

**ANEXO 16**

**RESOLUCIÓN MEPC.232(65)**

**Adoptada el 17 de mayo de 2013**

**DIRECTRICES PROVISIONALES DE 2013 PARA DETERMINAR LA POTENCIA DE PROPULSIÓN MÍNIMA QUE PERMITA MANTENER LA MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE EN CONDICIONES DESFAVORABLES**

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 ("el Comité") conferidas por los convenios internacionales relativos a la prevención y contención de la contaminación del mar,

RECORDANDO TAMBIÉN que, en su 62º periodo de sesiones, el Comité adoptó, mediante la resolución MEPC.203(62), enmiendas al anexo del Protocolo de 1997 que enmienda el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 (inclusión de reglas sobre la eficiencia energética de los buques en el Anexo VI del Convenio MARPOL),

TOMANDO NOTA de que las enmiendas al Anexo VI del Convenio MARPOL, adoptadas en su 62º periodo de sesiones mediante la inclusión del nuevo capítulo 4 acerca de las reglas sobre eficiencia energética de los buques, entraron en vigor el 1 de enero de 2013,

TOMANDO NOTA TAMBIÉN de que en la regla 21.5 del Anexo VI del Convenio MARPOL, enmendado, se prescribe que la potencia propulsora instalada no sea inferior a la potencia propulsora necesaria para mantener la maniobrabilidad del buque en las condiciones desfavorables que se definan en las directrices,

RECONOCIENDO que las enmiendas al Anexo VI del Convenio MARPOL requieren la adopción de las directrices pertinentes para una implantación uniforme y sin contratiempos de las reglas y a fin de facilitar el plazo previo suficiente para que se prepare el sector,

HABIENDO EXAMINADO, en su 65º periodo de sesiones, el proyecto de directrices provisionales de 2013 para determinar la potencia de propulsión mínima que permita mantener la maniobrabilidad del buque en condiciones desfavorables,

1. ADOPTA las Directrices provisionales de 2013 para determinar la potencia de propulsión mínima que permita mantener la maniobrabilidad del buque en condiciones desfavorables, que figuran en el anexo de la presente resolución;
2. INVITA a las Administraciones a que tengan en cuenta las directrices adjuntas al elaborar y promulgar las leyes nacionales mediante las que se hagan entrar en vigor e implanten las disposiciones de la regla 20 del Anexo VI del Convenio MARPOL, enmendado;
3. PIDE a las Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL y a otros Gobiernos Miembros que pongan las directrices adjuntas relativas al índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI) en conocimiento de los propietarios de buques, armadores, constructores de buques, proyectistas de buques y demás grupos interesados;

4. ACUERDA mantener esas directrices sometidas a examen teniendo en cuenta la experiencia que se obtenga;
5. REVOCA las Directrices provisionales distribuidas mediante la circular MSC-MEPC.2/Circ.11, a partir de la fecha de hoy.

\* \* \*

## ANEXO

## DIRECTRICES PROVISIONALES DE 2013 PARA DETERMINAR LA POTENCIA DE PROPULSIÓN MÍNIMA QUE PERMITA MANTENER LA MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE EN CONDICIONES DESFAVORABLES

**0 Finalidad**

La finalidad de estas directrices provisionales consiste en prestar asistencia a las Administraciones y organizaciones reconocidas en la tarea de verificar que los buques que cumplen las prescripciones del EEDI establecidas en las reglas sobre eficiencia energética de los buques disponen de la potencia de propulsión instalada suficiente para mantener la maniobrabilidad en condiciones desfavorables, según se indica en la regla 21.5 del capítulo 4 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

**1 Definición**

1.1 Por *condiciones desfavorables* se entienden las condiciones marinas con los siguientes parámetros:

| Altura significativa de la ola<br>( $h_s$ , m) | Periodo máximo de la ola<br>( $T_p$ , s) | Velocidad media del viento<br>( $V_w$ , m/s) |
|--|--|--|
| 5,5  | 7,0 a 15,0                               | 19,0   |

Para las aguas costeras se considerará un espectro marino de tipo JONSWAP con un parámetro máximo de 3,3.

1.2 Se deberían aplicar las siguientes condiciones desfavorables a los buques definidos de acuerdo con los siguientes valores umbral de tamaño del buque:

| Eslora del buque (m)       | Altura significativa de la ola ( $h_s$ , m)                           | Periodo máximo de la ola ( $T_p$ , s) | Velocidad media del viento ( $V_w$ , m/s) |
|----------------------------|---|---------------------------------------|---|
| Inferior a 200             | 4,0   | 7,0 a 15,0                            | 15,7                                      |
| $200 \leq L_{pp} \leq 250$ | Parámetros por interpolación lineal en función de la eslora del buque |                                       |   |
| Superior a $L_{pp} = 250$  | Véase el párrafo 1.1  |                                       |   |

**2 Aplicabilidad\***

2.1 Las presentes directrices deberían aplicarse a todos los tipos de buques nuevos enumerados en el cuadro 1 del apéndice que hayan de cumplir las reglas sobre eficiencia energética de los buques de conformidad con la regla 21 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

2.2 No obstante lo anterior, las presentes directrices no deberían aplicarse a los buques con sistemas de propulsión no tradicionales tales como los sistemas de propulsión encapsulados.

2.3 Las presentes directrices están destinadas a los buques sin restricciones de navegación; para otros casos, la Administración debería determinar las directrices adecuadas, teniendo en cuenta la zona de operaciones y las restricciones pertinentes.

\* Las presentes directrices provisionales se aplican a los buques a los que se exige cumplir las reglas de eficiencia energética de los buques de conformidad con la regla 21 del Anexo VI del Convenio MARPOL durante la fase 0 (es decir, los tipos de buques de tamaño igual o superior a 20 000 TPM en el cuadro 1 del apéndice).

### **3 Procedimiento de evaluación**

3.1 La evaluación podrá realizarse en dos etapas diferentes, tal como se establece a continuación:

- .1 evaluación de los niveles de potencia mínima; y
- .2 evaluación simplificada.

3.2 Se debería considerar que el buque cuenta con la potencia suficiente para mantener la maniobrabilidad en condiciones desfavorables si cumple una de estas etapas de evaluación.

### **4 Primera etapa de evaluación: evaluación de los niveles de potencia mínima**

4.1 Si el buque objeto de examen cuenta con una potencia instalada que no sea inferior a la potencia establecida en los niveles de potencia mínima para el tipo de buque de que se trate, entonces debería considerarse que el buque en cuestión dispone de la potencia suficiente para mantener la maniobrabilidad en condiciones desfavorables.

4.2 En el apéndice se proporcionan los niveles de potencia mínima correspondientes a los diferentes tipos de buques.

### **5 Segunda etapa de evaluación: evaluación simplificada**

5.1 En el apéndice se proporciona la metodología aplicable a la evaluación simplificada.

5.2 Si el buque objeto de examen cumple las prescripciones establecidas en la evaluación simplificada, se debería considerar que el buque dispone de la potencia suficiente para mantener la maniobrabilidad en condiciones desfavorables.

### **6 Documentación**

6.1 En la documentación de las pruebas debería incluirse como mínimo, entre otras cosas:

- .1 una descripción de los principales datos del buque;
- .2 una descripción de los sistemas pertinentes de maniobra y de propulsión del buque;
- .3 una descripción de la etapa de evaluación realizada y de sus resultados; y
- .4 una descripción del método o métodos de prueba utilizados con referencias, si procede.

## APÉNDICE

### PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD PARA MANTENER LA MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE EN CONDICIONES DESFAVORABLES, APLICABLES DURANTE LA FASE 0 DE LA IMPLANTACIÓN DEL EEDI

#### 1 Ámbito de aplicación

1.1 Los procedimientos descritos más abajo se aplicarán durante la fase 0 de la implantación del EEDI, según lo establecido en la regla 21 del Anexo VI del Convenio MARPOL (véase también el párrafo 0, "Finalidad", de las presentes directrices provisionales).

#### 2 Niveles de potencia mínima

2.1 Los valores de los niveles de potencia mínima del régimen continuo máximo (MCR) total instalado, expresados en kW, correspondientes a distintos tipos de buques, deberían calcularse del siguiente modo:

$$\text{Valor del nivel de potencia mínima} = a \times (TPM) + b$$

donde:

*TPM* es el peso muerto del buque en toneladas métricas; y

*a* y *b* son los parámetros establecidos en el cuadro 1 para los buques tanque, los graneleros y los buques de carga combinada.

**Cuadro 1: Parámetros *a* y *b* para la determinación de los valores del nivel de potencia mínima correspondiente a los distintos tipos de buques**

| Tipo de buque             | <i>a</i>                            | <i>b</i> |
|---------------------------|-------------------------------------|----------|
| Graneleros                | 0,0687                              | 2 924,4  |
| Buques tanque             | 0,0689                              | 3 253,0  |
| Buques de carga combinada | Véanse los anteriores buques tanque |          |

El régimen continuo máximo (MCR) total instalado de todos los principales motores de propulsión no debería ser inferior al valor del nivel de potencia mínima, cuando el MCR es el valor especificado en el Certificado EIAPP.

#### 3 Evaluación simplificada

3.1 El procedimiento de evaluación simplificada se basa en el principio que establece que, si un buque cuenta con la potencia instalada suficiente para desplazarse a una determinada velocidad de avance con mar y viento de proa, el buque también podrá mantener el rumbo, aun cuando las olas y el viento provengan de cualquier otra dirección. Así, pues, la velocidad mínima de avance del buque con mar y viento de proa se seleccionará en función del proyecto de buque, de manera tal que el cumplimiento de las prescripciones relativas a la velocidad de avance del buque equivalga al cumplimiento de las prescripciones relativas al mantenimiento del rumbo. Por ejemplo, los buques con mayores áreas de la pala del timón podrán mantener el rumbo incluso si el motor tiene menos potencia; de forma análoga, los buques con una mayor superficie lateral expuesta al viento necesitarán mayor potencia para mantener el rumbo que los buques que cuenten con una superficie expuesta al viento más reducida.

3.2 La simplificación de este procedimiento consiste en que se considera únicamente la ecuación del movimiento constante en dirección longitudinal; las prescripciones relativas al mantenimiento del rumbo con viento y olas se tienen en cuenta de forma indirecta, mediante el ajuste de la velocidad de avance del buque prescrita cuando se registren olas y viento de proa.

3.3 El procedimiento de evaluación consta de dos etapas, a saber:

- .1 definición de la velocidad de avance prescrita con olas y viento de proa, que permita mantener el rumbo, aun cuando se presenten olas y viento de cualquier dirección; y
- .2 determinación de si la potencia instalada es suficiente para alcanzar la velocidad de avance prescrita con olas y viento de proa.

### **Definición de la velocidad de avance del buque prescrita**

3.4 La velocidad prescrita de avance del buque por el agua con olas y viento de proa,  $V_s$ , es la mayor de:

- .1 la velocidad mínima de navegación,  $V_{nav}$ ; o
- .2 la velocidad mínima para mantener el rumbo,  $V_{ck}$ .

3.5 La velocidad mínima de navegación,  $V_{nav}$ , facilita el desplazamiento del buque para alejarse de la zona costera en un lapso suficiente antes de que la tormenta se intensifique para reducir el riesgo para la navegación, así como los riesgos de movimientos excesivos relacionados con las olas como consecuencia de un rumbo desfavorable con respecto al viento y las olas. La velocidad mínima de navegación se fija en 4,0 nudos.

3.6 En el marco de la evaluación simplificada se seleccionará la velocidad mínima para mantener el rumbo,  $V_{ck}$ , a fin de facilitar el mantenimiento del rumbo del buque con olas y viento que provengan de cualquier dirección. Esta velocidad se establece en función de la velocidad de referencia para mantener el rumbo  $V_{ck, ref}$ , en relación con los buques que cuentan con un área de la pala del timón  $A_R$  igual al 0,9 % del área lateral sumergida corregida por el efecto de la amplitud, y de un factor de ajuste que tiene en cuenta el área real de la pala del timón:

$$V_{ck} = V_{ck, ref} - 10,0 \times (A_R \% - 0,9) \quad (1)$$

siendo  $V_{ck}$ , en nudos, la velocidad mínima para mantener el rumbo,  $V_{ck, ref}$ , en nudos, la velocidad para mantener el rumbo de referencia, y  $A_R$  % el área real de la pala del timón,  $A_R$ , expresada como porcentaje de la superficie lateral sumergida del buque corregida por el efecto de la amplitud,  $A_{LS, cor}$ , calculada de la siguiente forma:  $A_R \% = A_R / A_{LS, cor} \cdot 100$  %. La superficie lateral sumergida corregida por el efecto de la amplitud se calcula de la siguiente forma:  $A_{LS, cor} = L_{pp} T_m (1,0 + 25,0 (B_w / L_{pp})^2)$ , donde  $L_{pp}$  es la eslora entre perpendiculares en metros,  $B_w$  es la manga en la flotación en metros y  $T_m$  es el calado en el centro del buque en metros. En el caso de timones elevados u otros aparatos de gobierno alternativos, se utilizará el área del timón equivalente al área del timón tradicional.

3.7 La velocidad para mantener el rumbo de referencia,  $V_{ck, ref}$ , para los buques tanque, los graneleros y los buques de carga combinada se establece en función de la relación  $A_{FW}/A_{LW}$  de la superficie frontal expuesta al viento  $A_{FW}$  y la superficie lateral expuesta al viento  $A_{LW}$ , del siguiente modo:

- .1 9,0 nudos cuando  $A_{FW}/A_{LW} = 0,1$  o menos y 4,0 nudos cuando  $A_{FW}/A_{LW} = 0,40$  o más; y
- .2 interpolación lineal entre 0,1 y 0,4 para valores intermedios de  $A_{FW}/A_{LW}$ .

### Procedimiento de evaluación de la potencia de propulsión instalada

3.8 La evaluación se debe realizar en condiciones de calado máximo a la velocidad de avance del buque prescrita,  $V_s$ , establecida anteriormente. El principio de la evaluación es que el empuje de hélice prescrito,  $T$  en N, que se define a partir de la suma de la resistencia del casco desnudo en aguas tranquilas  $R_{cw}$ , la resistencia debida a los apéndices del buque  $R_{app}$ , la resistencia aerodinámica  $R_{air}$ , y la resistencia adicional en el mar  $R_{aw}$ , puede establecerse a partir del sistema de propulsión del buque, teniendo en cuenta el factor de deducción del empuje  $t$ :

$$T = (R_{cw} + R_{air} + R_{aw} + R_{app}) / (1 - t) \quad (2)$$

3.9 La resistencia en aguas tranquilas para los buques tanque, los graneleros y los buques de carga combinada puede calcularse dejando de lado la resistencia en el mar, de la siguiente forma:  $R_{cw} = (1 + k) C_F \frac{1}{2} \rho S V_s^2$ , siendo  $k$  el factor de forma,  $C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2}$  el coeficiente de la resistencia de rozamiento,  $Re = V_s L_{pp} / \nu$  el número de Reynolds,  $\rho$  la densidad del agua en  $kg/m^3$ ,  $S$  la superficie mojada del casco desnudo en  $m^2$ ,  $V_s$  la velocidad de avance del buque en  $m/s$  y  $\nu$  la viscosidad cinemática del agua en  $m^2/s$ .

3.10 El factor de forma  $k$  debería obtenerse a partir de los ensayos con modelo. Cuando no se disponga de ensayos con modelo, se podrá utilizar la fórmula empírica que figura a continuación:

$$k = -0,095 + 25,6 \frac{C_B}{(L_{pp}/B_w)^2 \sqrt{B_w/T_m}} \quad (3)$$

donde  $C_B$  es el coeficiente de bloque basado en  $L_{pp}$ .

3.11 La resistencia aerodinámica puede calcularse como  $R_{air} = C_{air} \frac{1}{2} \rho_a A_F V_{w, rel}^2$ , siendo  $C_{air}$  el coeficiente de resistencia aerodinámica,  $\rho_a$  la densidad del aire en  $kg/m^3$ ,  $A_F$  la superficie frontal del casco y la superestructura expuesta al viento, en  $m^2$ , y  $V_{w, rel}$  la velocidad relativa del viento en  $m/s$ , que se define mediante las condiciones desfavorables previstas en el párrafo 1.1 de las directrices provisionales,  $V_w$ , añadida a la velocidad de avance del buque  $V_s$ . El coeficiente  $C_{air}$  puede obtenerse a partir de los ensayos con modelo o a partir de los datos empíricos. Si no se dispone de ninguno de los valores anteriores, se supondrá el valor 1,0.

3.12 La resistencia adicional en el mar,  $R_{aw}$ , que se define mediante las condiciones desfavorables y el espectro de las olas previstas en el párrafo 1 de las directrices provisionales, se calcula del siguiente modo:

$$R_{aw} = 2 \int_0^{\infty} \frac{R_{aw}(V_s, \omega)}{\zeta_a^2} S_{\zeta\zeta}(\omega) d\omega \quad (4)$$

donde  $R_{aw}(V_s, \omega)/\zeta_a^2$  es la función de transferencia cuadrática de la resistencia adicional en función de la velocidad de avance  $V_s$  en m/s, frecuencia de las olas  $\omega$  en rad/s, la amplitud de ola  $\zeta_a$ , en m, y el espectro de las olas,  $S_{\zeta\zeta}$  en  $m^2/s$ . La función de transferencia cuadrática de la resistencia adicional puede obtenerse de la prueba de la resistencia adicional con olas regulares a la velocidad de avance del buque prescrita,  $V_s$ , de conformidad con los procedimientos 7.5-02 07-02.1 y 7.5-02 07-02.2 de la ITTC o mediante un método equivalente verificado por la Administración.

3.13 El factor de deducción del empuje  $t$  puede obtenerse a partir de los ensayos con modelo o de la fórmula empírica. Una estimación conservadora predeterminada es  $t = 0,7w$ , siendo  $w$  la fracción de estela. La fracción de estela  $w$  puede calcularse a partir de los ensayos con modelo o la fórmula empírica; en el cuadro 2 se proporcionan las estimaciones conservadoras predeterminadas.

**Cuadro 2: Valores recomendados relativos a la fracción de estela  $w$**

| <b>Coefficiente de bloque</b> | <b>Una hélice</b> | <b>Dos hélices</b> |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|
| 0,5                           | 0,14              | 0,15               |
| 0,6                           | 0,23              | 0,17               |
| 0,7                           | 0,29              | 0,19               |
| 0,8 y superior                | 0,35              | 0,23               |

3.14 El coeficiente de avance prescrito de la hélice se determina a partir de la ecuación:

$$T = \rho u_a^2 D_p^2 K_T(J) / J^2 \quad (5)$$

donde  $D_p$  es el diámetro de la hélice,  $K_T(J)$  el coeficiente de empuje de la hélice en aguas abiertas,  $J = u_a/nD_p$ , y  $u_a = V_s(1-w)$ .  $J$  puede obtenerse a partir de la curva de  $K_T(J)/J^2$ .

3.15 La velocidad de rotación prescrita de la hélice,  $n$ , en revoluciones por segundo, se establece a partir de la relación:

$$n = u_a / (J D_p) \quad (6)$$

3.16 Entonces la potencia prescrita suministrada a la hélice a esta velocidad de rotación  $n$ ,  $P_D$  en vatios, se establece a partir de la relación:

$$P_D = 2\pi\rho n^3 D_p^5 K_Q(J) \quad (7)$$

donde  $K_Q(J)$  es la curva del coeficiente del par de la hélice en aguas abiertas. Se supone una eficiencia rotativa relativa cercana a 1,0.



3.17 Respecto de los motores diésel, la potencia disponible es limitada debido a la limitación del régimen de par del motor  $Q \leq Q_{\max}(n)$ , donde  $Q_{\max}(n)$  es el par torsor máximo que el motor puede generar a la velocidad de rotación de la hélice  $n$  dada. Por consiguiente, el MCR instalado mínimo se calcula teniendo en cuenta:

- .1 la curva de limitación del régimen de par del motor especificada por el fabricante del motor; y
- .2 la eficiencia de transmisión  $\eta_s$ , que se supondrá que es 0,98 para las máquinas de popa y 0,97 para las máquinas de la sección central, salvo cuando se disponga de mediciones exactas.

\*\*\*