
4 ALBERT EMBANKMENT
LONDRES SE1 7SR
Teléfono: +44(0)20 7735 7611 Facsímil: +44(0)20 7587 3210

MEPC.1/Circ.833
7 abril 2014

**DIRECTRICES PARA REDUCIR EL RUIDO SUBMARINO DEBIDO AL TRANSPORTE
MARÍTIMO COMERCIAL Y SUS EFECTOS ADVERSOS EN LA FAUNA MARINA**

1 El Comité de protección del medio marino, en su 66º periodo de sesiones (31 de marzo a 4 de abril de 2014), con objeto de facilitar orientaciones sobre la reducción del ruido submarino debido al transporte marítimo comercial, y siguiendo la recomendación formulada por el Subcomité de proyecto y equipo del buque, en su 57º periodo de sesiones, aprobó las Directrices para reducir el ruido submarino debido al transporte marítimo comercial y sus efectos adversos en la fauna marina, que figuran en el anexo.

2 Se invita a los Gobiernos Miembros a que utilicen las Directrices adjuntas a partir del 7 de abril de 2014 y a que las pongan en conocimiento de todas las partes interesadas.

ANEXO

DIRECTRICES PARA REDUCIR EL RUIDO SUBMARINO DEBIDO AL TRANSPORTE MARÍTIMO COMERCIAL Y SUS EFECTOS ADVERSOS EN LA FAUNA MARINA

1 Preámbulo

1.1 Se ha manifestado preocupación sobre el hecho de que una parte considerable del ruido submarino generado por la actividad humana se deba quizá al transporte marítimo. La comunidad internacional reconoce que la emisión de ruido submarino generado por buques comerciales puede tener consecuencias negativas tanto a corto como a largo plazo en la fauna marina, en especial en los mamíferos marinos.

1.2 Es importante reconocer que la eficacia técnica y la rentabilidad de las medidas consideradas, ya sea individualmente o junto con otras, dependerá en gran medida del proyecto, los parámetros operacionales y las prescripciones obligatorias correspondientes a un buque determinado. Una estrategia satisfactoria para reducir la emisión de ruido debería contemplar interacciones y contribuciones a partir de medidas facilitadas con objeto de lograr otros objetivos tales como la reducción del ruido a bordo y la mejora de la eficiencia energética.

1.3 Cuando se hayan realizado esfuerzos para mitigar el ruido submarino en la medida de lo posible, se debería llevar a cabo una evaluación con miras a determinar el éxito de los esfuerzos para reducir el ruido procedente de los buques y a fin de que sirva de guía y facilite la labor futura relativa a la reducción del ruido. Esta evaluación puede incluir tipos de medición de la emisión de ruido, simulaciones u otros modos de recopilar datos.

2 Ámbito de aplicación

2.1 Las presentes directrices pueden aplicarse a todos los buques comerciales.

2.2 Las presentes directrices no tratan la introducción de ruido procedente de los buques militares y los buques de guerra ni de la introducción deliberada de ruido para otros fines, como el sónar o el estudio de la actividad sísmica.

3 Objetivos

3.1 El objetivo de las presentes directrices de carácter voluntario es facilitar recomendaciones generales sobre la reducción del ruido submarino a los proyectistas, constructores y armadores de buques. Con ellas no se trata de sentar las bases de un documento de carácter obligatorio.

3.2 Habida cuenta de las complejidades asociadas con el proyecto y la construcción de buques, las presentes directrices se centran en las fuentes primarias de ruido submarino. Dichas fuentes están asociadas con el proyecto de las hélices, la forma del casco, la maquinaria de a bordo y los aspectos operacionales. Buena parte, si no la mayoría, del ruido submarino se debe a la cavitación de la hélice pero las cuestiones relacionadas con la maquinaria de a bordo y las modificaciones operacionales también son pertinentes. La mejor estrategia de mitigación del ruido submarino para todo buque debería, como mínimo, contemplar todas las fuentes de ruido pertinentes.

3.3 Las presentes directrices contemplan tecnologías y mediciones que pueden ser pertinentes para la mayoría de los sectores del sector del transporte marítimo. Se alienta a proyectistas, constructores y armadores de buques a que consideren la posibilidad de utilizar tecnologías y medidas de carácter operacional que no se incluyan en las presentes directrices y que puedan ser más adecuadas para aplicaciones específicas.

4 Definiciones

4.1 Por *velocidad inicial de cavitación* se entiende la velocidad mínima del buque a la que se produce la cavitación.

4.2 Por *cavitación de la hélice* se entiende la formación e implosión de cavidades de vapor de agua ocasionada por la disminución y el aumento de presión que se produce a medida que el agua pasa por la pala de la hélice. La cavitación genera ruidos en una banda ancha de frecuencias y picos discretos en los armónicos de la frecuencia del paso de la pala en el espectro acústico submarino. La banda ancha de ruido se debe al crecimiento y colapso de una inmensa cantidad de burbujas de cavitación en el agua. Los picos discretos son consecuencia de las fluctuaciones de volumen de las planchas y de las cavidades vorticiales en la punta de la hélice.

4.3 A efectos de las presentes directrices, por *ruido submarino o nivel de emisión de ruido submarino* se entiende el ruido procedente de los buques mercantes.*

5 Predicción de los niveles de ruido submarino

5.1 Los modelos computacionales del ruido submarino pueden resultar útiles tanto para los buques nuevos como para los existentes a fin de entender qué reducciones podrían ser viables respecto de determinados cambios en el proyecto o el comportamiento operacional. En dichos modelos se pueden analizar las fuentes de ruido del buque, la trayectoria de transmisión del ruido por el buque y calcular el nivel total de ruido previsto. Ese análisis puede ayudar a los propietarios y constructores de buques y a los proyectistas a determinar las medidas de control del ruido que podrían considerarse en el caso de aplicaciones específicas, teniendo en cuenta las condiciones operacionales previstas. Tales medidas incluyen, entre otras: los soportes de aislamiento de la vibración para la maquinaria y otro equipo alternativo (es decir, soportes resilientes), el equilibrio dinámico, el amortiguamiento estructural, la absorción y el aislamiento acústico y el proyecto del casco, los apéndices y la hélice para reducir el ruido.

5.2 Entre los tipos de modelos computacionales que pueden contribuir a reducir el ruido submarino cabe señalar:

- .1 la dinámica de fluidos computacional (CFD) puede utilizarse para predecir y visualizar las características del flujo alrededor del casco y los apéndices generando el campo de la estela en el que opera la hélice;
- .2 los métodos de análisis de la hélice tales como los métodos de superficie sustentadora o CFD pueden utilizarse para predecir la cavitación;

* El nivel de emisión de ruido submarino se registra a niveles de presión de sonido en decibelios y se expresa como 10 veces el logaritmo del cuadrado del radio del valor cuadrático medio de la presión de sonido con respecto a una presión de referencia de un micro Pascal. Cuando se trata de un nivel de fuente de buque, el nivel de presión del sonido se ajusta hasta un nivel de 1 metro desde la fuente.

- .3 el análisis estadístico de la energía puede utilizarse para estimar el ruido de alta frecuencia transmitido y los niveles de vibración procedentes de la maquinaria; y
- .4 el análisis por el método de elementos finitos y el método de elementos de contorno pueden ayudar a calcular el ruido de baja frecuencia y los niveles de vibración procedentes de la estructura del buque excitada por la presión fluctuante de la hélice y la excitación de la maquinaria.

5.3 El valor de un ejercicio de la elaboración de modelos se ve incrementado si su capacidad de predicción se evalúa en estudios de casos en varias condiciones operacionales.

6 Normas y referencias

6.1 Para obtener mejoras significativas, el ruido submarino debería medirse en relación con una norma objetiva.

- .1 La Organización Internacional de Normalización ha elaborado la norma (ISO/PAS) 17208-1: *Acoustics – Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships – part 1: General requirements for measurements in deep water*. Esta norma de medición se aplica a aguas profundas, lo que supone que la profundidad del agua debería ser superior a 150 m o 1,5 veces la eslora total del buque (método de ingeniería de ANSI-ASA), si esta última es superior. Se trata de una norma temporalmente disponible para el público. Esta norma está basada en la norma (ANSI/ASA) S12.64-2009, elaborada conjuntamente por el Instituto Estadounidense de Normalización y la Sociedad Acústica de los Estados Unidos de América, "Cantidades y procedimientos para describir y medir el ruido submarino procedente de los buques, Parte 1: Prescripciones generales".
- .2 La ISO está también elaborando la norma ISO/DIS 16554: *Ships and marine technology – Marine environment protection – Measurement and reporting of underwater sound radiating from commercial ships*, que se espera que se publicará en 2013. La norma proporcionará a los astilleros, propietarios e inspectores de buques un método de medición bien establecido para el ruido submarino procedente de los buques mercantes para que se utilice en la fase de entrega final de los buques.

6.2 Se han proyectado varios buques de investigación utilizando la especificación relativa al ruido propuesta por el Informe de la investigación cooperativa Nº 209 (CRR 209) del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM). Cabe señalar que la especificación relativa al ruido ICES CRR 209 se elaboró específicamente para los buques de investigación de pesca a fin de no asustar a la fauna marina durante los reconocimientos de la biomasa, y no fue concebida para ser utilizada como norma de proyecto aplicable a buques comerciales con objeto de evitar posibles daños a la fauna marina. No obstante, algunas de las disposiciones de proyecto empleadas para cumplir la norma ICES CRR 209 podrían resultar útiles para los buques comerciales nuevos en lo que respecta a la reducción del ruido submarino.

6.3 Existen otros criterios de puntuación del ruido submarino que podrían resultar útiles a modo de orientación.

7 Consideraciones de proyecto

7.1 Las mayores reducciones del ruido submarino son las que pueden lograrse durante el proyecto inicial del buque. No es probable que sea factible que los buques existentes alcancen los límites de ruido submarino que se obtienen en los proyectos nuevos. Por consiguiente, las cuestiones relativas al proyecto que figuran a continuación están destinadas primordialmente a los buques nuevos. Sin embargo, se puede prestar especial atención a los buques existentes, si esto resulta razonable y práctico. Si bien el flujo del ruido alrededor del casco tiene un efecto insignificante en la emisión del ruido, la forma del casco influye en el flujo de agua en la hélice. Para que se produzca una reducción eficaz del ruido submarino, los proyectos del casco y de la hélice deberían adaptarse entre sí. Estas cuestiones de proyecto deberían considerarse desde un punto de vista integral como parte del examen general en relación con la seguridad y la eficiencia energética del buque.

7.2 Hélices

7.2.1 Las hélices deberían proyectarse y seleccionarse a fin de reducir la cavitación. La cavitación será la fuente de emisión de ruido predominante y puede incrementar el ruido submarino considerablemente. La cavitación se puede reducir en condiciones operacionales normales mediante un buen proyecto, como la optimización de la carga de la hélice, asegurarse de que haya un flujo de agua hacia las hélices tan uniforme como sea posible (que puede verse influenciado por el proyecto del casco), y la selección meticulosa de las características de hélice tales como: el diámetro, el número de palas, el paso, la inclinación y las secciones.

7.2.2 En los buques equipados con hélices de paso variable se podría contar con cierta flexibilidad en cuanto a la velocidad de eje para reducir el funcionamiento con un valor de paso demasiado alejado del valor de paso óptimo de proyecto. (Algunos proyectos podrían adaptarse a velocidades de eje de hasta dos tercios del total.)

7.2.3 El buque y su hélice podrían someterse a pruebas con modelos en una instalación de prueba tal como un túnel de cavitación con miras a optimizar el proyecto de la hélice en relación con la cavitación inducida por impulsos de presión y ruido emitido.

7.2.4 Si la presión máxima fluctuante prevista en el casco por encima de la hélice en el calado de proyecto es inferior a 3 kPa (armónico número 1 del paso de la pala) y 2 kPa (armónico número 2) en el caso de los buques con un coeficiente de bloque inferior a 0,65, y 5 kPa (armónico número 1) y 3 kPa (armónico número 2) en el caso de los buques con un coeficiente de bloque superior a 0,65, esto podría indicar que se trata de una hélice potencialmente menos ruidosa. Los valores comparables son probablemente 1 kPa más elevado en condición de lastre.

7.2.5 Se dispone de alternativas de proyecto de la hélice para la reducción del ruido en relación con muchas aplicaciones y éstas deberían considerarse. No obstante, se entiende que no siempre se puede utilizar la hélice óptima en relación con la reducción del ruido submarino, a causa de limitaciones técnicas o geométricas (por ejemplo, el reforzamiento para la navegación en hielo de la hélice). Asimismo, se reconoce que los principios del proyecto para la reducción de la cavitación (a saber, reducción del paso en la punta de la pala) puede ocasionar una disminución de la eficiencia.

7.3 **Proyecto del casco**

7.3.1 Se sabe que los campos de estela irregulares o no homogéneos aumentan la cavitación. Por consiguiente, la forma del casco del buque y sus apéndices deberían proyectarse de manera que el campo de estela sea lo más homogéneo posible, con lo cual la cavitación se reducirá al girar la hélice en la estela producida por el casco del buque.

7.3.2 Se puede considerar la posibilidad de estudiar la optimización estructural con miras a reducir la respuesta de excitación y la transmisión del ruido estructural al casco.

8 **Maquinaria de a bordo**

8.1 Debería considerarse la posibilidad de seleccionar la maquinaria de a bordo junto con las medidas adecuadas de control de las vibraciones, la ubicación apropiada del equipo en el casco y la optimización de los polines de la estructura que pueden contribuir a reducir el ruido submarino emitido así como el ruido a bordo que afecta a los pasajeros y a la tripulación.

8.2 Los proyectistas, propietarios y constructores de buques deberían solicitar que los fabricantes faciliten información sobre los niveles de ruido en el aire y las vibraciones que genera su maquinaria para permitir que se realice el análisis con los métodos descritos en la sección 5.2 y que recomienden métodos de instalación que puedan contribuir a reducir el ruido submarino.

8.3 La propulsión diésel-eléctrica es una alternativa de configuración del tren de propulsión eficaz para la reducción del ruido submarino. En algunos casos, debería considerarse la adopción de un sistema diésel-eléctrico ya que puede facilitar el aislamiento eficaz de la vibración de los generadores diésel, lo cual normalmente no es posible con las grandes configuraciones en transmisión directa. El uso de motores eléctricos de alta calidad también puede contribuir a que se reduzca la vibración inducida en el casco.

8.4 El medio de propulsión más utilizado a bordo de los buques es el motor diésel. Los motores grandes de dos tiempos utilizados para la propulsión principal de la mayoría de los buques no son adecuados para el uso de montajes resilientes. Sin embargo, en el caso de motores de cuatro tiempos adecuados, debería considerarse la posibilidad de utilizar acoplamientos flexibles y montajes resilientes, cuando proceda, lo cual puede reducir considerablemente los niveles de ruido submarino. Los motores de cuatro tiempos se utilizan con frecuencia junto con una caja de cambios y una hélice de paso variable. Para una reducción eficaz del ruido, debería considerarse la posibilidad de instalar los motores en montajes resilientes, posiblemente mediante algún tipo de acoplamiento elástico entre el motor y la caja de cambios. El aislamiento de las vibraciones se utiliza más corrientemente para el montaje de los generadores de diésel a los cimientos.

8.5 Debería considerarse la posibilidad de utilizar montajes para el aislamiento de las vibraciones y de mejorar el equilibrio dinámico para la maquinaria oscilante tal como instalaciones frigoríficas, compresores de aire y bombas. El aislamiento de las vibraciones de otros elementos y equipo, tales como los mecanismos hidráulicos, mecanismos eléctricos, bombas, tuberías, grandes ventiladores y los conductos del aire acondicionado, puede resultar beneficioso para algunas aplicaciones, en particular, como medida de atenuación en casos en que no sean adecuadas unas técnicas más directas para la aplicación específica objeto de examen.

9 Tecnologías adicionales para buques existentes:

Además de su utilización en buques nuevos, se sabe que las siguientes tecnologías contribuyen a reducir el ruido en el caso de los buques existentes:

- .1 proyecto e instalación de hélices nuevas más avanzadas;
- .2 instalación de dispositivos de acondicionamiento de la estela; y
- .3 instalación de inyección de aire a la hélice (por ejemplo, en la condición de lastre).

10 Consideraciones operacionales y de mantenimiento

10.1 Si bien los principales componentes generadores del ruido submarino se deben al proyecto del buque (es decir, la forma del casco, la hélice, la interacción entre el casco y la hélice y la configuración de la maquinaria), debería considerarse la posibilidad de introducir modificaciones operacionales y de mantenimiento para reducir el ruido tanto en los buques nuevos como en los existentes. Entre ellas:

10.2 Limpieza de la hélice

La pulimentación correcta de la hélice elimina los contaminantes marinos y reduce enormemente la rugosidad de la superficie, lo cual contribuye a reducir la cavitación de la hélice.

10.3 Superficie del casco bajo el agua

El mantenimiento de una superficie lisa del casco bajo la línea de flotación y una pintura lisa también podrían mejorar la eficiencia energética del buque, dado que reduce la resistencia del buque y la carga de la hélice. Por consiguiente, ello contribuirá a reducir el ruido submarino procedente del buque. Los sistemas eficaces de revestimiento que pueden reducir la fricción del casco y la turbulencia pueden ayudar a reducir el ruido submarino, además de mejorar la eficiencia del consumo de combustible.

10.4 Selección de la velocidad del buque

10.4.1 En general, en el caso de los buques provistos de hélices de paso fijo, la reducción de la velocidad del buque puede resultar una medida operacional muy efectiva para reducir el ruido submarino, particularmente cuando ésta es inferior a la velocidad inicial de cavitación.

10.4.2 En el caso de los buques provistos de hélices de paso variable, es posible que la reducción de la velocidad no produzca una reducción del ruido. Por consiguiente, deberían estudiarse las combinaciones óptimas de la velocidad de eje y el paso de la hélice.

10.4.3 No obstante, puede que existan otros motivos de mayor importancia para que se mantenga una velocidad determinada, tales como la seguridad, el funcionamiento y la eficiencia energética. En general, se puede examinar toda velocidad crítica de un determinado buque en relación con la cavitación y los incrementos resultantes en la emisión de ruido.

10.5 Decisiones operacionales o relativas a la derrota del buque para reducir los efectos adversos en la fauna marina

La reducción de la velocidad o las decisiones relativas a la derrota del buque destinadas a evitar las zonas marinas sensibles, incluidas las rutas migratorias y los hábitats conocidos, ayudarán a reducir los efectos adversos en la fauna marina.