos.

3.4.2 Para la evaluación de las emisiones gaseosas se obtendrá como promedio una lectura estable de un mínimo de 1 Hz durante un intervalo de muestreo estable de 10 min para cada punto de carga. Si es necesario disponer de las concentraciones medias de NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub> y/o CO<sub>2</sub> y, de manera opcional, de las de CO y HC, éstas se determinarán utilizando los valores promediados del gráfico y los correspondientes datos de calibración.

3.4.3 Las concentraciones de emisiones, el rendimiento del motor y los datos sobre las condiciones ambientales deberán registrarse, como mínimo, durante el periodo de 10 min anteriormente mencionado.

## 4 EVALUACIÓN DE LOS DATOS

### 4.1 Composición del combustible

Con objeto de calcular el caudal másico de gases de escape en húmedo ( $G_{EXHV}$ ), los componentes del combustible se indicarán de una de las siguientes formas:

- .1 composición del combustible obtenida por análisis (carbono, hidrógeno y azufre); o
- .2 valores predeterminados, véase el cuadro 3.

**Cuadro 3**

	<b>Carbono</b>	<b>Hidrógeno</b>	<b>Azufre</b>
	<b>BET</b>	<b>ALF</b>	<b>GAM</b>
Combustible diesel (es decir clases DM, norma ISO 8217)	86,2%	13,6%	0,17%
Combustible residual (es decir, clases RM, norma ISO 8217)	86,1%	10,9%	2,7%

### 4.2 Densidad de los gases de escape

Con objeto de calcular el caudal másico de gases de escape en húmedo ( $G_{EXHV}$ ) y el coeficiente "u" de la tabla 5 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>, la densidad de los gases de escape se obtendrá de una de las siguientes formas:

- .1 calculando el valor de conformidad con lo dispuesto en el apéndice 6 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>; o
- .2 utilizando un valor predeterminado igual a 1,293 kg/m<sup>3</sup> (273,15 K y 101,3 kPa).

#### **4.3 Corrección húmedo/seco**

De conformidad con lo dispuesto en el párrafo 2 de las presentes Directrices, si las concentraciones de las emisiones gaseosas todavía no se han medido en húmedo se convertirán a la concentración en húmedo con arreglo a:

- .1 una medición directa de los componentes del agua; o
- .2 se calculará de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 5.12.2 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>. (En la ecuación 11 de dicho Código podrá asignarse al CO un valor cero).

#### **4.4 Corrección de los NO<sub>x</sub> teniendo en cuenta la humedad y la temperatura**

Las correcciones de los NO<sub>x</sub> por humedad y temperatura se efectuarán de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 5.12.3 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>. La Administración indicará y aprobará la temperatura del aire de carga de referencia, o de barrido, ( $T_{sc\ ref}$ ). Los valores de  $T_{sc\ ref}$  tendrán como referencia una temperatura del agua del mar de 25°C y en la aplicación del valor  $T_{sc\ ref}$  se tendrá en cuenta debidamente la temperatura real del agua del mar.

#### **4.5 Caudal de los gases de escape**

El caudal de los gases de escape se determinará de conformidad con lo dispuesto en:

- .1 los párrafos 5.5.1 ó 5.5.2 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>; o
- .2 el método 2 del apéndice 6 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>, asignándose un valor cero a los componentes que no se hayan medido y un valor de 350 ppm a CO<sub>2</sub>AIR, si procede.

#### **4.6 Cálculo de los caudales de emisión y de emisiones específicas**

El cálculo de los caudales de emisión y de emisiones específicas se efectuará de conformidad con lo dispuesto en los párrafos 5.12.4 y 5.12.5 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>.

### **5 PRESCRIPCIONES DE CUMPLIMIENTO**

#### **5.1 Valor límite y márgenes**

El valor de la emisión obtenido mediante el método directo de vigilancia y medición se comparará con el valor límite de emisión de NO<sub>x</sub> que figura en la regla 13 del Anexo VI, más los márgenes que figuran en los párrafos 6.3.11.1, 6.3.11.2 y 6.3.11.3 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>, a fin de verificar que el motor sigue cumpliendo las prescripciones de la regla 13 del Anexo VI.

## **5.2 Datos para demostrar el cumplimiento**

Se demostrará el cumplimiento en reconocimientos anuales o intermedios, periódicos y fuera de programa o tras una modificación apreciable, tal como se define ésta en el párrafo 1.3.2 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub>. De conformidad con lo dispuesto en el párrafo 2.3.4 de dicho Código, los datos serán recientes, es decir, obtenidos en los últimos 30 días. Los datos se mantendrán a bordo por lo menos durante tres meses. Dichos plazos se computarán cuando el buque esté navegando. Los datos del antedicho periodo de 30 días podrán obtenerse ya sea en un solo ensayo en los puntos de carga requeridos, o en dos o más ocasiones distintas cuando la carga del motor se corresponda con la prescrita en la sección 3.1 de las presentes Directrices.

## **5.3 Formulario de aprobación**

El método directo de medición y vigilancia se consignará en un manual de vigilancia de a bordo que se basará en las presentes Directrices. El manual se presentará a la Administración para su aprobación. La referencia de aprobación del manual se incluirá en la sección 3 del suplemento del Certificado EIAPP. La Administración podrá expedir un nuevo Certificado EIAPP, con los pormenores de la sección 3 del suplemento debidamente enmendados, si el método se aprueba tras la expedición del primer Certificado EIAPP, es decir, tras el reconocimiento de certificación previa.

## **5.4 Reconocimiento del equipo y método aplicable**

El reconocimiento del método directo de medición y vigilancia tendrá en cuenta, entre otras cosas, lo siguiente:

- .1 los datos obtenidos y elaborados partiendo de las mediciones prescritas; y
- .2 los medios por los cuales se han obtenido dichos datos, teniendo en cuenta la información indicada en el manual (sección 5.3 *supra*).

**APÉNDICE 1****BRIDA DE CONEXIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO**

1 A continuación se presenta un ejemplo de una brida general de conexión del punto de muestreo que estará situada, según convenga, en el conducto de salida de cada motor para el que sea obligatorio demostrar cumplimiento por medio del método directo de medición y vigilancia.

<b>Descripción</b>	<b>Dimensión</b>
Diámetro exterior	160 mm
Diámetro interior	35 mm
Espesor de la brida	9 mm
Diámetro 1 del círculo de pernos	130 mm
Diámetro 2 del círculo de pernos	65 mm
Ranuras de la brida	Cuatro orificios de 12 mm de diámetro situados equidistantes en cada uno de los diámetros de círculos de pernos indicados. Los orificios de los dos diámetros de círculos de los pernos estarán alineados en los mismos radios. La brida tendrá ranuras de 12 mm de anchura entre los orificios de los diámetros exterior e interior del círculo de los pernos.
Pernos y tuercas	cuatro juegos, del diámetro y la longitud prescritos
La brida será de acero y estará acabada con una cara plana.	

2 La brida estará unida a una tubería saliente de material calibrado adecuado que esté alineada con el diámetro del conducto de salida. La tubería saliente no será más larga de lo necesario para proyectarse más allá del revestimiento del conducto de salida a fin de permitir el acceso al extremo de la brida. La tubería saliente estará aislada y terminará en un punto accesible, sin obstrucciones que podrían entorpecer el emplazamiento o montaje de la sonda de muestreo y los correspondientes accesorios.

3 Cuando no se esté utilizando, la tubería saliente se cerrará con una brida ciega de acero y una junta de un material adecuado resistente al calor. La brida de muestreo y la brida ciega de cierre se cubrirán cuando no se estén utilizando con un material adecuado resistente al calor que pueda retirarse fácilmente y que la proteja de contactos accidentales.

**APÉNDICE 2****SELECCIÓN DE PUNTOS DE CARGA Y FACTORES DE PONDERACIÓN REVISADOS**

1 Según lo dispuesto en la sección 3.1 de las presentes Directrices, en los ciclos de ensayo E2/E3/D2 el número mínimo de puntos de carga debería ser tal que los factores de ponderación nominales combinados que figuran en el párrafo 3.2 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub> sean superiores a 0,50.

2 En consecuencia, en los ciclos de ensayo E2/E3 sería necesario utilizar el punto de carga de 75% más uno o más puntos de carga. En el caso del ciclo de ensayo D2 debería utilizarse bien el punto de carga de 25%, bien el de 50%, más uno o más puntos de carga de manera tal que el factor de ponderación nominal combinado sea superior a 0,50.

3 Los ejemplos que figuran a continuación muestran algunas de las posible combinaciones de puntos de carga que pueden utilizarse junto con los respectivos factores de ponderación revisados:

**Ciclos de ensayo E2/E3**

Potencia	100%	75%	50%	25%
Factor de ponderación nominal	0,2	0,5	0,15	0,15
Opción A	0,29	0,71		
Opción B		0,77	0,23	
Opción C	0,24	0,59		0,18
Más otras combinaciones que tendrán por resultado un factor de ponderación nominal combinado superior a 0,50. Por lo tanto, sería insuficiente utilizar los puntos de carga de 100%, + 50% y + 25%.				

**Ciclo de ensayo D2**

Potencia	100%	75%	50%	25%	10%
Factor de ponderación nominal	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1
Opción D			0,5	0,5	
Opción E		0,45		0,55	
Opción F		0,38	0,46		0,15
Opción G	0,06	0,28	0,33	0,33	
Más otras combinaciones que tendrán por resultado un factor de ponderación nominal combinado superior a 0,50. Por lo tanto, sería insuficiente utilizar los puntos de carga de 100%, + 50% y + 10%.					

4 En el caso del ciclo de ensayo C1 debería utilizarse como mínimo un punto de carga con cada una de las secciones de régimen: nominal, intermedio y en vacío. Los ejemplos que figuran a continuación muestran algunas de las posibles combinaciones de puntos de carga que pueden utilizarse junto con los factores de ponderación revisados respectivos:

**Ciclo de ensayo C1**

Régimen	Nominal				Intermedio			En vacío
	100%	75%	50%	10%	100%	75%	50%	
Par	100%	75%	50%	10%	100%	75%	50%	0%
Factor de ponderación nominal	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
Opción H		0,38			0,25			0,38
Opción I				0,29		0,29		0,43
Opción J	0,27	0,27					0,18	0,27
Opción K	0,19	0,19	0,19	0,13		0,13		0,19
Más otras combinaciones que incorporen como mínimo un punto de carga a cada régimen: nominal, intermedio y en vacío								

## 5 Ejemplos de cálculo de los factores ponderados revisados:

Para la opción A:

75% de carga: el valor revisado se calcula:  $0,5 \times (1/(0,5 + 0,2)) = 0,71$

50% de carga: el valor revisado se calcula:  $0,2 \times (1/(0,5 + 0,2)) = 0,29$

Para la opción F:

75% de carga: el valor revisado se calcula:  $0,25 \times (1/(0,05 + 0,25 + 0,3 + 0,3)) = 0,38$

**Nota:** Los factores de ponderación revisados se anotan con dos lugares decimales. No obstante, los valores que se aplicarán a la ecuación 18 del Código Técnico sobre los NO<sub>x</sub> deberá ser precisos hasta el último lugar decimal. De ahí que en el caso de la opción F que figura *supra*, el factor ponderado revisado figure como 0,38 aunque el valor real calculado sea 0,384615...

Por consiguiente, en estos ejemplos de factores de ponderación revisados, es posible que las sumas de los valores mostrada (con dos lugares decimales) no den 1,00 como resultado, debido a que la cifra se ha redondeado.

### APÉNDICE 3

#### DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL PUNTO DE REFERENCIA DE LA POTENCIA

1 Para determinar la estabilidad del punto de referencia, el coeficiente de varianza de la potencia deberá calcularse durante un intervalo de 10 min, y la frecuencia de muestreo deberá ser de 1-Hz como mínimo. El resultado deberá ser igual o inferior al cinco por ciento (5%).

2 La fórmula para calcular el coeficiente de varianza es la siguiente:

$$Ave = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j \quad 1)$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - Ave)^2} \quad 2)$$

$$\%C.O.V. = \frac{S.D.}{Ave} \times 100 \leq 5\% \quad 3)$$

siendo:

%C.O.V.	coeficiente de varianza de la potencia, en %
S.D.	desviación normal
Ave	valor promedio
N	número total de puntos muestreados
$x_i, x_j$	valor i-ésimo y j-ésimo en los puntos de potencia, en kW
i	variable del índice de la fórmula de desviación normal
j	variable del índice de la fórmula promedio

3 Como ejemplo, durante los 10 min del periodo de muestreo, la potencia se registra a 1-Hz. Esto da como resultado el registro de 600 datos con valores:  $x_1, x_2, x_3 \dots x_{600}$ , de manera que N es 600. Así pues, los cálculos serían:

$$Ave = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_{600}}{600}$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{(x_1 - Ave)^2 + (x_2 - Ave)^2 + (x_3 - Ave)^2 \dots + (x_{600} - Ave)^2}{600 - 1}}$$

$$\%C.O.V. = \frac{S.D.}{Ave} \times 100 \leq 5\%$$

\*\*\*