

## **AAM-8 EVOLUCION Y ANALISIS DE LA NORMATIVA DE RUIDO EN BUQUES MERCANTES**

PACS: 43.50. Lj;

Bermúdez Rodríguez, Francisco Javier; Hernández Molina, Ricardo; Muñoz Rubio, Aurelio;  
Fernández Zacarías, Francisco; Cueto Ancela, José Luis  
Universidad de Cádiz. Laboratorio de Acústica y Vibraciones (L.A.V.)  
Campus de Puerto Real  
CASEM. Polígono Río San Pedro. 11515. Puerto Real. Cádiz.  
España  
Tel: 34 956 016 140  
Fax:34 956 016 051  
E-mail: javier.bermudez@uca.es; ricardo.hernandez@uca.es; aurelio.munioz@uca.es;  
E-mail: francisco.fernandez@uca.es; joseluis.cueto@uca.es

### **ABSTRACT**

This study intends to describe the evolution of the normative of noise of the merchant ships in the last four decades and to analyze the more important aspects with regard to the crews, passage and exposed population in the cities, by following the requests of the European Union for reduction of the environmental impact of the transport's media.

### **RESUMEN**

Este estudio pretende describir la evolución de la normativa de ruido de los buques mercantes en las últimas cuatro décadas y a analizar sus aspectos más importantes en relación con las tripulaciones, pasaje y población expuesta en las ciudades, siguiendo los requerimientos de la Unión Europea para la reducción del impacto ambiental de los medios de transporte.

### **1. INTRODUCCION**

Los requerimientos medioambientales (donde se incluyen tanto el ruido como las vibraciones que afectan a los seres humanos), son cada día más exigentes y restrictivos en el ámbito europeo. El nuevo marco regulador obedece al aumento colectivo del interés por el control, vigilancia y mejora del medio ambiente. Dentro de él se incluye el transporte marítimo y, por tanto, los buques: como emisor de ruido hacia el interior (afectando a las tripulaciones y pasajeros que se encuentran a bordo), y como emisor hacia el exterior, (afectando a los habitantes de las zonas costeras cuando están atracados en el puerto y a la fauna marina cuando están en navegación). El estado del arte en estos dos tipos de emisión (interior y exterior) es muy diferente en la actualidad.

El organismo internacional más importante que se encarga de la regulación y el control del ruido y vibraciones a bordo de los buques es la IMO (Organización Marítima Internacional).

Además existen compañías aseguradoras, llamadas Sociedades de Clasificación, que se encargan de desarrollar requerimientos específicos en materia de ruido y vibraciones (ya que su objetivo es promover la seguridad de la vida humana y del buque, así como la protección del medio marino). Las mayores exigencias se producen en los buques de pasaje, ya que en estos tipos de buques, hay personal no profesional a bordo, que hay que proteger especialmente.

El código IMO, que entró en vigor en el año 1.981, establece que los límites fijados de nivel de ruido tienen por objeto asegurar que los trabajadores del mar no quedarán expuestos a un nivel continuo equivalente durante veinticuatro horas, que exceda de 80 dB(A).

En cuanto a la emisión de ruido al exterior, por parte de los buques, está regulada por la Directiva 2002/49/EC. El ruido emitido por los buques es una de las categorías de ruido que deben tenerse en cuenta al hacer un mapa estratégico de ruido en un puerto. La caracterización del buque como emisor en su conjunto se está desarrollando en la actualidad. Existen proyectos europeos, (como SILENV y NoMePorts), que intentan conseguir métodos sistemáticos de medición de buques en movimiento y parados, para obtener modelos acústicos de los diferentes tipos de buques, que puedan usarse para los Mapas Estratégicos de Ruido en los Puertos, ya que actualmente se considera la mejor herramienta de Planificación para la Gestión del ruido ambiental.

Por último, el ruido radiado al mar por los buques se está tratando en los últimos años, ya que produce efectos sobre la fauna marina.

## 2. FOCOS DE RUIDO Y FORMAS DE TRANSMISION EN LOS BUQUES

El ruido en los buques es un fenómeno físico que está íntimamente ligado al de la vibración, ya que ambos se producen por la oscilación de una partícula respecto a su posición de equilibrio en un medio fluido o en un medio sólido, respectivamente.

Existen pues, tres formas fundamentales de transmisión del ruido en un buque: de forma directa mediante el aire, de forma indirecta a través de la vibración de la estructura, y por último, el ruido generado por el flujo de gases a través de conductos, cuyos focos principales son las chimeneas de gases de escape de los motores de combustión interna y los conductos de calefacción, ventilación, enfriamiento y aire acondicionado (HVAC).

Lo habitual es que los focos sonoros en un buque generen tanto ruido aéreo como ruido estructural, aunque predominará uno de los tipos sobre el otro, dependiendo del foco.

Las principales fuentes de excitación (fuentes primarias) de las vibraciones (focos emisores de ruido) en los buques son:

- la hélice propulsora (ruido estructural y ruido aéreo indirecto)
- la maquinaria propulsora del buque (motores diesel, turbinas de vapor y de gas y sus engranajes reductores) (ruido aéreo directo y ruido estructural)
- los servicios de calefacción, ventilación y aire acondicionado, (HVAC) (flujo de aire)
- las chimeneas (flujo de gases de escape)

Si consideramos el ruido emitido al interior del buque por los focos, el principal productor de ruido aéreo es el motor propulsor. Los motores diesel son ruidosos por varias causas, entre otras: su funcionamiento produce cambios de presión en las diferentes etapas del ciclo de trabajo y turbulencias tanto en el flujo del aire de admisión como en el flujo de los gases de escape, está formado por múltiples componentes mecánicos en movimiento alternativo (y las holguras inducen golpeteos), tiene además elementos auxiliares incorporados en el propio motor (bombas, turbosoplantes) que también generan ruido, y por último es necesario que se

acople a un engranaje reductor para que adecúe la velocidad de giro del motor diesel a la velocidad de giro de la hélice.

Por estos motivos, el espectro de ruido de un motor de combustión interna, es de banda ancha con tonos puros superpuestos a determinadas frecuencias [1]. Así, en la Sala de Máquinas de un buque, el nivel de presión sonora es provocado fundamentalmente por ruido aéreo. Además, al ser un espacio confinado, se producen efectos de reverberación que añadidos al ruido emitido por el resto de la maquinaria que se encuentra en este espacio, aumentan el nivel global de ruido, produciendo un incremento de entre 1 y 5 dB [2] en el nivel de ruido medido a bordo respecto al obtenido en el banco de pruebas. En cuanto al ruido estructural, se produce por vibraciones verticales de los refuerzos del casco, inducidas a través de la fundación del motor.

El principal foco de ruido estructural, es la hélice que transmite vibraciones al casco por medio de: variaciones de la presión hidrodinámica (debidas a su funcionamiento en un campo de estela no uniforme, que provoca vibraciones verticales), variaciones en las reacciones de los cojinetes de apoyo de la línea de ejes (que inducen vibraciones torsionales) y variaciones de empuje y de par (que inducen vibraciones longitudinales).

La combinación de estos fenómenos inducen dos tipos de excitación principales: empuje alternativo, (vibraciones longitudinales) y fuerzas de presión verticales en el vano de la hélice, (vibraciones verticales en el casco y vibración proa- popa de las superestructuras). Por estos motivos, las hélices suelen ser la causa principal de los elevados niveles de ruido que se presentan a popa, y de la mayoría de los ruidos de baja frecuencia (entre 1 Hz y 1 kHz) en espacios alejados. Es el tipo fundamental de ruido en los espacios de acomodación.

En cuanto al ruido producido por el flujo de gases, tenemos, los correspondientes a las chimeneas, cuyo efecto principal es el ruido aéreo en el Puente de Gobierno (sobre todo en los alerones exteriores, que se consideran puestos de escucha), y el ruido aéreo de los sistemas de aire acondicionado, cuyo efecto es mayor en la acomodación.

Si consideramos el ruido emitido al exterior en los puertos, cuando el buque está maniobrando, son prácticamente los mismos que los vistos hasta ahora, añadiendo el ruido provocado por los propulsores laterales; mientras que cuando el buque se encuentra atracado, los focos principales son las chimeneas de escape de los motores auxiliares y los sistemas HVAC, así como la maquinaria asociada a las operaciones de carga y descarga.

Si consideramos el ruido radiado al agua en navegación el principal foco emisor es la hélice, fundamentalmente debido al fenómeno de la cavitación. No vamos a entrar en este tipo de emisión, dado que afecta a la fauna marina y en esta comunicación, nos interesan exclusivamente los receptores humanos.

Por tanto, una división de los espacios receptores, cuyos niveles de ruido nos interesan, sería: espacios de maquinaria, espacios de acomodación, espacios de gobierno y espacios de trabajo. En cada uno de estos grupos predomina uno de los tipos de ruido que hemos descrito y los focos son más o menos relevantes dependiendo de la situación operacional del buque: navegación de altura, navegación costera, navegación interior, condición de maniobra, buque fondeado, buque atracado, buque realizando operaciones de carga y descarga.

### 3. NORMATIVA DE RUIDO

La normativa de ruido a bordo, aplicable a los buques mercantes, podemos dividirla en tres bloques: Estándares internacionales, Reglas de las Sociedades de Clasificación y Normativa Nacional. En la figura 1, vemos un resumen del marco normativo, relativo al ruido emitido por los buques, en sus tres vertientes:

	Ruido	Vibraciones	Ruido Radiado en Puerto (Exterior al buque)	Ruido radiado al agua	
	A bordo (Interior del buque)				
1974	SOLAS (Protección contra el ruido)			International Union for Conservation of Nature RESWCC3-0638	
1975	IMO A.343 (XII)				
1981	<b>IMO A.468 (XII)</b>				
1984		ISO 6954:1984			
Década 90	Comfort Class Notations	Comfort Class Notations			
2000		<b>ISO 6954:2000</b>		ICES N° 209	
2001			ISO 2922:2000		
2002		Directiva 2002/44/CE [10]	<b>Directiva 2002/49/EC</b>		
2003	<b>Directiva 2003/10/EC</b> ILO Maritime Labour Convention	ILO Maritime Labour Convention	<b>Directiva 2006/87/EC</b>		
2006	<b>Directiva 2006/87/EC</b> ILO Convention N° 188 (Sector pesquero) ILO Recommendation WFS				
2007	Revisión IMO A.468 (XII)		ISO 14509-2:2007		Directiva2008/56/CE
2008			ISO 14509-1:2009		
2009	Revisión IMO A.468 (XII)				
2010					
2011	<b>R.D. 286/06</b>				
2012	<b>MSC 337(91)</b>			<b>Silent Class DNV</b>	

Figura 1. Resumen del Marco Normativo actual más importante de ruido y vibraciones en los buques. (En negrita la normativa más relevante relativa a ruido)

Vemos que el bloque que está más desarrollado desde un punto de vista normativo es el primero, el segundo se empezó a considerar hace unos doce años y el tercero en los últimos cinco. Centrarnos ahora en el primer bloque:

3.1. Estándares Internacionales de ruido.- El más importante, en la actualidad es la resolución A.468 (XII) de la IMO [3]. Fija los siguientes límites de ruido para los espacios que nos interesan:

<b>Espacios de maquinaria (en dB(A))</b>	
Espacios de máquinas (con dotación permanente)	90
Espacios de máquinas (sin dotación permanente)	110
Cámaras de control de máquinas	75
<b>Espacios de gobierno dB(A)</b>	
Puente de navegación	65
<b>Espacios de alojamiento dB(A)</b>	
Camarotes	60

Figura 2. Límites de ruido recomendados por la resolución A.468 (XII)

El código es aplicable a los buques nuevos de arqueado bruto igual o superior a 1.600 GT. Los límites de ruido establecidos en el Código tienen por objeto asegurar que los trabajadores no quedarán expuestos a un nivel  $L_{Aeq}$  (24) superior a 80 dB(A).

En los espacios con un nivel superior a 85 dB(A), deben emplearse protectores auditivos. Para preservar los daños auditivos, establece límites de exposición al ruido, tanto en niveles como en tiempos. Este código está en vigor desde el año 1.981. El Comité de Seguridad Marítima, ha elaborado una modificación del mismo (MSC. 337(91)) [4], que entrará en vigor en Julio de 2.014. El nuevo código puede convertirse en obligatorio si se incluyen sus normas en el

Convenio de Seguridad para la Vida Humana en el Mar (SOLAS) [5]. En el Convenio SOLAS actual, sólo la regla 36 del Capítulo II-1, hace referencia al ruido a bordo.

Designación del local y de los espacios	Nuevo Código		Código Actual
	1600 - 10.000 GT	10.000 GT	
<b>Espacios de maquinaria (en dB(A))</b>			
Espacios de máquinas (con dotación permanente)			90
Espacios de máquinas (sin dotación permanente)			110
Espacios de máquinas	110	110	
Cámaras de control de máquinas	75	75	75
<b>Espacios de gobierno dB(A)</b>			
Puente de navegación y cuartos de derrota	65	65	65
<b>Espacios de alojamiento dB(A)</b>			
Camarotes y enfermerías	60	55	60

Figura 3. Comparativa entre límites de ruido recomendados por la resolución MSC.337 (91) y la resolución actual

En la resolución del Comité de Seguridad Marítima vemos que se ha eliminado la distinción entre espacios con dotación permanente y no permanente. Ahora, en los espacios de máquinas se considera un nivel máximo de 110 dB (A). Esto perjudica seriamente al personal que desarrolla su trabajo en estos espacios.

El espacio de trabajo con el nivel más bajo para el personal de máquinas, es la Cámara de Control, (que entendemos, debe ser obligatoria a partir de ahora en todos los buques de tonelaje superior a las 1600 GT, para no superar el límite de exposición de 80 dB(A)). En los espacios de gobierno tampoco se han modificado los límites y se mejora el nivel máximo en los espacios de acomodación de los buques de más de 10.000 GT, bajándose en 5 dB. Se establece un nuevo límite: “ningún miembro de la tripulación debe exponerse sin protección auditiva a valores de pico que excedan los 135 dB(C)”.

### 3.2. Reglas de las Sociedades de Clasificación

Tipo de espacio	Límite de ruido dB(A)		Límite de vibración mm/s ISO 6954:1984		Límite de vibración mm/s ISO 6954:2000	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Camarotes de pasaje superior	44	56	1.0	4.0	0.8	2.6
Camarote de pasaje estándar	45	60	1.5	4.5	1.2	3.2
Camarote Tripulación	50	60	2.5	5.5	2.2	3.5
Puente Gobierno	55	65	2.0	5.0	2.5	4.0
Sala de Máquinas	108	110	4.0	7.5	4.8	6.0
Espacios de Maquinaria atendida	85	90	2.5	7.0	2.8	6.0
Control Máquinas	69	80	2.5	6.0	3.2	6.0
Talleres	82	85	3.0	6.0	3.6	5.0

Figura 4. Resumen del rango de prescripciones de ruido y vibraciones para la “Comfort Class” de las diferentes Sociedades Clasificadoras. Columna mínimo: requerimiento más restrictivo de las correspondientes al grado 1 (el más exigente). Columna máximo: requerimiento menos restrictivo de las correspondiente al grado 3 (el menos exigente).

En la tabla anterior vemos un resumen comparativo de los requerimientos para ruido y vibraciones exigidos en las notaciones Comfort Class de las seis principales Sociedades de Clasificación: ABS (americana), BV(francesa), DNV (noruega), GL (alemana), LR (inglesa) y RINA (italiana). Los rangos están comprendidos entre el menor valor de la Clasificadora más exigente y el mayor valor de la Clasificadora menos exigente.

Si bien los requerimientos de las Clasificadoras en cuanto a vibraciones son bastante dispares (aunque inferiores al estándar ISO, que fija un límite máximo de 9 mm/s), se ponen bastante de acuerdo en los requerimientos de ruido. Como vemos, los límites más restrictivos de las Clasificadoras están por debajo de los límites fijados por la IMO entre 5 y 10 dB(A), y siguen distinguiendo entre espacios de maquinaria atendidos y no atendidos. Los límites más

permisivos son casi coincidentes con el estándar IMO, y en algún caso lo supera (control de máquinas).

3.3. Normativa Nacional.- La normativa actualmente en vigor es el R.D. 286/06 [6]. Esta norma es de aplicación para el personal a bordo de buques de navegación marítima de bandera española (sin distinción de dimensiones), a partir de febrero de 2.011.

Fija como valores límite de exposición:  $L_{Aeq,d} = 87$  dB(A) y  $L_{pico} = 140$  dB (C), respectivamente. Además para trabajadores que superen los 80 dB(A) o 135 dB(C), se realizarán controles médicos cada 5 años (audiometrías).

El límite es más alto que el de las normativas internacionales. Además, consideramos muy difícil su control en el ámbito del transporte marítimo y sobre todo en los buques de menor porte (como pesqueros y embarcaciones auxiliares de puerto).

En cuanto a los límites de ruido emitidos por buques en zonas portuarias, la directiva 2006/87/EC (por la que se establecen las prescripciones técnicas de las embarcaciones de navegación interior), suministra los siguientes: el ruido producido por un buque en navegación, no excederá de 75 dB(A) a una distancia de 25 metros desde el costado del buque, y el ruido generado por un buque parado no excederá de 65 dB(A) a igual distancia. Por tanto, fija límites para el ruido generado por los buques como fuente sonora: navegando en aguas interiores (cercanas a núcleos urbanos) y atracado en puerto. Se excluyen las operaciones de carga y descarga.

Para finalizar este apartado, el valor fijado por ICES (International Council for the Exploration of the Sea) Nº 209 (organismo no gubernamental), respecto al ruido radiado al mar, es de 132 dB(A) a 1 m del buque, (que corresponde a un valor equivalente de 105 dB(A) a una distancia de 20 metros del casco), ya que valores superiores tienen efectos sobre el comportamiento de la fauna marina.

#### 4. NIVELES REALES DE RUIDO A BORDO

Para la elaboración de las tablas de la figura 5, se han usado fundamentalmente mediciones realizadas por el Laboratorio de Acústica (L.A.V.) de la Universidad de Cádiz, sobre buques construidos en los Astilleros de la Bahía, en la última década. Los datos de niveles de presión sonora ponderados A de los distintos espacios se obtuvieron siguiendo la norma ISO 2923-1975 (E), (que regula la medición de ruido a bordo de los buques), y se han tratado con el programa estadístico SPSS, para obtener los parámetros descriptivos reflejados.

La primera tabla muestra buques de tipo Ro-Pax (mixtos de pasaje y carga rodada) de alrededor de 200 metros de eslora. La segunda tabla muestra a efectos comparativos con la primera: niveles de ruido de un buque de pasaje de menos de 150 m, niveles de buques de carga tipo petrolero de alrededor de 300 m, y valores de un buque de recreo de eslora inferior a 50 m. Los valores resaltados en amarillo reflejan la superación del límite IMO. Los valores medios en todos los buques están por debajo de este límite, salvo los espacios de trabajo de la c./399. No obstante, bastantes valores máximos sí superan el límite, lo que indica que un porcentaje de locales de cada uno de los grupos no cumplen la normativa. El grupo con más incumplimiento es el de los espacios de trabajo.

Si ahora consideramos la notación de las Clasificadoras, en el grado 3 (el más permisivo), los resultados serían muy similares a los descritos en el párrafo anterior, pero si consideramos el grado 1 (el más restrictivo), el incumplimiento (incluso en valores medios, que implica un porcentaje de incumplimiento, superior al 50 % de los espacios del grupo), afectaría sobre todo al control de máquinas, al puente de gobierno y a los espacios de trabajo

Construcciones (Valores Máximos y Valores Medios dB(A))													
Buques Ro – Pax (< 200 m)													
	78/79		80		81		86		Juan J. Sister		509/510		IMO
	Vmáx	Vmed	Vmáx	Vmed	Vmáx	Vmed	Vmáx	Vmed	Vmáx	Vmed	Vmáx	Vmed	
Sala de Máquinas	105.21	86.72	105.00	91.55	108.50	88.26	109.50	96.84	108.50	93.18	--	--	110
Control Máquinas	84.78	74.89	69.52	69.52	71.20	66.05	74.20	73.42	71.20	71.20	--	--	75
Puente de Gobierno	63.71	62.20	65.04	63.74	54.30	60.77	60.90	60.32	54.30	53.00	--	--	65
Camarotes	61.10	49.08	54.69	46.99	58.60	44.02	70.10	53.28	58.60	51.98	52.85	49.27	60
Áreas de recreo	--	--	61.16	53.44	79.10	54.52	70.50	56.66	79.10	56.32	--	--	65
Espacios Trabajo	85.86	79.58	84.72	76.18	92.40	75.90	89.70	70.90	92.40	80.99	--	--	85

Construcciones (Valores Máximos y Valores Medios dB(A))										
	Buque pasaje (< 150 m)		Buques de carga (< 300 m)				Yate (< 50 m)		Class	Class
	399		105		83/84/85		404		Grado 1	Grado 3
	Vmáx	Vmed	Vmáx	Vmed	Vmáx	Vmed	Vmáx	Vmed		
Sala de Máquinas	107.70	97.76	96.20	88.44	99.83	96.07	108	108.00	108	110
Control de Máquinas	--	--	68.40	67.05	71.60	71.58	--	--	69	80
Puente de Gobierno	64.30	64.30	59.40	59.20	64.25	62.70	53.20	53.20	55	65
Camarotes	50.50	47.82	53.20	48.25	54.22	49.80	58.40	53.41	45	60
Áreas de recreo	55.90	53.60	--	--	--	--	--	--	55	62
Espacios de Trabajo	90.00	86.76	79.60	79.60	80.22	79.72	--	--	82	85

Fig. 5 Valores máximos y medios en dB(A) de buques clasificados según tipo y dimensión principal, comparándolos con los requerimientos IMO y requerimientos "Comfort Class" de las principales Sociedades de Clasificación

Los requerimientos de las Sociedades de Clasificación son más exigentes en general, (salvo en su grado 3), que los requerimientos OMI, (que entendemos se trata de objetivos de mínimos), por lo que si el nivel medio medido a bordo, se acerca al valor límite OMI podemos considerar que el nivel de ruido es "mejorable", mientras que si el nivel medio está por debajo de 5 dB, respecto a dicho valor, podemos considerar que este nivel de ruido es "aceptable". Evidentemente valores que superen estos límites son totalmente inaceptables, y deben tomarse medidas correctoras.

Hay que resaltar que los buques que forman parte del estudio son buques de alto valor añadido, fabricados con niveles de calidad por encima de la media y son buques modernos. Por lo tanto, si consideramos los buques existentes en la flota mundial, con una edad media superior a 20 años, abanderados en países donde los requerimientos de ruido y vibraciones no son tan exigentes o que prácticamente ni se contemplan, y añadimos a este grupo los buques de dimensiones más reducidas (inferiores a las 1.600 GT) (donde los problemas de ruido se incrementan al disminuir la distancia entre el foco emisor y los receptores), podemos asegurar que los niveles de ruido, caso de ser medidos, presentarían resultados mucho peores a los reflejados en este apartado. Es decir, el cumplimiento estricto de los Requerimientos IMO (ruidos) e ISO (vibraciones), de los buques que integran la flota actual (independientemente del cumplimiento de algunos buques en particular) no es alcanzable a corto plazo.

## 5. CONCLUSIONES

Tras casi cuatro décadas de desarrollo normativo sobre ruido a bordo de buques, entendemos la salud auditiva de los trabajadores del mar insuficientemente protegida. No obstante, los buques clasificados con compañías pertenecientes a IACS, están en mejor situación, debido a

sus mayores requerimientos técnicos, que incluyen no sólo niveles límite de ruido y vibraciones, sino límites de aislamiento acústico y al ruido de impacto. Los requerimientos adicionales sobre ruido emitido al exterior de la Unión Europea, van a favorecer la disminución del ruido a bordo, y viceversa.

La mayoría de las normas contempladas en este estudio sólo tienen en cuenta niveles de presión sonora, sin ningún parámetro adicional, (espectro de ruido, componentes de baja frecuencia, componentes tonales o impulsivos, reverberación), que pueden reducir o aumentar la molestia del ruido, aun cuando existen criterios como el RC Mark II [7], empleado por ASRHAE [8] para espacios interiores. Tampoco se tienen en cuenta indicadores sobre la inteligibilidad de las comunicaciones, como el índice S.I.L [9].

La realización de estudios de Predicción de Ruidos y de Vibraciones en etapas de diseño, permitiría detectar puntos de conflicto y corregirlos. La resolución MSC.337 (91) establece que habrá que realizar un informe previo de ruido al iniciar la construcción, y ya algunos astilleros lo están llevando a la práctica, para detectar puntos conflictivos antes de que se haya efectuado su instalación. Por otro lado, además de medir niveles de ruido y vibraciones al finalizar la construcción, sería conveniente comprobarlos también periódicamente (por ejemplo en los reconocimientos especiales que se realizan cada cinco años).

Las diferencias de criterios dejan latente la insuficiente coordinación entre constructores, armadores y suministradores de equipos para cumplir con la normativa cada vez más exigente de contaminación acústica.

Los requerimientos IMO relativos al empleo y señalización del uso de protección auditiva podrían incluirse entre los procedimientos operacionales del código ISM de gestión de la seguridad de los buques mercantes, lo que llevaría a una mayor concienciación por parte de las tripulaciones, y a un control efectivo por parte de las administraciones marítimas, al realizar las auditorías.

No se potencia la información derivada del Mantenimiento Predictivo (en los buques en los que se emplea) para mejorar los índices de ruido y vibración a bordo.

Los proyectos promocionados por la UE pretenden compatibilizar los tres aspectos medioambientales: eficiencia energética, emisiones de gases y emisiones de ruidos. El objetivo final, es conseguir disminuir la contaminación acústica a bordo y en los puertos, minimizando el número de personas expuestas a unos niveles no deseados de ruido.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Machinery and Vibration. Measurement and Analysis. Victor Wowk. Mc GrawHill 1991.
- [2] MAN diesel (2002) "Diesel Engines and the Environment-Noise". [www.manbw.com](http://www.manbw.com).
- [3] Niveles de ruido a bordo de los buques: Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques. Resolución A.468 (XII). OMI.
- [4] Resolución MSC.337(91). Adopción del código sobre niveles de ruido a bordo de los buques. Anexo 1 (adoptado en Noviembre de 2.012).
- [5] Convenio SOLAS. Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar.
- [6] R. D. 286/2006 de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- [7] Blazier W.E (1997). "RC Mark II: A Refined Procedure for Rating the Noise of Heating, Ventilating and Air-conditioning Systems in Buildings" J. Noise Control Engineering.
- [8] ASHRAE. 2007 ASHRAE Handbook: HVAC Applications.
- [9] UNE-EN ISO 9921:2004 "Evaluación de la comunicación verbal.
- [10] Directiva 2002/44/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones).