



Universidad de Oviedo

ESCUELA SUPERIOR DE LA MARINA CIVIL DE GIJÓN

Trabajo Fin de Máster

Exposición al ruido en buques mercantes:
influencia en las tripulaciones y técnicas de
mitigación.

Para acceder al Título de Máster Universitario en

TECNOLOGÍAS MARINAS Y MANTENIMIENTO

Autora: Claudia Ruiz Sánchez
Tutor: Luis Alfonso Díaz Secades

Julio – 2024

Resumen

La seguridad y la salud laboral son factores fundamentales que determinan el entorno de trabajo, especialmente en los profesionales del sector marítimo. El bienestar de los trabajadores es crucial, ya que impacta directamente en la productividad de las organizaciones. Entre otros aspectos, las condiciones ambientales dentro de los buques, como el ruido y la temperatura, influyen en las tripulaciones, facilitando o dificultando su vida a bordo.

Este estudio investiga los efectos de la exposición al ruido en las tripulaciones. En primer lugar, se exploran los fundamentos del ruido, incluyendo su naturaleza física, su medición y su propagación en entornos confinados, como los distintos espacios del buque. A continuación, se examinan los efectos de la exposición al ruido en los marinos, destacando tanto las consecuencias agudas a corto plazo como los problemas de salud a largo plazo, tales como enfermedades cardiovasculares o pérdida de audición permanente.

En el ámbito constructivo, se revisan diversas medidas utilizadas para mitigar el ruido a bordo, tales como la instalación de materiales de aislamiento acústico, el uso de silenciadores en varios equipos presentes en las salas de máquinas y el diseño adecuado de los espacios de trabajo y descanso. Finalmente, se presenta un caso práctico que consiste en un estudio de un buque real, donde se realizaron mediciones exhaustivas del ruido en diferentes áreas del buque, tanto en espacios de trabajo como de descanso. Esto es relevante, ya que es habitual que el nivel de ruido general del buque supere los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud para un correcto descanso.

Los resultados obtenidos de este estudio de caso destacan la importancia de realizar evaluaciones de ruido en todos los espacios del buque y subrayan la necesidad de implementar medidas efectivas de mitigación del ruido para mejorar la calidad de vida de la tripulación.

Abstract

Occupational safety and health are fundamental factors that determine the work environment, especially for professionals in the maritime sector. The well-being of workers is crucial as it directly impacts the productivity of organizations. Among other aspects, environmental conditions within ships, like noise and temperature, influence crews, either facilitating or hindering their life on board.

This study investigates the effects of noise exposure on crews. First, fundamentals of noise are explored, including its physical nature, how it is measured, and how it propagates in confined environments like the various spaces within a ship. Next, the effects of noise exposure on seafarers are examined, highlighting both the acute short-term consequences and the long-term health problems, such as cardiovascular diseases or permanent hearing loss.

In the constructive realm, various measures used to mitigate noise on board are reviewed, such as the installation of acoustic insulation materials, the use of silencers on various equipment in engine rooms, and the proper design of work and rest areas. Finally, a practical case is presented, consisting of a study of a real ship, where exhaustive noise measurements were conducted in different areas of the ship, including both work and rest spaces. This is relevant as it is common for the overall noise level on the ship to exceed the levels recommended by the World Health Organization for proper rest.

The results obtained from this case study highlight the importance of conducting noise evaluations in all areas of the ship and underscore the need to implement effective noise mitigation measures to improve the crew's quality of life.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	8
2. FUNDAMENTOS DEL RUIDO	10
2.1. AMPLITUD DE ONDA	10
2.2. FRECUENCIA Y PERIODO DE LA ONDA	10
2.3. EL CAMPO SONORO	11
2.4. EL OÍDO HUMANO: ESPECTRO AUDIBLE	13
2.5. TIPOS DE RUIDO.....	17
2.6. PONDERACIONES FISIOLÓGICAS	20
2.6.1. Ponderación frecuencial	20
2.6.2. Ponderación temporal.....	23
2.6.3. Parámetros acústicos más utilizados en mediciones.....	24
2.7. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: EL SONÓMETRO	28
2.7.1. Calibración de sonómetros.....	31
2.8. Puntos de medición en buques	31
3. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO EN LA GENTE DE MAR	34
3.1. INTRODUCCIÓN	34
3.2. Certificado médico de embarque marítimo (ISM)	34
3.2.1. Examen otológico	37
3.3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN AL RUIDO EN BUQUES	41
3.4. Exposición de la gente de mar a niveles de ruido elevados	43
3.5. Efectos de la exposición al ruido en la gente de mar.....	44
3.5.1. Pérdida de audición permanente	45
3.5.2. Pérdida de audición temporal y tinnitus	46
3.5.3. Fatiga auditiva.....	48
3.5.4. Alteraciones del sueño.....	48
3.5.5. Estrés y malestar psicológico	49
3.5.6. Problemas cardiovasculares.....	50
3.5.7. Problemas gastrointestinales.....	50
3.6. IMPACTO EN LA COMUNICACIÓN	51
4. MEDIDAS PARA REDUCIR EL RUIDO A BORDO	53
4.1. REDUCCIÓN DE RUIDO EN LA FUENTE	53
4.1.1. Sistemas anti – vibrantes.....	54

4.1.2.	<i>Alineación y balances de equipos</i>	57
4.1.3.	<i>Utilización de silenciadores</i>	57
4.1.4.	<i>Mantenimiento preventivo</i>	59
4.2.	CUBIERTAS Y CARCASAS INSONORIZADAS.....	60
4.3.	DISMINUCIÓN DEL NIVEL DE RUIDO EN EL MEDIO DE TRANSMISIÓN.....	60
4.3.1.	<i>Nivel de absorción de un material</i>	62
4.4.	PROTECCIÓN SOBRE EL TRABAJADOR.....	64
4.4.1.	<i>Tapones</i>	65
4.4.2.	<i>Orejeras</i>	67
4.4.3.	<i>Protectores no pasivos y tapones a medida</i>	68
5.	CASO PRÁCTICO	72
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	72
5.2.	CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE.....	74
5.3.	AISLAMIENTO ACÚSTICO UTILIZADO EN EL BUQUE.....	76
5.4.	MEJORAS VOLUNTARIAS EN LA PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO.....	77
5.5.	CONDICIONES DE MEDICIÓN.....	81
5.5.1.	<i>Condiciones de operación</i>	82
5.5.2.	<i>Equipo de medición</i>	82
5.6.	MEDICIONES DE RUIDO.....	83
5.7.	DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE EXPOSICIÓN AL RUIDO CALCULADOS.....	89
6.	CONCLUSIONES	94
7.	BIBLIOGRAFÍA	97

Índice de figuras

Figura 1. Amplitud de una onda.	10
Figura 2. Periodo de una onda.....	11
Figura 3. Campo directo y campo reverberante.	12
Figura 4. Campo sonoro en función de la distancia entre la fuente y el receptor.....	12
Figura 5. Partes del oído.....	13
Figura 6. Frecuencias de las notas de la cuarta banda de octava.....	14
Figura 7. Ruido continuo.....	17
Figura 8. Ruido fluctuante.....	17
Figura 9. Ruido transitorio.....	18
Figura 10. Ruido de impulso o impacto.....	18
Figura 11. Distribución de la presión acústica por la frecuencia de los ruidos blanco, rosa, rojo, azul y violeta).....	19
Figura 12. Atenuación de las ponderaciones A y C.....	20
Figura 13. Ponderación B respecto a las ponderaciones A y C.....	21
Figura 14. Atenuación de la ponderación D	22
Figura 15. Ponderación Z respecto a las ponderaciones A y C.....	22
Figura 16. Comportamiento de la configuración "slow" y "fast" para un sonido repentino	23
Figura 17. Comportamiento de la configuración "impulse" para un sonido repentino	24
Figura 18. Representación del L_{Amax} ("fast") y el L_{pico} de una onda.....	26
Figura 19. Partes de un sonómetro.....	29
Figura 20. Dosímetro	29
Figura 21. Anverso de Certificado médico de aptitud para embarque.....	35
Figura 22. Reverso de Certificado médico de aptitud para embarque.....	36
Figura 23. Otoscopio.....	38
Figura 24. Audiómetro	39
Figura 25. Resultados de audiometría.	40
Figura 26. Interpretaciones de los resultados de audiometría.	40
Figura 27. Zonas de exposición diaria y ocasional al ruido a un nivel admisible	44
Figura 28. Pérdida de umbral auditivo por la exposición al ruido.	46
Figura 29. Umbrales auditivos promedio de pacientes con tinnitus con y sin discapacidad auditiva y de individuos con audición normal.	47
Figura 30. Sistema anti-vibrante de caucho	55
Figura 31. Sistema anti-vibrante de resorte	55
Figura 32. Amortiguador de fluido viscoso	56

Figura 33. Base de inercia para soporte de equipos mecánicos	56
Figura 34. Alineación correcta de ejes	57
Figura 35. Silenciadores acústicos.....	58
Figura 36. Panel de lana de roca	61
Figura 37. Tapones de goma	65
Figura 38. Tapones de cera	65
Figura 39. Protectores auditivos tipo orejeras	67
Figura 40. Tapones auditivos moldeados a medida	69
Figura 41. Programa de pruebas de mar del buque.....	73
Figura 42. Tripulación realizando mediciones de niveles de ruido.	74
Figura 43. Aislante acústico SeaRox SL 320	76
Figura 44. Señales de aviso en entradas de lugares con alto nivel de ruido	81
Figura 45. Sonómetro Norsonic Nor140.....	83
Figura 46. Calibrador Brül y Kjær Norsonic 423046.	83

Índice de tablas

Tabla 1. Expresiones de niveles de presión acústica (dB).	24
Tabla 2. Expresiones de niveles máximo de presión acústica (dB).	25
Tabla 3. Límites de nivel de ruido en buques de acuerdo con la Resolución MSC.337 (91).	42
Tabla 4. Umbrales auditivos promedio de pacientes con tinnitus con y sin discapacidad auditiva y de individuos con audición normal.	47
Tabla 5. Clasificación y calificación del rendimiento de absorción acústica de materiales ...	63
Tabla 6. Coeficiente de absorción de la lana de vidrio	64
Tabla 7. Factor de protección adecuado (SNR)	64
Tabla 8. Niveles de atenuación de los tapones de goma 3M™ E-A-R™ Classic™	66
Tabla 9. Niveles de atenuación de las orejeras modelo 3M™ PELTOR™ Optime™ III	67
Tabla 10. Niveles de atenuación de los tapones a medida modelo Cotral Qeos Orange	69
Tabla 11. Características generales del buque.	75
Tabla 12. Propiedades, rendimientos y normas correspondientes al aislante SeaRox SL 320	77
Tabla 13. Límites de nivel de ruido según el Código de Ruido de la IMO Resolución MSC.337 (91) y la Clase de Comfort (V – 2).....	79
Tabla 14. Señalización de entrada en espacios con alto nivel de ruido.....	80
Tabla 15. Condiciones del buque para la toma de mediciones de ruido.....	82
Tabla 16. Resultados de medición de ruido durante el tránsito y la condición DP hacia estribor [dB (A)].	84
Tabla 17. Resultados de medición de ruido durante la condición de DP hacia el lado de babor [dB (A)].	87
Tabla 18. Niveles de ruido LCeq y LCpico medidos en áreas con LAeq por encima de 85 dB (A).....	88
Tabla 19. Medidas de niveles excesivos de ruido en condición de propulsión [dB (A)].	89
Tabla 20. Nivel de exposición al ruido para un alumno de máquinas. Resultados.	91
Tabla 21. Nivel de exposición al ruido para un alumno de puente. Resultados.	92

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1

1. Introducción

La seguridad y la salud laboral son dos factores fundamentales que condicionan el entorno de trabajo, siendo claves para el bienestar tanto de los trabajadores como de la productividad de las organizaciones. La implementación de normativas legales vigentes en las empresas ayuda a prevenir accidentes y enfermedades laborales, contribuyendo a crear un entorno laboral productivo y sostenible y, en especial, cuidando la salud física y mental de las personas. A lo largo de la historia, la seguridad y salud laboral han sido procesos marcados por eventos clave, como movimientos sociales y avances tecnológicos que han influido en las percepciones y prácticas laborales, y en los derechos de los trabajadores.

En el ámbito marítimo, antiguamente la seguridad de las actividades marítimas residía en una preocupación local y tradicional, legando los conocimientos de generación en generación y confiando en la experiencia de las tripulaciones. Al haber diferentes prácticas entre regiones, existían tareas que no estaban estandarizadas y eran frecuente causa de accidentes. La evolución tecnológica fue uno de los factores que impulsaron la seguridad en la mar. Los accidentes se estudiaron y se adquirió un aprendizaje, hubo una introducción paulatina de sistemas y equipos de seguridad a bordo que se ha seguido perfeccionando a medida que aparecen avances tecnológicos. La necesidad de establecer un marco regulatorio común en el sector marítimo propició la creación de regulaciones y convenios internacionales.

Con intención de mejorar las condiciones de corte inhumano y los mínimos derechos laborales que tenían los trabajadores en la época posterior a la Primera Guerra Mundial, se crea la Organización Internacional de Trabajo (ILO, por sus siglas en inglés: International Labour Organization) en 1919. Durante el primer año de vida, entre 1919 y 1920, se establecieron nueve convenios y 10 recomendaciones, en los cuales ya figura la limitación de ocho horas de trabajo diarias y 48 horas de trabajo semanales, el derecho a un descanso de al menos 24 horas consecutivas en cada período de siete días y las vacaciones con sueldo (Internacional y Trabajo, 2021), («Report form for the General Survey on instruments concerning working time», 2016).

Aunque estos convenios buscaban la universalidad de los derechos de los trabajadores, tal y como se especificaba en el Tratado de Paz de Versalles, estos convenios de la ILO sobre el tiempo de trabajo excluían explícitamente al transporte marítimo, la pesca y la agricultura. En 1920 se establecieron cinco argumentos por los que se explicaban que las condiciones de los trabajadores del mar y las cuestiones referentes a la industria mercantil deberían ser tratadas en sesiones especiales, compuestas únicamente por países y organizaciones realmente preocupadas por estas cuestiones marítimas («Cooper», 2023). Estos cinco argumentos fueron los siguientes:

- La naturaleza internacional del transporte marítimo: los barcos no están anclados a un solo territorio, sino que los trabajadores del mar están expuestos a las diferencias entre países de las competencias globales.
- Los barcos realizan sus operaciones más allá del control nacional: lo que implica que los trabajadores del mar no pueden estar protegidos por los estándares nacionales o sus mecanismos de control.
- Los trabajadores del mar son asalariados en relación con los mercados laborales internacionales.
- El sector marítimo y algunas de sus relaciones sociales se regían por reglas comunes y tradicionales.
- El sistema de trabajo se había vuelto casi militarizado e imponían sanciones no equivalentes a tierra. («Baumler», 2020)

En la segunda Conferencia Internacional del Trabajo celebrada en Génova en 1920 e impulsada tras el primer Convenio de la ILO, se estableció el “Proyecto de Convenio que limita las horas de trabajo a bordo de los buques” en el que se fijaron los siguientes artículos:

- Artículo 1: Las jornadas laborales serán de ocho horas y la semana laboral de 48 horas.
- Artículo 2: El empleo en el mar se organizará en al menos tres guardias, para buques de 2.500 toneladas o más. Además, se prohíbe el sistema de dos guardias (seis horas de trabajo / seis horas de descanso).
- Artículo 3: Para buques más pequeños, de entre 700 y 2.500 toneladas, el tiempo de trabajo no debe exceder las 12 horas diarias. («Baumler», 2020)

Pese a la predisposición de llevar a cabo este proyecto hacia delante, las horas de trabajo en los buques se vieron directamente afectadas por la depresión de la post guerra, por lo que la opción de adaptarse a los estándares de las jornadas laborales establecidas en 1919 para los trabajadores desapareció («Fayle», 2005). Debido a esta paralización, sindicatos de trabajadores del mar y otras agrupaciones relacionadas con derechos laborales respondieron con discursos sociales y medios para reiniciar los debates durante la Comisión Marítima Conjunta de 1929 sobre las horas de trabajo de los trabajadores de mar, lo que impulsó a crear un nuevo proyecto de convenio, el cual no se adapta hasta 1936 como “Convenio sobre las horas de trabajo y dotación (marítima)” (C057) («C057 - Convenio sobre las horas de trabajo a bordo y la dotación, 1936 (núm. 57)», 2024). En este primer convenio se dividieron cinco partes y 29 artículos, destacando:

Parte 2: Horas de trabajo.

- Las horas de trabajo de la gente de mar no deben ser superior a ocho horas diarias ni las 48 o 56 horas semanales, dependiendo del tonelaje buque (más de 700 toneladas o más de 2.000 toneladas de registro bruto (GT, por sus siglas en inglés: Gross Tonnage), del número de tripulación a bordo y del departamento al que corresponda el trabajador.
- Se podrá exigir al personal, oficiales de puente y máquinas (incluidos aprendices y alumnos) que se sobrepase el límite de horas diarias si no se superan las 12 horas, este tiempo extra se considera extraordinario y compensado.

Parte 3: Dotación.

- En buques con un tonelaje desde 700 hasta 2.500 GT deberá haber, al menos, un capitán, dos oficiales de puente diplomados, tres oficiales de máquinas diplomados, seis tripulantes de personal de puente, de los cuales cuatro deberán ser mayores de 18 años y haber navegado un mínimo de tres años en el servicio de puente o estar en posesión de un certificado con su aptitud profesional para el puesto.
- En buques con un tonelaje de 2.500 GT o superior, deberá haber, al menos, un capitán, tres oficiales de puente diplomados, tres oficiales de máquinas diplomados, nueve tripulantes de personal de puente, cinco de ellas mayores de 18 años y haber navegado un mínimo de tres años en el servicio de puente o en posesión de un certificado con su aptitud profesional para dicho puesto. («Convenio C057 - Convenio sobre las horas de trabajo a bordo y la dotación, 1936 (núm. 57)», 2024).

Entre 1946 y 1958 hubo otra ola de intentos de adoptar nuevos convenios para los trabajadores de mar, como los C76, C93 y C109 en los que se adoptaban nuevas disposiciones en relación con las horas de trabajo permitiendo una flexibilidad mejorada, una inclusión salarial por las horas de trabajo extraordinarias y una modificación en el número mínimo de tripulación a bordo. Ninguno de estos convenios entró en vigor («Convention C109 - Wages, Hours of Work and Manning (Sea) Convention (Revised) », 1958).

En este periodo también se crearon dos proyectos de convenios relacionados con el pago de las vacaciones (C72-1946 y C91-1949), en el que se otorgaban mínimo 18 días a los oficiales después de 12 meses de servicio, y un mínimo de 12 días para los tripulantes. No es hasta 1973 que el convenio C91 entra en vigor como “Convenio sobre las vacaciones pagadas de la gente de mar” («Instrumentos relativos al derecho a vacaciones (gente de mar)-Cronología», 2024).

A raíz de la catástrofe del Titanic de 1914 y la necesidad de establecer medidas que garantizaran la seguridad de la vida en los buques, se creó la primera versión del Convenio

Internacional para la Seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS, por sus siglas en inglés: Safety Of Life At Sea). En 1929 se crea la segunda versión, más tarde en 1948 una tercera y, finalmente en 1960 la cuarta. En 1974, se establece que entrarán en vigor nuevas enmiendas en fechas determinadas, a no ser que un número determinado de Partes, de Estados Miembros, que han ratificado el convenio objeten. Por ello, esta versión se conoce como “Convenio SOLAS 74 enmendado” («Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974 (Convenio SOLAS)» 1974).

En 1948, en una conferencia de las Naciones Unidas celebrada en Ginebra, se implanta la Organización Marítima Internacional (IMO, por sus siglas en inglés: International Maritime Organization), que no entraría en vigor hasta 1958 («Breve reseña histórica de la OMI», 2024), («Convention on the International Maritime Organization (IMO) - The Faculty of Law», 1958). Así se empiezan a crear tratados internacionales, en los que se vela por la seguridad humana, se mejora la tecnología a bordo, se crean normas para la construcción de buques que cargan mercancías peligrosas y su transporte, se busca la reducción de emisiones contaminantes, etc.

En 1978 la IMO crea el Convenio Internacional para la Formación, Titulación y Guardia para la gente de mar (STCW – 78 por sus siglas en inglés: International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978). Este convenio entra en vigor en 1984 y se enmienda en 1995 (STCW – 95) y 2010 (STCW – 10) («Convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente de mar», 1978). En él se establecen unas normas mínimas para la formación y titulación de los marinos, ya que anterior a ellas, cada gobierno establecía sus propias normas, siendo muy dispares unos entre otros y finalmente, unos estándares de horas de trabajo y descanso para la gente de mar:

- Estándares diarios: mínimo de 10 horas de descanso en todo período de 24 horas, por lo que se permiten 14 horas de trabajo diario sin interrupción (por encima de la jornada laboral de ocho horas y máximo de 12 horas adoptadas por la ILO).
- Periodo de descanso: el descanso no puede dividirse en más de dos periodos, teniendo uno de ellos un mínimo de seis horas consecutivas. Esta disposición se diseñó para acomodar el sistema de guardia de dos oficiales.
- Estándares semanales: mínimo 77 horas de descanso en siete días, por lo que se permiten las 91 horas de trabajo semanales con posibilidad de excepciones a estas horas de descanso, siempre que el descanso no sea menor a 70 horas en siete días, lo que permite hasta 98 horas de trabajo semanales y unas 14 horas de trabajo consecuentes diarias sin días libres.

En abril de 2022 el subcomité de Elemento Humano, Formación y Guardia (HTW, por sus siglas en inglés: Human Element, Training and Watchkeeping) y el apoyo de varios países presentaron formalmente ante el Comité de Seguridad Marítima (MSC, por sus siglas en inglés: Maritime Safety Committee) una revisión integral de la Convención y el Código STCW debido al cambio de la industria marítima en la actualidad, destacando el impulso hacia tecnologías que favorezcan la descarbonización, la digitalización, el uso de buques autónomos (MASS, por sus siglas en inglés: Maritime Autonomous Surface Ships), además de aspectos relacionados con el factor humano como son los accidentes a bordo, la calidad del período de formación a bordo y los casos de abuso y acoso (incluyendo el acoso sexual) («IMO to start comprehensive review of STCW Convention and Code», 2022). Teniendo en cuenta los factores anteriores, se espera que antes de 2027 se revisen las siguientes áreas relacionadas con el Elemento Humano («STCW under review: 22 key areas for consideration», 2023):

- Digitalización en la certificación de marinos, incluida la certificación electrónica;
- Tecnologías emergentes en educación y formación;
- Facilitación, flexibilidad y calidad de la formación práctica a bordo y en tierra, incluido el uso de simuladores;
- Flexibilidad y eficiencia en la implementación de nuevos requisitos de formación y reducción de cargas administrativas;
- Requisitos de tiempo de mar o experiencia práctica en relación con nuevas tecnologías;
- Acoso, incluido el acoso sexual, diversidad de género y sensibilización de género;
- Salud mental;
- Habilidades interpersonales;
- Armonizar disposiciones en la Convención y el Código STCW y abordar inconsistencias identificadas;
- Flexibilidad en la revalidación y renovación de certificados;
- Tomar en cuenta problemas basados en la experiencia, incluidas lecciones aprendidas durante la pandemia de COVID-19;
- Permitir el uso de documentación electrónica y reducir barreras para los marinos que ingresan y vuelven a ingresar a la industria;
- Revisar el capítulo VII de la Convención y el Código STCW para evaluar la efectividad de la certificación alternativa;
- Arreglos y principios de guardia (capítulo VIII);
- Asegurar la alineación con requisitos de otros instrumentos de la OMI;
- Conciencia de ciberseguridad;

- Abordar requisitos de formación obsoletos.

Debido a que muchos de los errores cometidos en la gestión de los buques tienen como causa principal el factor humano, en 1993 se aprueba el Código Internacional de Gestión de la Seguridad (ISM, por sus siglas en inglés: International Safety Management Code) el cual recoge como objetivos principales:

- Establecer prácticas de seguridad en las operaciones del buque y en el medio de trabajo.
- Tomar precauciones contra todos los riesgos señalados; y
- Mejorar continuamente los conocimientos prácticos del personal de tierra y de a bordo sobre gestión de la seguridad, así como el grado de preparación para hacer frente a situaciones de emergencia que afecten a la seguridad y al medio ambiente. («Código Internacional de Gestión de la Seguridad (ISM Code) | Mar y Gerencia», 2014).

Entre 1991 y 2001 la IMO empieza a integrar el concepto de la fatiga en las personas a bordo («OMI. Circular MSC.1-circ.1598 – Directrices sobre la fatiga», 2019). La fatiga, además de ser una amenaza para la seguridad del buque, también puede poner en peligro la salud física y mental de los trabajadores a bordo, repercutiendo tanto en el bienestar del individuo como de la industria. Así el Comité de Seguridad Marítima adopta la circular MSC/Circ.1014 titulada “Orientaciones acerca de la reducción y gestión de la fatiga” que incluían directrices que enumeran las consecuencias físicas derivadas la fatiga como el incremento en el riesgo de padecer dolor, estrés, obesidad, enfermedades coronarias, trastornos gastrointestinales y diabetes (Date y Search 2019). Además, dicha circular también tiene en cuenta las consecuencias en la salud mental que puede ocasionar la fatiga, como cambio en el estado de ánimo o la depresión («IMO», 2001). En 2019 se enmienda la circular anterior con la Circular MSC/Circ.1598 con el título “Directrices sobre la fatiga” (Date y Search, 2019). Por desgracia, estas circulares solo contienen directrices informativas, no vinculantes.

El sector del transporte marítimo es uno de los sistemas más significativos en el ámbito comercial, puesto que más del 80 % de las mercancías se realiza por vía marítima («Review of Maritime Transport 2010 | UNCTAD», 2010), empleando para ello alrededor de 1,9 millones de personas («Shipping and World Trade: Global Supply and Demand for Seafarers | International Chamber of Shipping», 2024). Desde sus inicios, la ILO ha adoptado más de 70 instrumentos (41 convenios y recomendaciones anexas a ellos), con el objetivo de amparar a la gente de mar («Gente de mar», 2021). Uno de los más relevantes actualmente es el Convenio sobre el trabajo marítimo de 2006 (MLC, por sus siglas en inglés: Maritime Labour

Convention) compuesto por cinco títulos donde se refunden 37 de los anteriores convenios y sus correspondientes recomendaciones:

- Título 1: Requisitos mínimos para trabajar a bordo de buques.
 - o Edad mínima;
 - o Certificado médico;
 - o Formación y calificaciones; y
 - o Contratación y colocación.
- Título 2: Condiciones de empleo.
 - o Acuerdos de empleo de la gente de mar;
 - o Salarios;
 - o Horas de trabajo y de descanso;
 - o Derecho a vacaciones;
 - o Repatriación;
 - o Indemnización de la gente de mar en caso de pérdida del buque o de naufragio;
 - o Niveles de dotación; y
 - o Progresión profesional y desarrollo de las aptitudes y oportunidades de empleo de la gente de mar.
- Título 3: Alojamiento, instalaciones de esparcimiento, alimentación y servicio de fonda.
 - o Alojamiento y servicios de esparcimiento; y
 - o Alimentación y servicio de fonda.
- Título 4: Protección de la salud, atención médica, bienestar y protección social.
 - o Atención médica a bordo de buques y en tierra;
 - o Responsabilidad del armador;
 - o Protección de la seguridad y la salud y prevención de accidentes;
 - o Acceso a instalaciones de bienestar en tierra; y
 - o Seguridad social.
- Título 5: Cumplimiento y control de la aplicación.
 - o Responsabilidades del Estado del Pabellón;
 - o Responsabilidades del Estado rector del puerto; y
 - o Responsabilidades en relación con el suministro de mano de obra.

(«Conferencia Internacional de Trabajo», 2006).

Objetivos

El objetivo general de este trabajo es investigar el efecto de la exposición al ruido en la gente de mar, identificando y analizando las fuentes de ruido a bordo.

Lo anterior tiene una importancia relevante en el contexto científico y técnico, debido a la necesidad de mejorar las condiciones de trabajo y salud de los trabajadores del mar. Para alcanzar este objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Estudio del impacto en la exposición al ruido de los trabajadores del mar y análisis de los efectos que dicha exposición provoca en su salud y en la seguridad del buque.
- Evaluación de un caso de estudio sobre los niveles de ruido de un buque de última generación.
- Análisis de la exposición al ruido de los trabajadores del buque caso de estudio.

Capítulo 2

FUNDAMENTOS DEL RUIDO

2

2. Fundamentos del ruido

Para entender el concepto del ruido y los efectos perjudiciales que ocasionan a la gente de mar su exposición, hay que entender antes algunas nociones sobre la amplitud de onda, frecuencia y periodo, así como la escala de medida del ruido, los diferentes tipos y el concepto de campo sonoro.

2.1. Amplitud de onda

La amplitud de onda es el máximo desplazamiento que presenta una onda desde su posición de equilibrio, definida por "A" en la Figura 1 («Amplitud de onda: qué es, características, descripción, ejercicio resuelto», 2024).

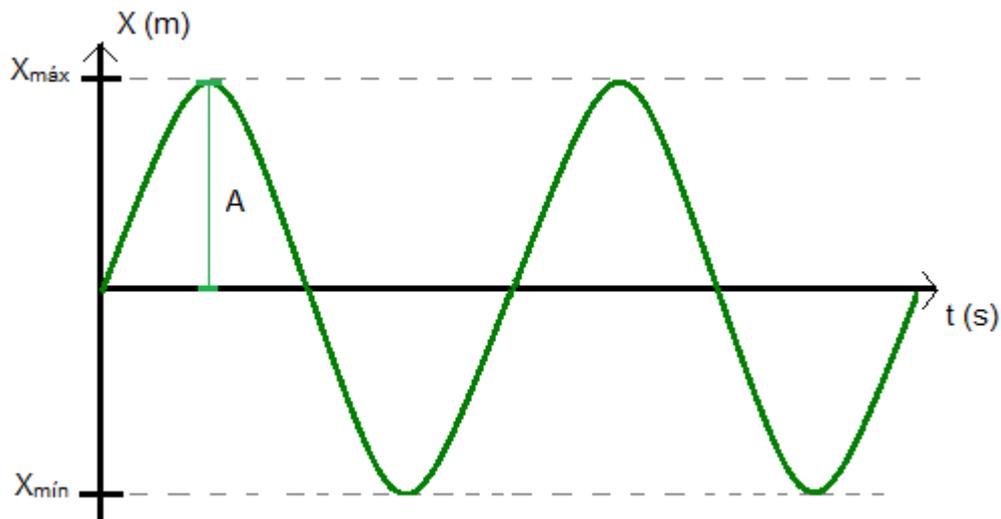


Figura 1. Amplitud de una onda.

2.2. Frecuencia y periodo de la onda

La frecuencia (f) de una onda es una magnitud medida en hercios (Hz, o también s^{-1}) que indica el número de oscilaciones que realiza una onda por unidad de tiempo. Por tanto, la frecuencia de una onda es el número de veces que ésta completa un ciclo por la unidad de tiempo. Por ejemplo, si una onda se repite tres veces en un segundo, dicha onda tendrá una frecuencia de 3 Hz. Mediante la frecuencia podemos distinguir si los sonidos son más agudos (frecuencias altas) o más graves (frecuencias bajas).

El periodo (T) de una onda es el tiempo que transcurre la onda en realizar un ciclo completo (Figura 2). El periodo es la inversa de la frecuencia, expresándose como se muestra en la Ecuación 1:

$$T = \frac{1}{f} \text{ (s)} \quad (1)$$

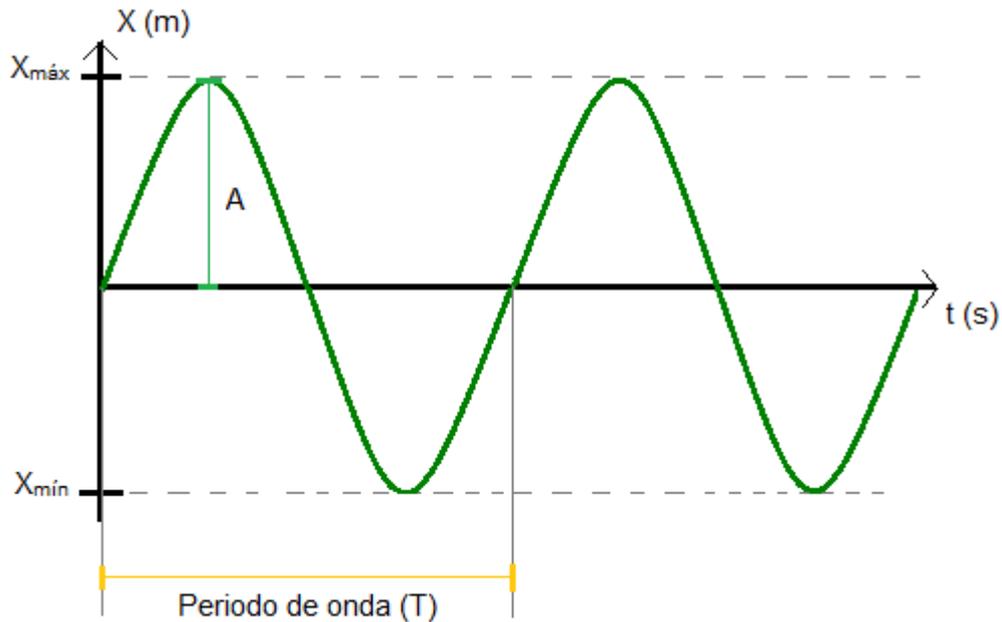


Figura 2. Periodo de una onda.

2.3. El campo sonoro

El campo sonoro de un recinto se determina por el valor de la presión sonora que se presenta en cada punto de ese espacio. Se constituye por la suma de dos componentes (Figura 3): del campo directo, siendo éste la parte del sonido que se emite directo de la fuente de sonido y que no presenta aún reflexiones de sonido, y del campo reverberante que, al contrario, es la parte del sonido que ya presenta al menos una reflexión («Campo Sonoro Directo y Reverberante», 2020).

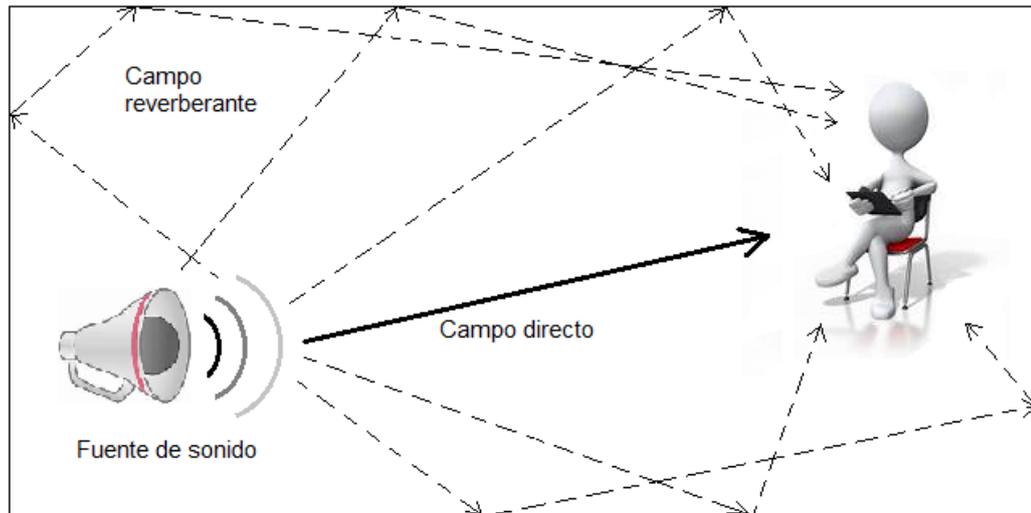


Figura 3. Campo directo y campo reverberante.

Además del campo directo y el campo reverberante, hay que tener en cuenta la distancia crítica (Figura 4), que es el punto en el que el nivel de presión del campo directo coincide con el del campo reverberante.

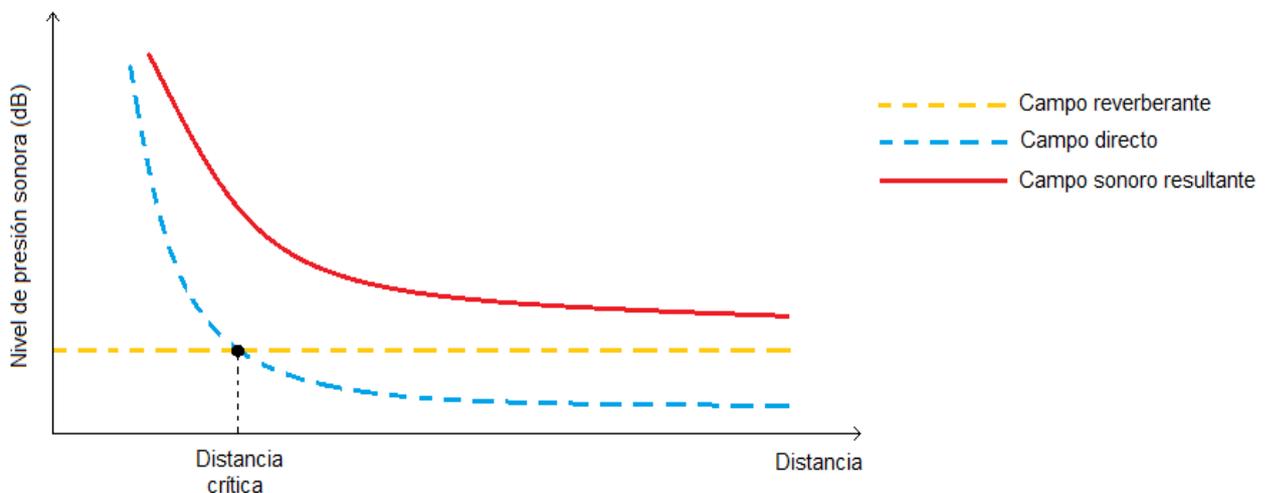


Figura 4. Campo sonoro en función de la distancia entre la fuente y el receptor (« Acústica - eMe», 2020).

En lugares con atención al público o donde se pretende disminuir la reverberación de ruido, es decir, aumentar la distancia crítica, se colocan paredes o estructuras de materiales con capacidad de absorción del ruido, como por ejemplo espumas acústicas cuadradas, paneles de fibra de vidrio o espumas acústicas hexagonales de alta densidad, entre otros («¿Qué es la distancia crítica en acústica?», 2023).

2.4. El oído humano: espectro audible

El oído (Figura 5) es el aparato de audición que contiene órganos sensoriales que cumplen dos funciones: la audición (o la conversión de ondas sonoras en impulsos electroquímicos) y el equilibrio postural, así como la coordinación de los movimientos de la cabeza y los ojos. El correcto funcionamiento del oído es, por tanto, fundamental para las tripulaciones debido al constante movimiento no uniforme del buque en navegación. Anatómicamente, el oído tiene tres partes distinguibles: el oído externo, medio e interno.

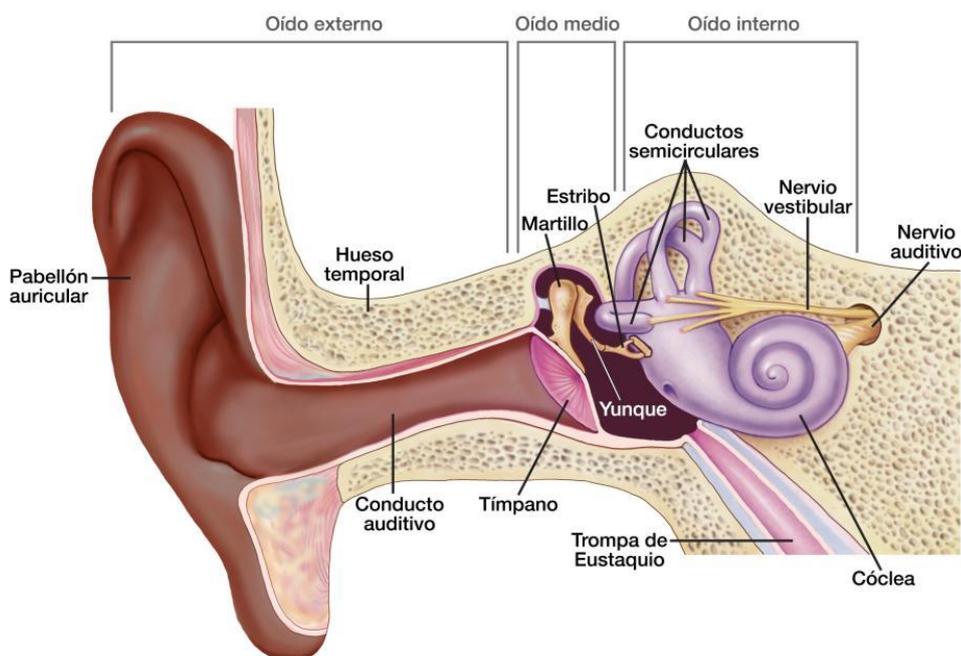


Figura 5. Partes del oído («Pérdida de audición inducida por el ruido | NIDCD», 2022.).

El oído externo es la parte visible llamada aurícula o pabellón auricular (comúnmente, oreja), que se proyecta desde el lado de la cabeza, y el corto conducto auditivo externo, cuyo extremo interno está cerrado por el tímpano. Su función principal es recoger las ondas sonoras y guiarlas hacia la membrana timpánica (tímpano).

El oído medio es una cavidad estrecha llena de aire en el hueso temporal a la que le atraviesa una cadena formada por tres diminutos huesos: el martillo, el yunque y el estribo, conocidos colectivamente como osículos auditivos. La función principal de esta cadena osicular es conducir el sonido desde el tímpano hasta el oído interno. Es un sistema complejo de conductos y cavidades llenos de líquido ubicados dentro de la parte petrosa del hueso temporal, que es extremadamente duro.

El oído interno consta de dos unidades funcionales: el aparato vestibular, que comprende el vestíbulo y los conductos semicirculares, que contiene los órganos sensoriales del equilibrio postural; y la cóclea, con forma similar a una concha de caracol, que contiene el órgano sensorial de la audición. Estos órganos sensoriales son terminaciones del octavo nervio craneal, también llamado nervio vestibulococlear («Human ear - Anatomy, Hearing, Balance | Britannica», 2024).

El oído está directamente ligado con el daño causado por la exposición a ruidos, ya que si ésta es constante y/o prolongada y los niveles son elevados puede causar efectos perjudiciales tanto en la audición como en la salud física y mental.

El espectro audible, el rango de frecuencias que el oído humano percibe, se divide en bandas de octavas, divisiones del espectro en frecuencias audibles organizadas en intervalos de octava. Una octava es un intervalo musical que abarca el doble de frecuencia entre una nota y su octava por encima (Figura 6).

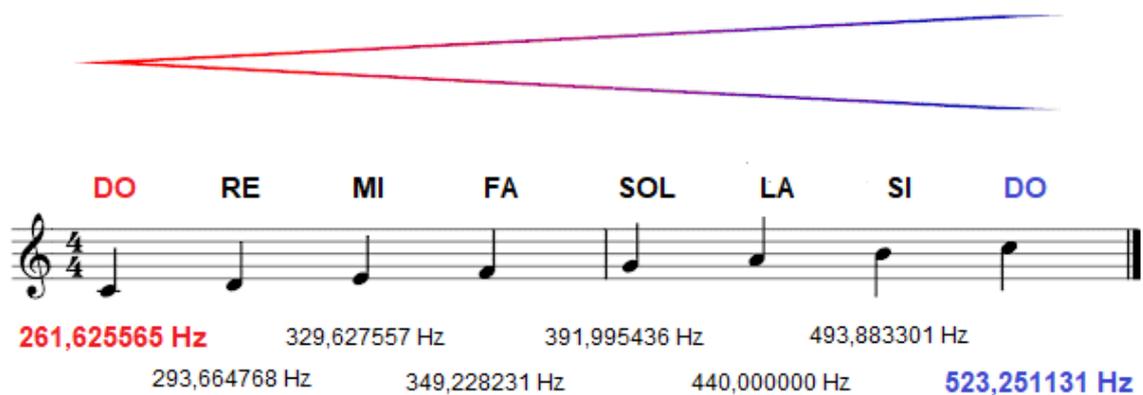


Figura 6. Frecuencias de las notas de la cuarta banda de octava («La octava musical», 2024).

Existe un método de descomposición espectral para dividir el espectro de frecuencias en bandas más estrechas y específicas, conocidos como tercios de octava, que divide cada octava en tres partes iguales. De esta manera se puede analizar con precisión el contenido espectral de una señal a través de un filtro de tercios de octava, pudiendo evaluar detalladamente cómo se distribuye la presión acústica en diferentes frecuencias.

Aunque el oído humano no funciona exactamente como un filtro de tercios de octava, existen varias similitudes:

- Resolución de frecuencia: los filtros de tercios de octava dividen el espectro de frecuencias en bandas más estrechas al igual que el oído humano tiene la capacidad

- de diferencias frecuencias, permitiendo una resolución más fina para identificar tonos dentro de un rango amplio de frecuencias.
- Discriminación de frecuencias cercanas: los filtros de tercios de octava diferencian entre las frecuencias cercanas, analizando el contenido espectral de una señal de ruido. El oído puede discriminar entre tonos de frecuencias cercanas, facilitando la percepción de matices en la música, el habla o el ruido.
 - Sensibilidad selectiva: los filtros de tercios de octava atenúan selectivamente ciertas bandas de frecuencia para la medición y el análisis precisos. El oído tiene una sensibilidad selectiva a diferentes frecuencias, siendo más o menos sensible a ciertos rangos de frecuencias dependiendo de la intensidad del sonido y de su frecuencia.
 - Procesamiento neural: los filtros de tercios de octava procesan señales acústicas de manera similar a cómo el cerebro humano procesa señales auditivas. Además, el sistema auditivo humano, a través del procesamiento neural del cerebro, interpreta las señales auditivas recibidas para así identificar los tonos, timbres y fuentes de sonido.

Como se ha comentado anteriormente, además de la frecuencia el oído humano diferencia la intensidad del sonido, siendo más sensible a las frecuencias altas que a las bajas. Por ejemplo, un sonido con una intensidad de 90 dB a 6.000 Hz será más dañino que un sonido de 90 dB a 2.000 Hz.

Se conoce a la presión acústica como las vibraciones que se producen en el aire por una onda sonora, su unidad en Sistema Internacional es el Pascal (Pa) y se describe como la variación existente entre la presión instantánea y la presión atmosférica estática (P_{atm}). Mediante la presión acústica podemos diferenciar los sonidos como más fuertes o débiles, por lo que se la relaciona con el concepto de volumen («Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo», 2022).

El oído humano tiene un rango audible, atendiendo a la intensidad, desde $2 \cdot 10^{-5}$ Pa hasta 200 Pa y, atendiendo a la frecuencia, entre los 20 Hz hasta los 20 kHz. Por debajo de este rango de frecuencias, se consideran infrasonidos, y por encima de éste, ultrasonidos («Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo», 2022), («Frecuencia de una onda», 2024). Teniendo en cuenta la dificultad de operar con las siete órdenes de magnitud en el rango de la intensidad y que el oído humano no percibe proporcionalmente el rango audible, se introduce el concepto “nivel de presión acústica (L_p)” que mediante la ecuación 2, convierten estos valores de escala lineal en una escala logarítmica.

$$L_p \text{ (dB)} = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad (2)$$

Donde: $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa («Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo», 2022) y; P = valor de presión acústica a la que está expuesto el trabajador.

Mediante esta expresión logarítmica, se obtienen valores del nivel de presión acústica en decibelios. El decibelio (dB) es la unidad utilizada para medir la intensidad de un sonido y conocer el nivel en que se expanden sus ondas en un momento determinado. Además de esto, el decibelio proporciona una escala en relación con la sensibilidad del oído humano, limitando a 140 dB el nivel máximo estándar que puede aguantar el tímpano, es decir, el umbral de dolor. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cada persona acepta un umbral del sonido diferente dependiendo de la capacidad de receptores que se tenga («Decibelio: Qué es y para qué sirve - Multiacustica», 2021).

Conviene recordar que esta escala logarítmica en decibelios no es una escala lineal sino logarítmica, por lo que no se pueden sumar los decibelios de forma común. A consecuencia, para duplicar la energía acústica sólo habría que aumentar 3 dB el nivel sonoro y, por el contrario, para reducir la energía sonora a la mitad se disminuyen 3 dB («Sonido – Acústica, Nivel presión sonora», 2021).

Si se superponen dos ruidos, por ejemplo, dos máquinas gemelas trabajando a 100 dB cada una, el ruido resultante no tendría un nivel de 200 dB, sino 103 dB. Por el contrario, por lo que hay que tener en cuenta la importancia de una fluctuación de apenas 3 dB para el oído humano.

Si se superponen dos ruidos, por ejemplo, dos máquinas gemelas trabajando a 100 dB cada una, el ruido resultante no tendría un nivel de 200 dB, sino de 103 dB. Por el contrario, si se superponen dos ruidos de diferente intensidad, el de menor valor tiende a ser despreciado, y sólo se toma el valor del mayor. Por ejemplo, si tenemos dos máquinas a 80 dB y a 90 dB, y se aplica la Ecuación 2, se obtendría un nivel sonoro resultante de 90,2 dB muy próximo a los 90 dB («Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo», 2022).

2.5. Tipos de ruido

El ruido se puede clasificar en dos tipos, en función del dominio del tiempo o en dominio de la frecuencia.

Atendiendo al dominio del tiempo:

- **Continuo estable:** el nivel de ruido es prácticamente constante a lo largo del tiempo (Figura 7) con fluctuaciones menores a ± 5 dB. Por ejemplo, el ruido de una bomba de agua funcionando a revoluciones constantes.

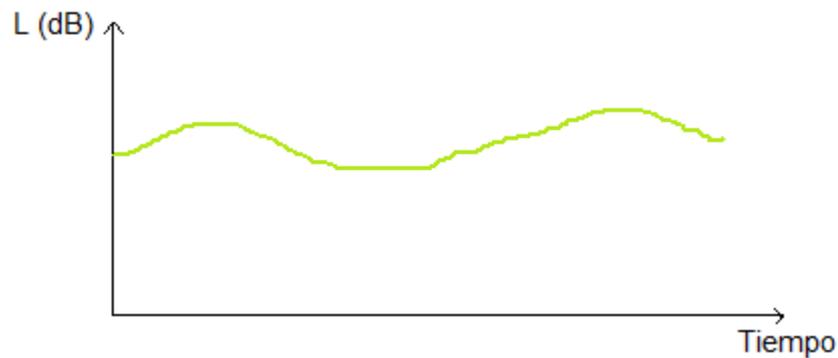


Figura 7. Ruido continuo.

- **Fluctuante:** el nivel de ruido varía de forma periódica o aleatoria, con intervalos de intensidad mayores a ± 5 dB (Figura 8). El ruido producido por los motores principales de un buque durante la maniobra de atraque es un ejemplo de ruido fluctuante.

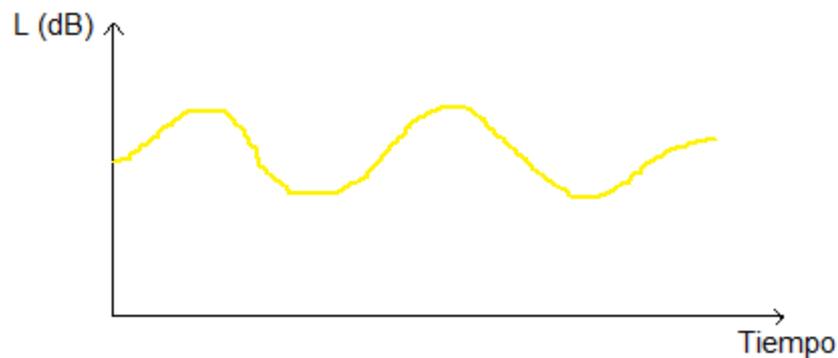


Figura 8. Ruido fluctuante.

- **Transitorio:** el nivel sonoro tiene un comienzo y un fin en un periodo determinado de tiempo relativamente corto, generalmente entre uno y varios segundos (Figura 9). Por ejemplo, el tifón de un buque o el arranque de un motor.

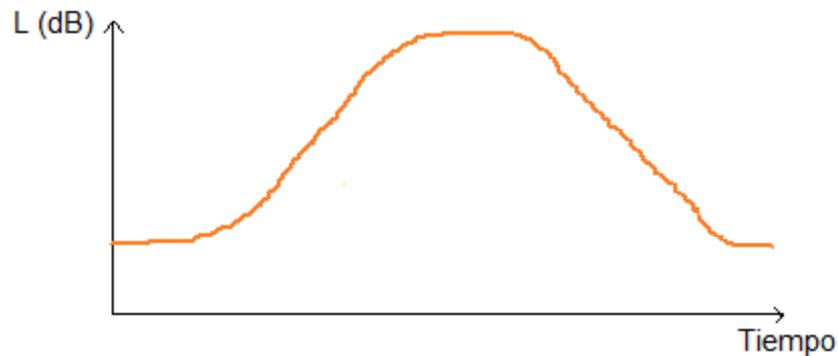


Figura 9. Ruido transitorio.

- **De impulso o impacto:** el ruido se presenta espontáneamente con picos de alta intensidad (Figura 10). Tienen una duración corta, generalmente inferiores a un segundo, con un crecimiento y decrecimiento rápido. Por ejemplo, el golpe de un martillo (Domingo, 2005).

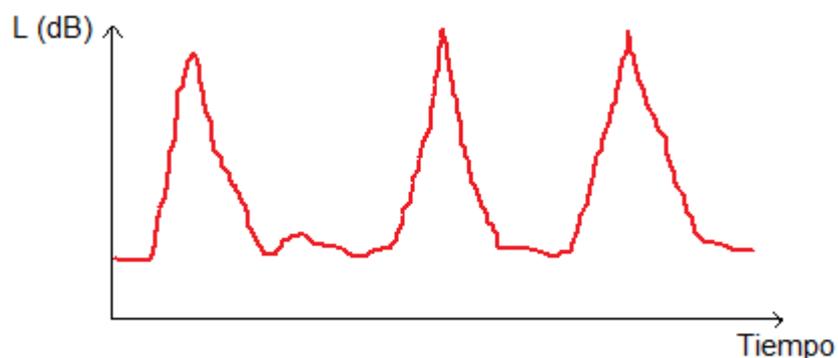


Figura 10. Ruido de impulso o impacto.

Atendiendo al dominio de la frecuencia:

- **Ruido blanco:** es el conjunto de todas las frecuencias audibles por el oído humano (de 20 Hz a 20 kHz) al mismo tiempo, misma potencia y una distribución uniforme de la frecuencia. Además, es el tipo de ruido más utilizado en tratamientos para los acúfenos, (cuyos síntomas se verán más adelante). Por ejemplo, el ruido de un ventilador a alta potencia o de un televisor sintonizándose.

- **Ruido rosa:** se presenta como ruido blanco, pero atenuando las frecuencias más altas (agudos) y, por tanto, potenciando las frecuencias más bajas (graves), con una pendiente creciente de 3 dB/octava. Está recomendado para tratar los acúfenos y la hiperacusia leve. Por ejemplo, el ruido de un ventilador en potencia baja o el ruido de la lluvia.
- **Ruido rojo o marrón (Browniano):** está compuesto de frecuencias bajas y medias, cuya particularidad reside en que cada banda tiene el doble de presión acústica que su banda superior, es decir, la banda entre 1.000 y 2.000 Hz tiene el doble de energía que la banda entre 2.000 y 4.000 Hz y con una pendiente descendente de 6 dB/octava. Este tipo de ruido está recomendado en tratamientos para la hiperacusia severa. Por ejemplo, el ruido marrón se puede asemejar al sonido de una gran cascada de agua («Beneficios del ruido rosa para la salud - Muy Salud», 2024); («Acúfenos Otin Lucas: Hiperacusia», 2014).

A parte de estos tres colores, existen otros como el ruido azul, ruido violeta, , ruido gris, ruido negro (no representado en la gráfica debido que simboliza la ausencia de ruido, el silencio) y atenuados (Figura 11).

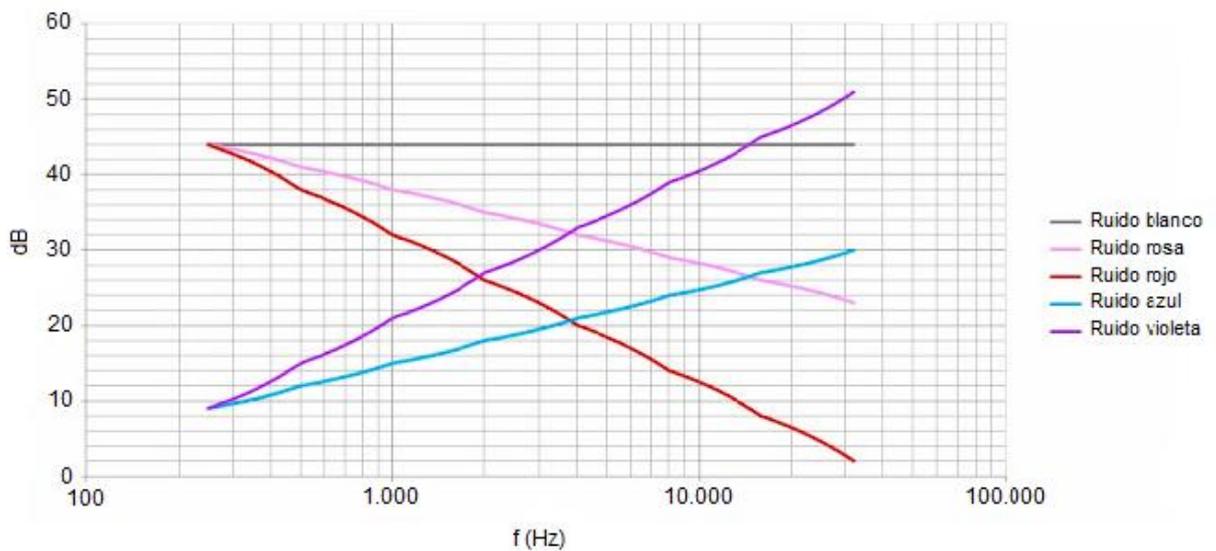


Figura 11. Distribución de la presión acústica por la frecuencia de los ruidos blanco, rosa, rojo, azul y violeta («Sonen Ingeniería Acústica - El color del ruido», 2013).

2.6. Ponderaciones fisiológicas

2.6.1. Ponderación frecuencial

El rango de frecuencias audibles por el oído humano comprende entre los 20 Hz y los 20.000 Hz, pero hay que considerar que la percepción no es lineal en todo este rango, por lo que se intercala un filtro de ponderación frecuencial para atenuar las frecuencias a las que el oído humano es más sensible (ruidos con alta frecuencia) y acentuando las frecuencias a las que es menos sensible (frecuencias bajas), de forma que tenga más concordancia la sensación de sonoridad. Para ello se desarrollaron varias escalas de ponderación: A, B, C, D y Z, aunque en el ámbito laboral las utilizadas son las escalas A y la C (Figura 12).

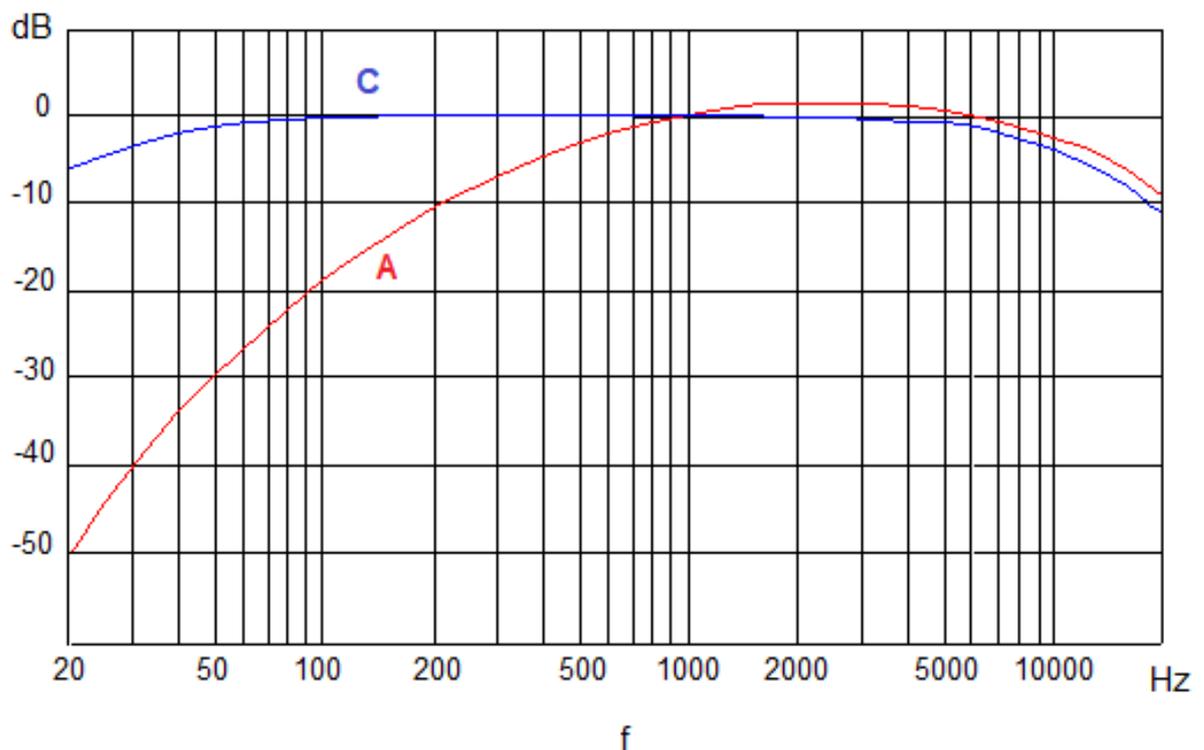


Figura 12. Atenuación de las ponderaciones A y C («Niveles sonoros», 2023).

La ponderación habitual es la A, expresada en dB(A), se usa para niveles bajos de presión, ya que atenúa los bajos (-50 dB a 20 Hz y casi -20 dB a 100 Hz) y en menor medida los agudos (casi -10 dB en 20 kHz), se relaciona con la exposición al ruido diario equivalente y así prevenir daños en la cóclea (órgano situado en el oído interno). Un dato a tener en cuenta es que la ponderación A al otorgar más importancia a las frecuencias audibles por el oído humano y menos por las menos audibles: dos sonidos con el mismo nivel de presión acústica

en dB pueden tener diferentes niveles en dB(A) si sus frecuencias difieren (INSHT 2022), (España. Ministerio de la Presidencia, 2006).

La ponderación B ajusta las mediciones para que coincidan las frecuencias con la sensibilidad media del oído humano. Representa cómo percibe el oído una señal sin ponderar a niveles medios de su capacidad de audición, por lo que no se suele emplear (Figura 13) («Ponderación B», 2019).

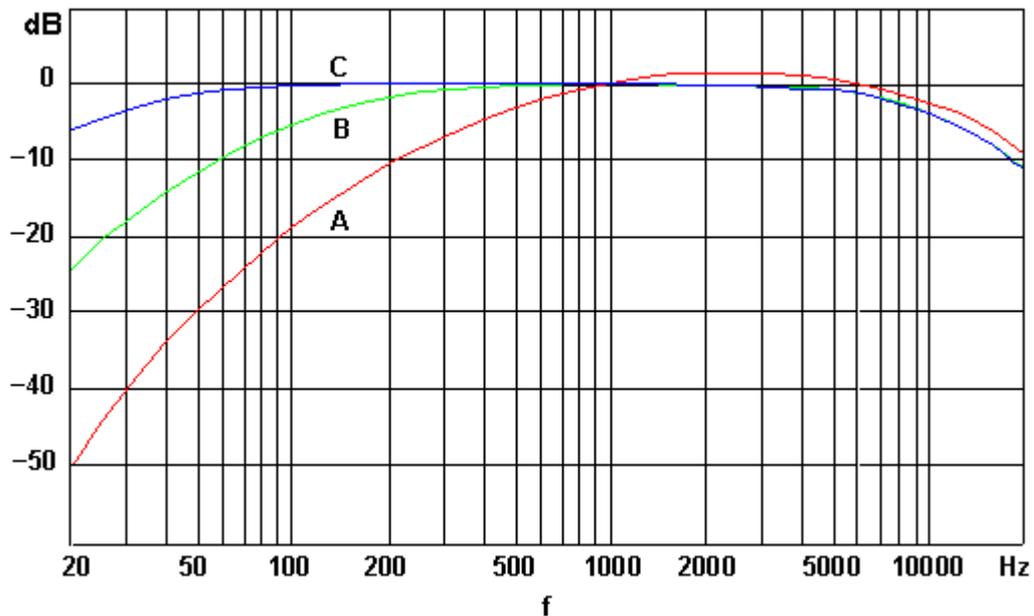


Figura 13. Ponderación B respecto a las ponderaciones A y C («Ponderación B», 2019).

La ponderación C tiene una atenuación plana y disminuye en las frecuencias más bajas y en las más altas. Su diferencia principal con la ponderación A es que es menos severa en cuando a las frecuencias bajas y representa con más exactitud la respuesta del oído humano en los sonidos más fuertes (a partir de 100 dB). Esta ponderación es muy utilizada en ambientes laborales ruidosos para obtener el nivel de presión acústica pico y así prevenir la rotura en la membrana del tímpano («The ABCs of Frequency Weighting | Acoustical Engineer», 2019).

En el caso de la ponderación D, esta representa una atenuación específica para medir el ruido de aviones, enfatizando entre las frecuencias de 1.000 y 10.000 Hz (Figura 14) («Ponderación D», 2019).

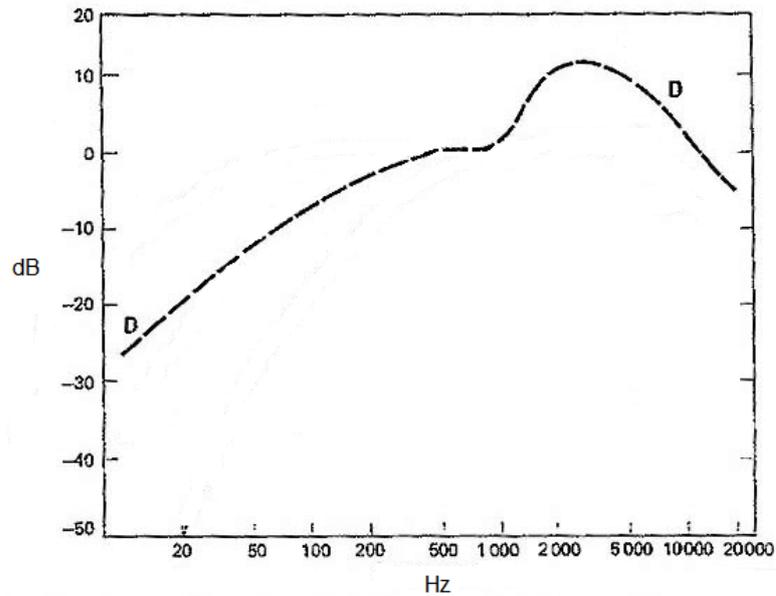


Figura 14. Atenuación de la ponderación D («Curvas de ponderación espectral “A”, “B”, “C” y “D”. | Download Scientific Diagram», 2004).

La ponderación Z (Figura 15) es el nivel real del sonido medido por el micrófono sin ningún tipo de ponderación de frecuencia. Los equipos que utilizan esta ponderación están diseñados con una respuesta plana sobre las frecuencias, generalmente entre 20 y 20.000 Hz («The ABCs of Frequency Weighting | Acoustical Engineer», 2019).

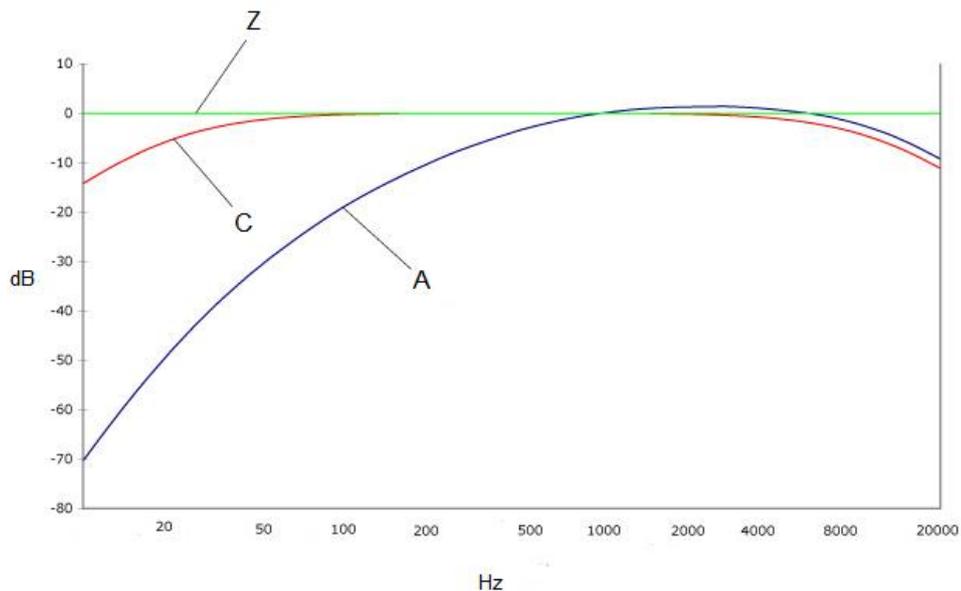


Figura 15. Ponderación Z respecto a las ponderaciones A y C («Cirrus Research, S.L. - ¿Qué son las ponderaciones de frecuencia A, C y Z?», 2012).

2.6.2. Ponderación temporal

Además de la ponderación frecuencial, también se tiene en consideración una ponderación temporal. Esta ponderación depende de la velocidad de respuesta que interpreta el instrumento de medición de ruidos. Se pueden diferenciar tres tipos:

- **Slow:** se registran las muestras de ruido cada segundo (Figura 16). Se suele utilizar cuando se quiere medir ruido continuo, sin fluctuaciones.
- **Fast:** se registran las muestras de ruido cada 125 milisegundos (Figura 16). Se suele utilizar en mediciones con un ruido que puede presentar fluctuaciones.
- **Impulse:** se registran muestras de ruido cada 35 ms (Figura 17). Se usa en mediciones con ruidos de impulso.

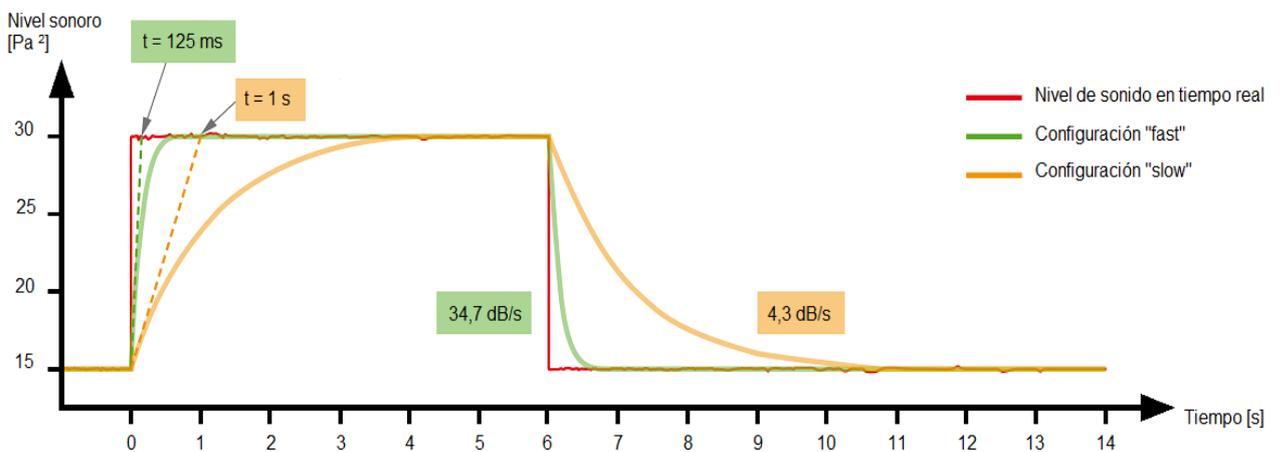


Figura 16. Comportamiento de la configuración "slow" y "fast" para un sonido repentino («Fast, Slow, Impulse Time Weighting - What do they mean?», 2020).

En la Figura 16 se puede observar cómo, cuando el sonido cesa, el nivel de la configuración "fast" disminuye a una velocidad de $34,7 \text{ dB/s}$ mientras que la configuración "slow" disminuye más lentamente, a una velocidad de $4,3 \text{ dB/s}$.

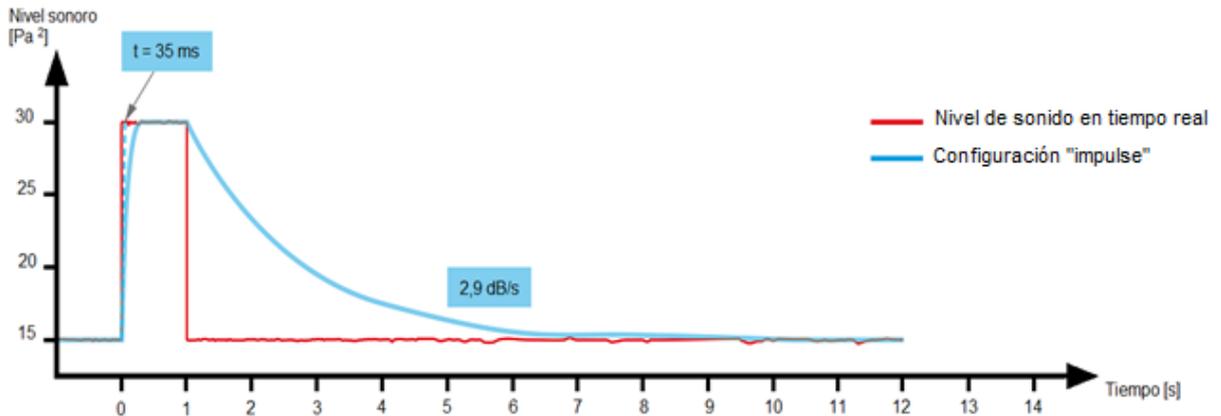


Figura 17. Comportamiento de la configuración "impulse" para un sonido repentino («Fast, Slow, Impulse Time Weighting - What do they mean?», 2020)

En la figura anterior se puede observar cómo, la configuración "impulse" se comporta de una manera más asimétrica que las dos anteriores, ya que se adapta en tan sólo 35 ms a la pendiente ascendente (medición del sonido), mientras que, al cesar el sonido, comparativamente disminuye a una velocidad más lenta.

Cuanto más corto sea el intervalo entre medición y medición, mayor velocidad de respuesta del instrumento (INSHT, 2022).

2.6.3. Parámetros acústicos más utilizados en mediciones

Para expresar el nivel de presión acústica ponderado temporalmente, en decibelios, se utilizan las siguientes expresiones (Tabla 1):

Tabla 1. Expresiones de niveles de presión acústica (dB).

Expresión	Ponderación frecuencial	Ponderación temporal
L_{AF}	A	Fast
L_{AS}	A	Slow
L_{CF}	C	Fast
L_{CS}	C	Slow

Además de las ponderaciones frecuenciales y temporales, se considera el nivel máximo de presión acústica ponderado temporalmente en un intervalo de tiempo establecido (Tabla 2).

Tabla 2. Expresiones de niveles máximo de presión acústica (dB).

Expresión	Ponderación frecuencial	Ponderación temporal
L_{AFmax}	A	Fast
L_{ASmax}	A	Slow
L_{CFmax}	C	Fast
L_{CSmax}	C	Slow

El nivel de presión acústica pico (L_{pico}) es el valor máximo de la presión acústica instantánea (positiva o negativa), expresado en decibelios, al que está expuesto un trabajador, determinado con el filtro de ponderación frecuencial C y durante un intervalo de tiempo establecido (España. Ministerio de la Presidencia, 2006) (Ecuación 3).

$$L_{Cpico} [dB(C)] = 10 \log \left(\frac{P_{pico}}{P_0} \right)^2 \quad (3)$$

Donde: $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa («Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo», 2022) y; P_{pico} = valor máximo de la presión acústica instantánea (Pa) al que está expuesto un trabajador.

El nivel de presión acústica pico no se debe confundir con el nivel máximo de presión acústica (L_{Amax}) (Figura 18). La diferencia entre ambos es que el L_{Amax} es el máximo nivel de presión sonora registrado medido en RMS (valor eficaz), y el L_{pico} es el valor pico de la onda sonora registrada y medida en dB, correspondiendo al punto más alto de la onda de presión sonora, antes de que se aplique ninguna ponderación. («Guía para Terminología de Medición de Ruido», 2016).

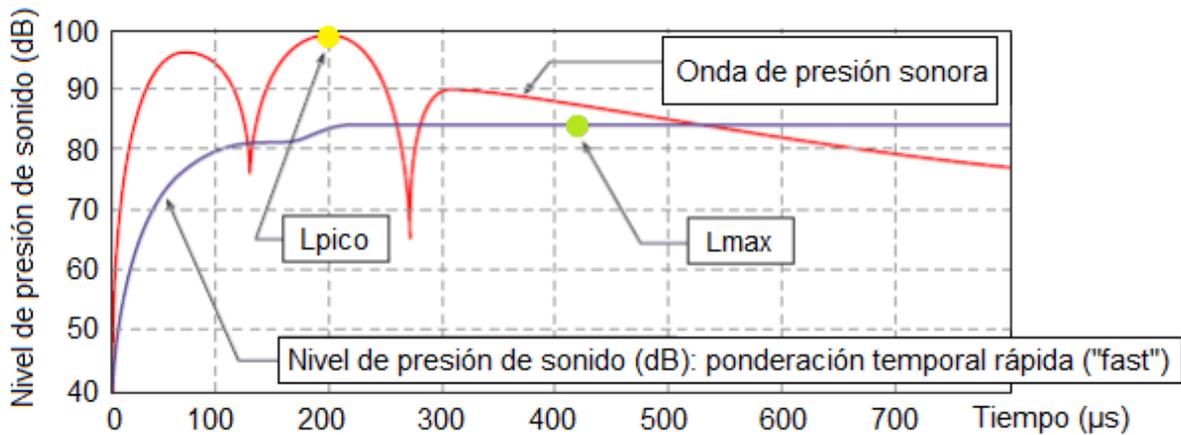


Figura 18. Representación del L_{Amax} ("fast") y el L_{pico} de una onda («Differences between L_{max} and L_{peak} of Sound level meter», 2023).

Para establecer los niveles equivalentes de ruido al que está expuesto un trabajador, y determinar si se superan los criterios de referencia establecidos por legislación, se emplean las siguientes magnitudes:

- $L_{eq,T}$: es el nivel de presión acústica continuo equivalente, es decir, el nivel de ruido constante que contiene la misma energía que un ruido variable para un mismo periodo de tiempo determinado. Por ello, no se considera un nivel de presión acústica real, sino que es un valor teórico (España. Ministerio de la Presidencia, 2006; «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo», 2022).
- $L_{Aeq,T}$: nivel de presión acústica continuo equivalente cuando se le aplica la ponderación frecuencial A (Ecuación 4).

$$L_{Aeq,T} [dB(A)] = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 \cdot dt \right] \quad (4)$$

Donde: $T = t_2 - t_1$ es el tiempo de exposición del trabajador al ruido y; P_A = presión acústica ponderada en A, en pascuales. (España. Ministerio de la Presidencia, 2006; «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo», 2022).

- $L_{Aeq,d}$: es el nivel de presión diario equivalente ponderado en A y referenciado las ocho horas del periodo temporal de una jornada laboral estándar (Ecuación 5). Esta

magnitud se considera la más importante en las evaluaciones de exposición a ruido en el trabajo ya que mediante ella se puede determinar si se superan los criterios establecidos en la legislación.

$$L_{Aeq,d} [dB(A)] = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8} \quad (5)$$

Donde: T = es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día. Se consideran todos los ruidos existentes en el trabajo, incluyendo los ruidos de impulsos. (España. Ministerio de la Presidencia, 2006; «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo», 2022).

En el caso de que un trabajador esté expuesto a distintos tipos de ruido y, con objeto de realizar evaluación de riesgo, se deben analizar cada uno de ellos por separado (Ecuación 6):

$$L_{Aeq,d} [dB(A)] = 10 \log \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,d})_i} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,Ti}} \quad (6)$$

Donde: $L_{Aeq,Ti}$ = nivel de presión acústica continuo equivalente con la ponderación en A correspondiente al tipo de ruido “i” al que el trabajador está expuesto T_i horas al día y;

$(L_{Aeq,d})_i$ = nivel diario equivalente que resulta si solo existe el tipo de ruido “i”. (España. Ministerio de la Presidencia, 2006; «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo», 2022).

- $L_{Aeq,s}$: es el nivel de exposición semanal equivalente (Ecuación 7), es decir, el nivel de presión acústica continuo equivalente con ponderación en A, y referenciado al periodo temporal de una semana laboral de 40 horas.

$$L_{Aeq,d} [dB(A)] = 10 \log \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=n} 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,di}} \quad (7)$$

Donde: n = número de días a la semana en que el trabajador está expuesto al ruido y;

$L_{Aeq,di}$ el nivel de exposición diario equivalente correspondiente al día “i”. (España. Ministerio de la Presidencia, 2006; «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo», 2022).

2.7. Instrumento de medición: el sonómetro

Para la medición de ruidos en entornos laborales existen dos instrumentos: el sonómetro y el dosímetro de ruido. El sonómetro (Figura 19) es el instrumento de medición que se utiliza para evaluar los niveles de ruido mediante la medición de la presión acústica y de la frecuencia en sonómetros de Clase I, más sofisticados y habitualmente utilizados para mediciones a bordo. También se le conoce como medidor de nivel de presión sonora (SPL, por sus siglas en inglés: sound pressure level), medidor de decibelios (dB) o medidor de ruido.

Además del sonómetro también existen equipos de medición de ruido personales llamados dosímetros de ruido (Figura 20), aunque son menos fiables que los sonómetros debidos tanto a las respuestas del equipo (son menos precisos) como a su ubicación. Un estudio titulado “Error al obtener la exposición diaria a ruido utilizando dosímetros frente a sonómetros” elaborado por Loureiro, de la Universidad de Derecho de León, concluye que la tendencia de los dosímetros es sobrevalorar los niveles de ruido respecto a los sonómetros, más concretamente en las mediciones del nivel de presión acústica pico donde la tendencia es mucho mayor, por lo que el resultado de la medición no es aceptable ya que no representa realmente el riesgo (Loureiro e Beaumont, 2016).



Figura 19. Partes de un sonómetro («Sonómetro de Campo Clase 1 AWA6228 Plus - Zamsu Corporación», 2024).



Figura 20. Dosímetro («Dosímetro de Ruido - SV 104 - SVANTEK - Sound and Vibration», 2023.)

Para capturar el sonido, estos instrumentos utilizan un micrófono. La medida se evalúa dentro del sonómetro y se muestran los valores de presión acústica en la pantalla, en decibelios. Algunos sonómetros también determinan el nivel de presión acústica continuo equivalente (L_{eq}) y otros parámetros acústicos como la frecuencia debido a que, como se comentó anteriormente, la exposición al ruido influye al trabajador de diferente manera según la banda de frecuencia de ese ruido y el período de tiempo que la persona permanece expuesta. A través de un sonómetro portátil, los profesionales de higiene industrial y seguridad laboral miden los niveles de sonido en diferentes ubicaciones con el fin de garantizar que las condiciones ambientales cumplan con los límites de exposición recomendados (RELS, por sus siglas en inglés: recommended exposure limits). Algunos sonómetros también pueden instalarse de forma permanente para la monitorización continua de los niveles de ruido en lugares de trabajo («Sound Level Meter / Noise Level Meter | PCE Instruments», 2024).

Para seleccionar el sonómetro adecuado, se deberá atender a su tipo o clase. El tipo o clase de un sonómetro define la precisión del dispositivo según las pautas del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés: American National Standards Institute) para la estandarización de productos en Norte América o la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés: International Electrotechnical Commission) para el resto del mundo.

Por regla general, "tipo" es la categoría según la norma ANSI S1.4, mientras que "clase" es la categoría según la norma IEC 61672. Hay dos tipos o clases asignados a los sonómetros: tipo 1 / clase 1 o tipo 2 / clase 2. Para evaluar el ruido en aplicaciones básicas industriales, comerciales, educativas, recreativas o residenciales, generalmente es suficiente un sonómetro de tipo 2 / clase 2. Para evaluaciones de precisión y metrología legal, se utiliza un sonómetro de tipo 1 / clase 1.

En lo que compete al presente documento, se hará referencia a las especificaciones de la norma IEC 61672:2013 ya que es de interés su aplicación en la Unión Europea o más concretamente a nivel nacional. Esta norma proporciona especificaciones de rendimiento electroacústico para tres tipos de instrumentos de medición de sonido:

- Sonómetros ponderadores temporales: miden niveles de sonido ponderados temporalmente de forma exponencial y frecuencia ponderada;
- Sonómetros de integración y promedio: miden niveles de sonido ponderados temporalmente y promediados en el tiempo, con ponderación de frecuencia; y
- Sonómetros de integración: miden niveles de exposición de sonido ponderados en frecuencia.

Los sonómetros especificados en esta norma están diseñados para medir sonidos generalmente en el rango de audición humana. Especificando las dos categorías de rendimiento, clase 1 y clase 2, siendo los límites de aceptación de la clase 2 mayores o iguales que los de la clase 1 («AENORmas», 2021).

Los sonómetros que se utilizan en la medición de ruido en buques se fabrican conforme a la norma de clase 1 de la IEC 61672:2002-05 o a una norma equivalente que la Administración considere aplicar (Gobierno de España, 2015).

2.7.1. Calibración de sonómetros

De acuerdo con el Real Decreto 286/2006, los sonómetros utilizados en mediciones a bordo de los buques se deben calibrar antes y después de cualquier medición, utilizando para ello un calibrador de campo que debe satisfacer la norma IEC 60942:2003 y aprobado por el fabricante del propio sonómetro.

Entre el 22 y 26 de enero de 2024 se reunió en Londres el Subcomité de Diseño y Construcción de Buques (SDC, por sus siglas en inglés: Sub-Committee on Ship Design and Construction) donde uno de los temas a abordar fue una nueva interpretación del Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques sobre la calibración de instrumentos de sonido (Circular MSC.1/Circ.1509): para aclarar la aplicación de la norma IEC 61672-3:2013 para la calibración de los medidores de nivel de sonido y IEC 60942:2003 apéndice B para los calibradores.

Esta norma entra en vigor para los medidores de nivel de sonido y calibradores en su próxima fecha de calibración (que debe ser al menos cada dos años), por lo que ésta no debe exceder a dos años después de la fecha de la nueva Interpretación Unificada (UI, por sus siglas en inglés: Unified Interpretation) aprobada por la MSC 108 en mayo de 2024 («Ship Desing and Construction Committee 10 th session», 2024.).

2.8. Puntos de medición en buques

Los niveles de ruido presente en los distintos espacios del buque se certifican durante la ejecución de las pruebas de mar, de acuerdo con la Resolución MSC.337 (91). Salvo indicación expresa en otro sentido, las mediciones se realizarán con el micrófono colocado a una altura de entre 1,2 m (persona sentada) y 1,6 m (persona de pie) sobre cubierta. La distancia mínima entre dos puntos de medición será de 2 m, y en los espacios grandes en que no haya máquinas las mediciones deberían efectuarse en puntos cuya distancia intermedia no exceda de 10 m, incluidos los caracterizados por tener niveles de ruido máximos. En ningún caso se efectuarán mediciones a menos de 0,5 m de los mamparos límite del espacio con el fin de obtener una medición más real del habitáculo y evitar reverberaciones y errores en los resultados. Las mediciones se realizarán en lugares donde trabaje el personal, incluidos los puestos de comunicación (Gobierno de España, 2015).

El nivel de ruido se medirá en todos los puntos donde se realicen labores:

- Mediciones en los espacios de máquinas: a 1 m de fuentes de ruido como las indicadas a continuación y a intervalos que no excedan de 3 m alrededor de ellas:
 - o turbinas o motores principales a cada nivel;

- engranajes principales;
 - turbosoplantes;
 - purificadores;
 - alternadores y generadores eléctricos;
 - plataformas de encendido de calderas;
 - ventiladores de tiro forzado o ventiladores extractores;
 - compresores;
 - bombas de carga (incluidos sus motores o turbinas de accionamiento).
- Mediciones en los espacios de gobierno: Se efectuarán mediciones en ambos alerones del puente de navegación, pero sólo cuando el alerón en que vaya a revisarse la operación esté a sotavento.
 - Mediciones en los espacios de alojamiento: Se efectuará una medición en el medio del espacio desplazando el micrófono lentamente en sentido horizontal y/o vertical a una distancia de 1 m ($\pm 0,5$ m). Se deben efectuar mediciones al menos al 40 % de los camarotes existentes.
 - Mediciones en los espacios no ocupados habitualmente: se efectuarán mediciones en todos los puntos en los que la gente de mar pueda estar expuesta a niveles de ruido excepcionalmente elevados, aunque sea durante periodos relativamente cortos, y en los lugares donde haya maquinaria, pero ésta no se utilice de manera continua.

Capítulo 3

**EFECTOS DE LA
EXPOSICIÓN AL RUIDO
EN LA GENTE DE MAR**

3

3. Efectos de la exposición al ruido en la gente de mar

3.1. Introducción

El oído está directamente ligado con el daño causado por la exposición constante y/o prolongada a niveles de ruido elevados, como los provenientes de las hélices o la sala de máquinas de un buque, y puede llevar a efectos perjudiciales tanto en la audición como en la salud física y mental. Considerando que los trabajadores de mar están expuestos al ruido de manera continuada (camarotes y zonas de ocio incluidas), se verán a continuación los efectos perjudiciales y la necesidad de tomar medidas de mitigación de ruido con el fin de reducir la exposición diaria.

3.2. Certificado médico de embarque marítimo (ISM)

Debido a que los daños fisiológicos que causa la exposición continuada al ruido son conocidos, el reconocimiento médico obligatorio y previo al embarque se encarga de verificar la audición de las tripulaciones. Según el Real Decreto 1696/2007, de 14 de diciembre, por el que se regulan los reconocimientos médicos de embarque marítimo en España, dichas evaluaciones médicas tendrán como objetivo asegurar que las condiciones psicofísicas del marino sean aptas para las condiciones del puesto de trabajo, sin que presenten un riesgo para su salud y seguridad, ni para la salud y seguridad del resto de la tripulación. Estas condiciones tampoco deberán comprometer la navegación marítima. El Instituto Social de la Marina (ISM) es el organismo encargado en España de la planificación, ejecución y supervisión de los reconocimientos médicos establecidos por este Real Decreto.

Estos certificados médicos de aptitud para embarques (Figura 21 y 22) serán equivalentes al certificado médico de aptitud mencionados en los Convenios 16, 73, 113 y 147 de la Organización Internacional del Trabajo (ILO) así como en el Convenio Internacional de la IMO sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar (STCW-78/95) y la Directiva 1999/63/CE, del 21 de junio de 1999, relativa al Acuerdo sobre la Ordenación del tiempo de trabajo de la Gente de Mar.



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE INCLUSIÓN, SEGURIDAD SOCIAL Y MIGRACIONES

SECRETARÍA DE ESTADO DE LA SEGURIDAD SOCIAL Y PENSIONES



INSTITUTO SOCIAL DE LA MARINA

CERTIFICADO MÉDICO DE APTITUD PARA EMBARQUE MEDICAL EXAMINATION FOR SEA-SERVICE

Conforme al CTM 2006 OIT y STCW 78/10 (enmendado) OMI y al RD 1696/2007, de 14 de diciembre, sobre reconocimientos médicos de embarque marítimo
In accordance with ILO MLC 2006 and IMO STCW 78 (as amended) and RD 1696/2007, December 14th, maritime shipping medical examinations.

D./Dña.: CLAUDIA RUIZ SANCHEZ Sexo: femenino D.N.I. / N.I.E. / Pasaporte:
 Fecha de nacimiento /Date of birth: 26/07/1997 Sex: female Nacionalidad / Nationality: ESPAÑA
 Puesto de trabajo / Working place: ALUMNO DE MAQUINAS

Documentos de identidad verificados en el lugar del examen: Sí No
Identification documents checked at the point of examination: Yes/No

En el Reconocimiento Médico efectuado se comprueba que el interesado presenta:
In the Medical Examination it is found that the seafarer concerned presents:

* Agudeza Visual satisfactoria: Sí No * Audición satisfactoria (sin ayudas auditivas): Sí No
Satisfactory visual acuity: Yes/No *Satisfactory hearing (unaided): Yes/No*

* Visión cromática satisfactoria: Sí No Fecha de la última prueba de visión cromática: 13/08/2020
Satisfactory Chromatic vision: Yes/No *Date of the last chromatic vision test*

- Está exento de cualquier afección médica que pueda verse agravada por el servicio en el mar, discapacitarle para el desempeño de tal servicio o poner en peligro la salud de otras personas a bordo: Sí No
Is free of any medical conditions that could be worsened by service at sea, and incapacitate him from performing such duties or endanger the health of the other people on board: Yes/No

- Reúne las condiciones médicas requeridas para las funciones de vigía: Sí No
Assembles the medical conditions needed for lookout duties: Yes/No

En base a la encuesta de salud, el examen clínico y los resultados de las pruebas diagnósticas realizadas, se declara al interesado:
Based on the health declaration, the clinical examination and the results of the diagnostic test made, the interested party is declared:

APTO/A (FIT FOR SEA-SERVICE)

La vigencia de este Reconocimiento caduca el día / (The validity of this certificate expires on) 16 de julio de 2025
 En AVILES, a 18 de julio de 2023
 (Done at / on)



MINISTERIO DE INCLUSIÓN, SEGURIDAD SOCIAL Y MIGRACIONES

INSTITUTO SOCIAL DE LA MARINA

SERVICIO DE SANIDAD MARÍTIMA



Fdo.: Dr/Dra Virginia Gonzalez Lacalle
Approved Doctor's signature

3360/2023/407
N.º Registro
Registration no.

Confirmando que he sido informado sobre el contenido del presente certificado y sobre el derecho a solicitar una revisión del dictamen con arreglo a lo dispuesto en el párrafo 6 de la sección A-1/9 del STCW 95. (I hereby confirm that I have been informed of the content of this certificate and of my right to request that the results be revised in accordance with that set forth in paragraph 6 of section A-1/9 of the STCW 95.)
 Consiento la inclusión de los datos sanitarios que figuran en este certificado.
I consent to the inclusion of the medical details appearing on this certificate.



Firma del marino:
(Sailor's signature)

Si el periodo de validez del certificado expira durante una travesía, el certificado seguirá siendo válido hasta la fecha de llegada al próximo puerto de escala donde el marino interesado pueda obtener un certificado médico de un médico cualificado, a condición de que esta prolongación de validez no exceda de tres meses. (If the period for which a certificate is valid ends during a crossing, the certificate will continue to be valid until the date of arrival at the next port of call where the interested sailor can obtain a medical certificate from a qualified doctor, as long as this extension of the period of validity does not exceed three months.)

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS			
Id. CEA:	Fecha:	Código CEA:	Página:
C722MX29BAMK	18/07/2023		1

Este documento no será válido sin la referencia electrónica. La autenticidad de este documento puede ser comprobada hasta la fecha 18/07/2025 mediante el Código Electrónico de Autenticidad en la Sede Electrónica de la Seguridad Social, a través del Servicio de Verificación de Integridad de Documentos.

Figura 21. Anverso de Certificado médico de aptitud para embarque.

CONFORMIDAD CON CONVENIOS INTERNACIONALES

Estos Reconocimientos Médicos se practican en conformidad con lo establecido en el Convenio 113 y el Convenio sobre el Trabajo Marítimo 2006 de la Organización Internacional del Trabajo, así como en la sección A-I/9 del Convenio Internacional de la OMI sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar, enmendado, y la Directiva 1999/63/CE, de 21 de junio de 1999, relativa al Acuerdo sobre la Ordenación del tiempo de trabajo de la Gente de Mar (cláusula 13.^a)

COMPLIANCE WITH INTERNATIONAL TREATIES

These Medical Check-ups are performed in compliance with that set forth in Convention 113 and Convention of Maritime Work 2006 of the World Labor Organization's, as well as in section A-I/9 of the amended IMO International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, and in Directive 1999/63/EC of 21 June 1999, concerning the Agreement on the organisation of working time of Seafarers (clause 13).

RECURSOS

En caso de disconformidad con el grado de aptitud declarado tras su Reconocimiento Médico de Embarque Marítimo, Vd. podrá interponer recurso de alzada en plazo de un mes, ante la Dirección o la Dirección Provincial del Instituto Social de la Marina (ISM), de acuerdo con lo dispuesto en la ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, al que podrá acompañar los elementos de pruebas que considere pertinentes. La resolución expresa, o desestimación por silencio administrativo trascurrido el plazo de tres meses desde la interposición del recurso, pone fin a la vía administrativa, pudiendo Vd. recurrirla ante el juzgado de lo Contencioso-Administrativo en el plazo de dos o seis meses, respectivamente, de conformidad con lo establecido en el artículo 46 de la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso- Administrativa.

APEALS

Should you disagree with the level of suitability stated in your Maritime Embarkation Medical Examination, you may lodge an appeal within the term of one month with the Directorate or the Provincial Directorate of the Social Marine Institute(SMI), pursuant to Law 39/2015 of 1 October, of the Common Administrative Procedure of the Public Administrations, to which you may attach the items of evidence that you consider pertinent. The express decision or a rejection due to administrative silence after a period of three months ends the administrative process, but you may appeal to the Contentious- Administrative Court within the term of two or six months, respectively, pursuant to article 46 of Law 29/1998 of 13 July regulating the Contentious-Administrative Jurisdiction.

DERECHO DE ACCESO A LOS DATOS

Los datos personales de su Reconocimiento Médico pasarán a formar parte de un fichero informatizado cuya titularidad corresponde al ISM. Conforme a la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, podrá ejercer el derecho de acceso, rectificación, supresión, a la limitación del tratamiento, a la portabilidad y oposición mediante el escrito dirigido al Subdirector General de Acción Social Marítima del ISM.

RIGHT OF ACCESS TO INFORMATION

The personal data of your Medical Examination will become part of a computerized file whose ownership corresponds to the ISM. According to Law 3/2018, of 5 December, on Personal Data Protection and guarantee of digital rights, may exercise the right of access, rectification, deletion, limitation of processing, to portability and opposition by writing to the Deputy Director General of Maritime Social Action of the ISM.

Figura 22. Reverso de Certificado médico de aptitud para embarque.

El primero reconocimiento médico realizado deberá incluir como mínimo:

- Exploración física;
- Examen de visión (agudeza visual y visión cromática);
- Examen otológico (otoscopia y audiometría);
- Electrocardiograma en reposo;
- Espirometría;
- Analítica: Hemograma completo, Bioquímica sanguínea (Glucosa basal, Colesterol total, HDL-Colesterol, Triglicéridos, Enzimas hepáticas GOT-GPT-GGT, Creatinina, Ácido úrico); y
- Análisis sistemático de orina.

Para los reconocimientos médicos de embarques periódicos incluirán como mínimo:

- Exploración física; y
- Analítica (hemograma completo, bioquímica sanguínea y sistemático de orina).

Las demás evaluaciones seguirán los protocolos establecidos por el Instituto Social de la Marina, conforme a la normativa y recomendaciones actuales relacionadas con la supervisión de la salud de las comunidades científicas.

El periodo de validez del reconocimiento médico se establecerá individualmente por el profesional médico encargado, considerando la salud del solicitante, su edad y la naturaleza del trabajo que desempeñe, con un límite máximo de dos años, a excepción de personas menores de 21 años y mayores de 50 años, cuya validez será de un año (Fomento, 2007).

3.2.1. Examen otológico

A efectos de valorar la aptitud del marino para el embarque, se deberán tener siempre en cuenta los siguientes criterios otorrinolaringólogos:

- Presencia de síntomas y/o signos;
- Pronóstico;
- Posibilidades de tratamiento a bordo;
- Factores de riesgo y/o complicaciones asociadas;
- Pruebas audiométricas complementarias e informe del especialista.

Este examen otológico se realiza a través del ISM, compuesto por dos pruebas que permiten medir la capacidad auditiva de una persona: otoscopia y audiometría. La otoscopia es una exploración que proporciona información sobre el canal auditivo externo, el tímpano y

algunos aspectos del oído medio a través de un otoscopio (Figura 23) («Otoscopy - Oxford Medical Education», 2023).



Figura 23. Otoscopio («Otoscopio Kawe», 2024).

La audiometría es una evaluación de la función del sistema auditivo mediante pruebas de conducción aérea y ósea. Se emplean tonos puros (sonidos de frecuencia única) y pruebas de habla utilizando un audiómetro (Figura 24), un instrumento eléctrico que consta de un generador de tonos puros, un oscilador de conducción ósea para medir la función coclear, un atenuador para variar la intensidad, un micrófono para las pruebas de habla y auriculares para la prueba de conducción aérea. Mediante el audiómetro se mide la intensidad mínima (en dB) a la cual se percibe un tono puro el 50% del tiempo, denominado umbral. La prueba se realiza en frecuencias específicas desde los 125 a 8.000 Hz para cada oído (Saunders, Stein, y Shuster, 1990). Esta prueba se realiza en una cabina insonorizada para evitar interferencias de ruidos externos.



Figura 24. Audiómetro («Audiómetro | perfilesaudiomet», 2020).

Tras realizar estas dos pruebas se consideran no aptas las personas que presenten:

- Otitis medias y otras patologías de evolución crónica refractarias a tratamiento médico;
- Vértigos crónicos de causa laberíntica;
- Vértigos agudos hasta su resolución;
- Antecedentes quirúrgicos de estapedectomía (procedimiento quirúrgico realizado en el oído medio para tratar la otosclerosis, enfermedad que afecta el hueso estribo en el oído) por otosclerosis en quienes acceden por primera vez al ámbito laboral marítimo y por las condiciones del puesto de trabajo vayan a estar expuestos a ambientes ruidosos; o
- Hipoacusias: aquellas personas que accediendo por primera vez al ámbito laboral marítimo presenten alguna de las siguientes circunstancias:
 - Pérdida auditiva biaural superior al 20%;
 - Pérdida media superior a 30 dB en el mejor oído para las frecuencias conversacionales de 500, 1.000 y 2.000 Hz;
 - Escotoma (pérdida auditiva en frecuencias concretas) («¿Qué es el Escotoma Auditivo o Trauma Acústico?», 2018) superior a 55 dB en 3.000 o 4.000 Hz, no superando el umbral de 25 dB en alguna de las frecuencias de 500, 1.000 o 2.000 Hz; o

- Escotoma inferior a 55 dB en 3.000 o 4.000 Hz y una o más frecuencias de 500, 1.000 y 2.000 Hz con umbral superior a 25 dB. (Fomento, 2007)

Los resultados de la audiometría se recogen en el informe médico en dos tablas (Figuras 25 y 26) para así valorar las posibles pérdidas de audición en cada oído. Un umbral de audición sano y sin pérdidas de audición se encuentra entre los 0 y los 25 dB, es decir, la mínima intensidad de sonido que necesita una persona para percibir un sonido no debe superar los 25 dB, a partir de este valor se considera que hay una pérdida auditiva («Audiometría: ¿Qué es y cómo se lee? - Biacustic», 2022).

OTORRINOLARINGOLOGÍA									
AUDIOMETRÍA VÍA AÉREA									
Audífono: No									
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz	8000 Hz
Oído D			+10	+5	+0	+5	+5	+15	+10
Oído I			+10	+5	+0	+0	+10	+25	+10

3

CLAUDIA RUIZ SANCHEZ
NIF: [REDACTED]

Figura 25. Resultados de audiometría.

Tras los resultados de la audiometría anterior, se clasifica como normal ya que el umbral de audición no supera los 25 dB en ninguna frecuencia (Moreno Sáenz et al., 2020).

Interpretaciones		
01 - NORMAL		
Pérdida Monoaural Derecha (%) : 0,00	Pérdida Monoaural Izquierda (%) : 0,00	Pérdida Biaural (%) : 0,00

Figura 26. Interpretaciones de los resultados de audiometría.

Para realizar el cálculo del porcentaje de pérdida de audición en el área conversacional monoaural y biaural se realiza mediante las siguientes fórmulas (Moreno Sáenz et al., 2020):

- Cálculo de pérdida monoaural (un oído) Ecuación 8:

$$\text{Pérdida (\%)} = \left(\frac{\text{pérdida en dB en frecuencias 500, 1.000, 2.000 y 3.000 Hz}}{4} - 25 \right) \cdot 1,5 \quad (8)$$

- Cálculo de pérdida biaural (los dos oídos):

$$\text{Pérdida (\%)} = \frac{(5 \cdot \text{pérdida oído mejor}) + \text{pérdida oído peor}}{6} \quad (9)$$

3.3. Límites de exposición al ruido en buques

En lo referente a los buques, en 1981 se aprobó la Resolución A.468 (XII) con título “Código sobre los niveles de ruido a bordo de los buques” con el propósito de proporcionar orientación a las Administraciones sobre el control de los niveles máximos de ruido y los límites de exposición al ruido a bordo de los buques en general, aunque más explícitamente teniendo en cuenta los buques de pasaje y de carga convencionales (Maritime Consultative Organization, 1981).

Hoy en día, se miden los niveles de presión acústica utilizando sonómetros integradores de precisión sujetos a lo prescrito en el “Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques” (Tabla 3), adoptado en Londres el 30 de noviembre de 2012 mediante la Resolución MSC.337 (91), adopción que enmienda a la Resolución A.468 (XII) (Gobierno de España, 2015).

Una diferencia destacable entre la resolución A.468 y la Resolución MSC.337 es que, en esta última se distingue a los buques por tamaño (GTs), mientras que en la primera se tomaban los mismos límites de nivel de ruido para cualquier buque de pasaje o de carga tradicional.

Tabla 3. Límites de nivel de ruido en buques de acuerdo con la Resolución MSC.337 (91) (Gobierno de España, 2015).

Designación de salas y espacios	Tamaño del buque	
	1.600 – hasta 10.000 GT	≥ 10.000 GT
Espacios de trabajo (*)		
Espacios de máquinas	110	110
Cámaras de mando de máquinas	75	75
Talleres que no formen parte de los espacios de máquinas	85	85
Espacios de trabajo no especificados (otras zonas de trabajo)	85	85
Espacios de gobierno		
Puente de navegación y cuartos de derrota	65	65
Puestos de vigía, incluidos alerones y ventanas del puente de navegación	70	70
Cuartos de radio (con el equipo radioelectrónico en funcionamiento, pero sin emitir audio señales)	60	60
Cuartos de radar	65	65
Espacios de alojamiento		
Camarotes y enfermerías	60	55
Comedores	65	60
Salas de recreo	65	60
Zonas de recreo al aire libre (zonas de recreo externas)	75	75
Oficinas	65	60
Espacios de servicio		
Cocinas, con el equipo de elaboración de alimentos sin funcionar	75	75
Oficios	75	75
Espacios no ocupados habitualmente		
Espacios no especificados	90	90

3.4. Exposición de la gente de mar a niveles de ruido elevados

Los trabajadores en general y la gente de mar en particular, no deberían quedar expuestos a un ruido continuo equivalente (L_{Aeq}) que exceda, en lo que se refiere al nivel y la duración, los 80 dB (A) durante un día o un periodo de 24 horas.

Para entender mejor los niveles de ruido límite para la gente de mar, se divide en zonas de exposición diarias y ocasional mediante la relación: nivel de ruido, dB(A) – Duración de la exposición (hora) (Gobierno de España, 2015) (Figura 27):

- Máxima exposición con protección, Zona A:

La gente de mar, aun llevando protectores para los oídos, en ningún momento debería quedar expuesta a niveles que excedan los 120 dB(A) ni a un nivel L_{Aeq} (24 horas) que exceda los 105 dB(A).

- Exposición ocasional, Zona B:

En esta zona sólo debería permitirse la exposición ocasional y se deberían utilizar protectores para los oídos con una reducción de entre 25 y 35 dB(A).

- Exposición ocasional, Zona C:

En esta zona sólo debería permitirse la exposición ocasional y se deberían utilizar protectores para los oídos con una reducción de 25 dB(A), como mínimo.

- Exposición diaria, Zona D:

Si la gente de mar realiza trabajos corrientes (exposición diaria) en espacios donde los niveles de ruido sean los propios de la zona D, se debería usar protectores para los oídos con una reducción de hasta 25 dB(A) como mínimo, se debería efectuar una evaluación de riesgos, y cabría considerar la conveniencia de hacer uso de un programa para la conservación de las facultades auditivas.

- Máxima exposición sin protección, Zona E:

Para periodos inferiores a ocho horas, la gente de mar que no lleve protectores para los oídos no debería quedar expuesta a niveles de ruido que excedan de 85 dB(A). Cuando se permanezca más de ocho horas en espacios en los que haya un nivel de ruido elevado, éste no debería exceder un nivel de ruido equivalente durante 24 horas ($L_{Aeq,24}$) de 80 dB(A). Por lo tanto, durante al menos un tercio de cada periodo de 24 horas los tripulantes deberían hallarse en un entorno donde el nivel de ruido no exceda los 75 dB(A).

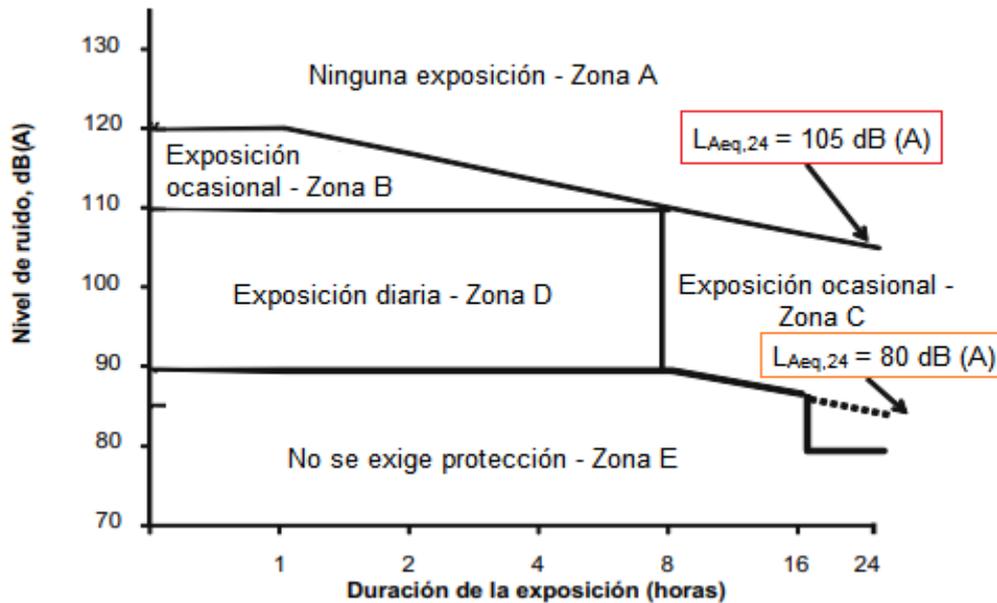


Figura 27. Zonas de exposición diaria y ocasional al ruido a un nivel admisible (Gobierno de España, 2015).

Hay que tener en cuenta que, para trabajar en las zonas A, B, C y D se exigen protectores para los oídos que disminuyan el sonido a menos de 85 dB(A). Para trabajar en la zona E no se exigen protectores para los oídos, pero deben estar a disposición en caso de que el nivel de sonido supere los 80 dB(A) durante un periodo superior a ocho horas.

Por tanto, ningún marino que no lleve protección no debe quedar expuesto durante 24 horas a un nivel acústico continuo equivalente que exceda de 80 dB(A). La exposición diaria en espacios en los que sea obligatorio el empleo de protectores para los oídos no excederá de cuatro horas seguidas ni de ocho horas en total.

3.5. Efectos de la exposición al ruido en la gente de mar

Aunque los buques cumplan con la normativa aplicable, tanto nacional como internacional, los trabajadores a bordo de los buques pueden acabar sufriendo trastornos auditivos. Estos pueden venir dados por un aumento en los niveles de ruido del buque fruto, por ejemplo, del envejecimiento de sus equipos, o de malas prácticas como la no utilización correcta de los equipos de protección auditiva. A continuación, se describen las principales afecciones.

3.5.1. Pérdida de audición permanente

La pérdida de audición permanente (PTS, por sus siglas en inglés: Permanent Threshold Shift) o también conocido como hipoacusia, es un fenómeno en el que una persona no escucha tan bien como una persona con el sentido del oído sano, es decir, cuando su umbral auditivo es de 20 dB o menor para las diferentes frecuencias (comúnmente, entre los 125 Hz y los 8.000 Hz) («What is Temporary Threshold Shift (TTS)? | Anderson Audiology», 2024), («Sordera y pérdida de la audición», 2024). La hipoacusia suele empezar a desarrollarse a la edad de adultez (25 años) y va aumentando con los pasos de los años, viéndose relacionada su gravedad con la exposición del nivel de ruido a la que se encuentre cada individuo, infecciones auditivas anteriores, factores hereditarios, o agentes ototóxicos (ciertos medicamentos, tabaquismo, consumo de alcohol y drogas), entre otros. Se puede clasificar en:

- Hipoacusia ligera: presenta una pérdida de audición entre 20 y 40 decibelios.
- Hipoacusia moderada: pérdida auditiva entre 41 y 60 dB.
- Hipoacusia grave: pérdida auditiva entre 61 y 80 dB.
- Hipoacusia profunda: pérdida auditiva mayor a 81 dB. (Hernández Peña, Montero, y López Rodríguez, 2019)

Algunos de los síntomas que puede presentar una persona con hipoacusia son los siguientes:

- Percibir sonidos demasiado fuertes sin ser reales;
- Dificultad para mantener conversaciones o seguirlas cuando dos o más personas están hablando;
- Dificultad para distinguir sonidos agudos entre sí;
- Mayor facilidad para entender las voces masculinas, ya que se pierde antes la percepción de frecuencias altas;
- Sensación de pérdida de equilibrio o mareos;
- Sensación de presión en el oído;
- Zumbidos constantes. («Hipoacusia: qué es, síntomas y tratamiento | Top Doctors», 2023).

Una vez que inicia esta pérdida de audición, suele seguir un patrón audiométrico bastante típico. Los primeros cambios suelen verse en la falta de percepción a 4.000 Hz, pero no es inusual que el pico máximo se sitúe entre 3.000 y 6.000 Hz. En los primeros 10 años, la pérdida auditiva se hace más profunda y más tarde se detiene, mientras el defecto se va extendiendo a las frecuencias más cercanas. Si se siguiese con la exposición al ruido, el déficit

auditivo se va evidenciando en las frecuencias bajas y la curva adquiere una forma de “cubeta” que desaparece a medida que aumenta el nivel sonoro para percibir las frecuencias agudas (Figura 28) (Gaynés Palou, 2024).

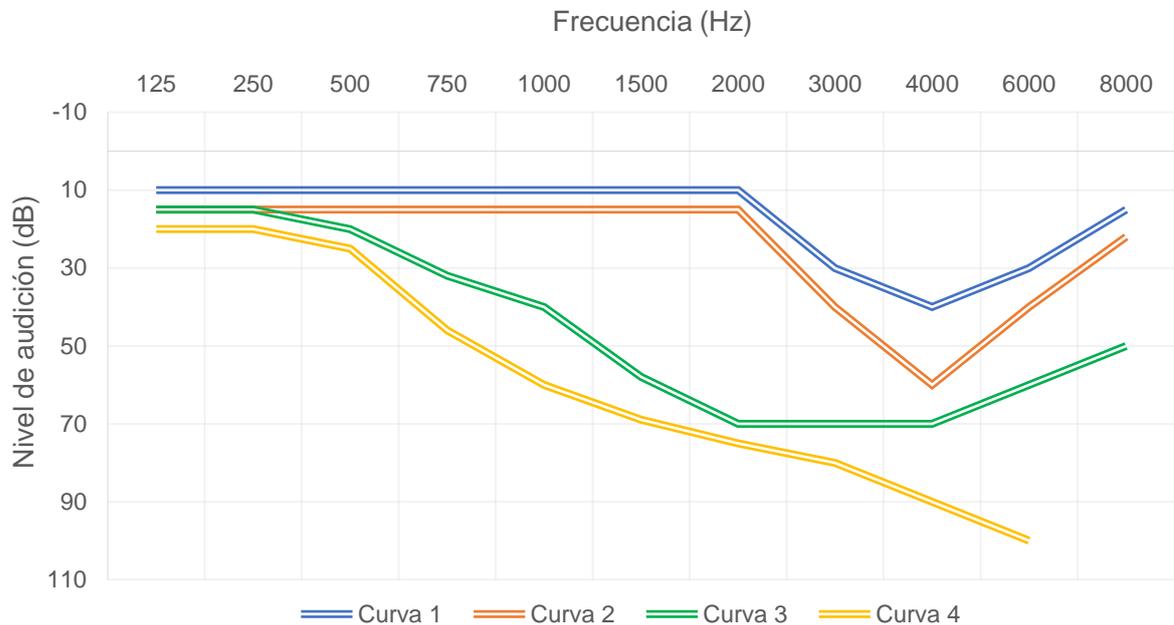


Figura 28. Pérdida de umbral auditivo por la exposición al ruido.

3.5.2. Pérdida de audición temporal y tinnitus

La pérdida de audición temporal (TTS, por sus siglas en inglés: Temporary Threshold Shift) es una pérdida temporal de la audición o tinnitus. Es un cambio temporal en el umbral auditivo al exponerse a episodios extremos de ruido fuerte, que empuja a las pequeñas células ciliadas del oído, e incluso después de que desaparezca el ruido, estas células pueden tardar algún tiempo en recuperar su posición normal. Como resultado, se siente una audición amortiguada y, en algunos casos, tinnitus. Aunque la TTS es una condición temporal, si se experimenta repetidas veces es una señal de que el oído está expuesto regularmente a ruidos peligrosos, lo que puede dar lugar a una pérdida de audición permanente (PTS) («What is Temporary Threshold Shift (TTS)? | Anderson Audiology», 2024).

El tinnitus, o también conocido como acúfenos, es la sensación de sonido en ausencia de un estímulo externo que le corresponda, por lo que se puede clasificar como un fenómeno “fantasma”. Se presenta en forma de silbidos, zumbidos o siseos y su volumen puede variar desde un ruido sutil (justo por encima del umbral auditivo humano) hasta sonidos de alta intensidad pudiendo llegar a ser muy molestos, llegando a provocar estrés si se perciben continuamente (Langguth, 2015).

Según el estudio “Characteristics of DPOAE audiogram in tinnitus patients” (Características del audiograma DPOAE (emisión otoacústica del producto de distorsión) en pacientes con tinnitus), elaborado por el Departamento de Ciencias de la Audición y el Habla y el Departamento de Otorrinolaringología, ambos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Kyoto, Japón, concluye que los umbrales auditivos varían significativamente entre los pacientes con sólo tinnitus diagnosticado, y los pacientes con tinnitus y discapacidad auditiva (Tabla 4), (Shiomi et al. 1997).

Tabla 4. Umbrales auditivos promedio de pacientes con tinnitus con y sin discapacidad auditiva y de individuos con audición normal.

Frecuencia (Hz)		220	500	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000	8.000
Pacientes con tinnitus y audición normal	Media (dB)	15,0	13,0	10,3	13,0	9,0	12,3	12,1	9,3
Pacientes con tinnitus y discapacidad auditiva	Media (dB)	28,8	28,8	28,9	36,5	-	47,4	-	53,3
Pacientes con audición normal	Media (dB)	13,3	9,2	7,3	10,4	7,5	10,2	10,4	6,7

Para visualizar mejor los umbrales auditivos de cada grupo de pacientes anteriores, se muestran los resultados en forma de gráfica (Figura 29):

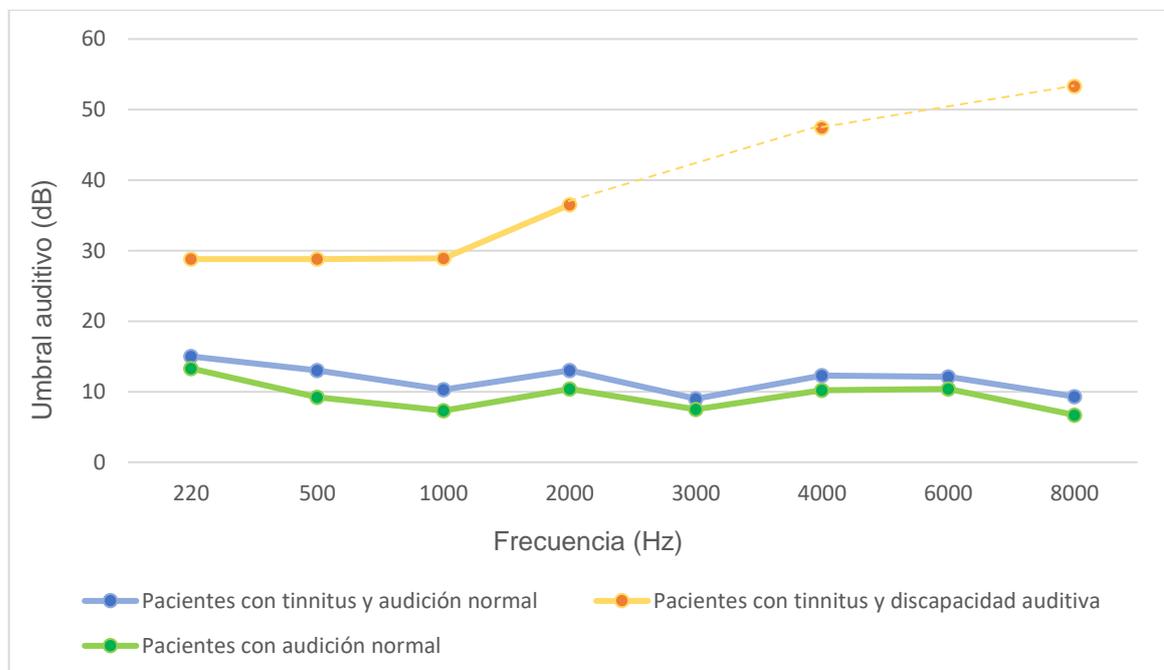


Figura 29. Umbrales auditivos promedio de pacientes con tinnitus con y sin discapacidad auditiva y de individuos con audición normal.

Como se puede observar en la gráfica anterior, los pacientes con tinnitus necesitan de un nivel sonoro (dB) mayor que los pacientes con audición normal para poder escuchar las diferentes frecuencias. Por otro lado, los pacientes tanto con tinnitus como con discapacidad auditiva, difiere significativamente del umbral promedio de los otros dos grupos de pacientes, necesitando mayores niveles sonoro para poder llegar a escuchar las frecuencias, presentando una tendencia creciente para las frecuencias más altas.

3.5.3. Fatiga auditiva

La fatiga auditiva es una disminución de la capacidad auditiva provocada por la exposición a altas intensidades de ruido. También se pueden observar síntomas como la falta de entendimiento o inteligibilidad y cansancio mental («La Fatiga Auditiva. Síntomas y tratamientos. - OirNatur», 2020), lo que puede provocar la disminución de ganas de realizar funciones en el trabajo o la dificultad para comunicarse con otros trabajadores.

Esta disminución no es irreversible, pudiendo recuperar su estado normal entre 2 a 16 horas tras la exposición al ruido, sin embargo, si la exposición al ruido persiste en el tiempo sin la recuperación necesaria, su agresión puede llevar a una lesión crónica, resultando una pérdida de audición y/o tinnitus («Fatiga auditiva: qué es, causas, síntomas y tratamiento | Audiocenter», 2023).

3.5.4. Alteraciones del sueño

Durante su estancia a bordo, las personas duermen con el ruido constante proveniente tanto de la sala de máquinas como de las hélices, entre otros. El ruido durante las horas de sueño revela cambios significativos en los patrones normales del mismo. En términos generales, unas condiciones óptimas de descanso no debe exceder los 30 dB(A) de nivel de ruido equivalente para el ruido de fondo, evitando los niveles de ruido a partir de 45 dB(A) ya que puede derivar en un incremento en la latencia del sueño, es decir, el tiempo que tarda en iniciarse el sueño normal, con una reducción en la duración de las fases más profundas (siendo estas fases esenciales para un sueño reparador), por lo que los individuos suelen despertarse con sensación de fatiga. Asimismo, disminuye el tiempo dedicado al sueño REM, y, de manera preocupante, se ha confirmado un aumento en la tasa de afectación cardíaca durante el sueño («Guías para el ruido urbano. Organización Mundial de la Salud», 1999).

Para fijar límites de exposición al ruido durante la noche, se debe tener en cuenta la intermitencia del ruido. Esto se puede lograr al medir el número de eventos de ruido y diferenciar entre el nivel de sonido máximo y el nivel de sonido de fondo.

Además, una baja calidad de sueño se traduce en una disminución del rendimiento intelectual, fatiga, una reducción en el nivel de atención (lo cual conlleva riesgos en actividades específicas como el control de maquinaria o mantenimiento de estas), cansancio, cambios en la presión arterial y en la frecuencia cardíaca, vasoconstricción, incremento del pulso, irritabilidad, aumento de la agresividad, entre otros, y a largo plazo, trastornos crónicos del sueño que persisten incluso al cambiar a un entorno sin ruido («Guías para el ruido urbano. Organización Mundial de la Salud», 1999), (Lundberg, 2008).

3.5.5. Estrés y malestar psicológico

El estrés es una respuesta que se origina a partir de las condiciones que los estímulos del entorno pueden producir en una persona. La naturaleza de la respuesta depende de los procesos psicológicos que intervienen, los cuales forman parte de la individualidad de cada persona. Bajo este enfoque, el estrés se considera una respuesta adaptativa, moldeada por las características individuales y/o procesos psicológicos, y al mismo tiempo es el resultado de alguna acción, situación o evento externo que plantea demandas particulares, ya sea físicas y/o psicológicas (JM y MT, 1989). Estas demandas están estrechamente relacionadas con factores derivados directamente del entorno ambiental del trabajo que, de alguna manera, ejercen influencia sobre el trabajador y afectan su salud (Selye, 1975).

En su justa medida, el estrés resulta beneficioso para el individuo ya que lo activa y lo mantiene alerta. Esta forma de estrés positivo es lo que se conoce como eustrés. Pero cuando el estrés inducido por la exposición al ruido supera los límites tolerables, diversas funciones corporales pueden sufrir alteraciones, generando efectos perjudiciales para la salud (Prashanth y Sridhar Venugopalachar, 2011). Es esencial destacar la importancia de los factores estresantes, ya que no solo afectan la salud física individual, sino que también ejercen una influencia significativa sobre la salud mental de aquellos expuestos a niveles elevados de estrés debido al ruido. Se ha visto que la exposición aguda a niveles por encima de los 90 decibelios puede estimular el sistema nervioso autónomo y aumentar la producción de adrenalina, cortisol (aumenta la presión sanguínea, desfavorece la memoria y aprendizaje, aumenta el peso, favorece la aparición de pelo, aumenta el cansancio, los dolores de cabeza, la irritabilidad, los problemas digestivos, los cambios de humor, disminuye las defensas, entre otros) («Estrés y ruido, ¿van de la mano? - conRderuido.com», 2017), glucagón (aumenta el nivel de glucosa en sangre) y noradrenalina (neurotransmisor y hormona que incrementa la frecuencia cardíaca, aumenta el flujo de sangre en los músculos, potencia la capacidad de atención, regula la motivación, el estado anímico y los niveles de estrés, impide la somnolencia, disminuye los tiempos de reacción y favorece la memoria, entre otros)

(«Noradrenalina (neurotransmisor): funciones y características», 2023), lo cual impacta de manera considerable en el equilibrio metabólico del individuo (Ising, Babisch, y Kruppa, 1999). Esta combinación de factores, junto con la disminución de la capacidad auditiva, repercute negativamente en la calidad de vida del afectado (Gómez Martínez et al. 2012).

3.5.6. Problemas cardiovasculares

La exposición al ruido, especialmente a niveles elevados, se ha visto ligado con el desarrollo de alteraciones en el sistema cardiovascular. Estas alteraciones se traducen en un aumento de la frecuencia cardíaca, la presión arterial, las concentraciones de noradrenalina y cortisol y la activación del sistema nervioso simpático (aumento del ritmo cardíaco y respiratorio, aumento de la sudoración, elevación de la presión sanguínea, dilatación de las pupilas y redistribución del flujo sanguíneo), preparando al cuerpo para una respuesta de “lucha o huida” («Sistema nervioso simpático: Definición, anatomía, función | Kenhub», 2023), (Escobar y División, 2016).

El aumento de la presión arterial, o también conocido como hipertensión arterial (HTA) es una de las principales causas de morbilidad de riesgo cardiovascular, ya que aumenta el riesgo de infarto agudo al miocardio (IAM) y los accidentes cerebrovasculares (ACV) también conocido como ictus (Babisch, 2008).

3.5.7. Problemas gastrointestinales

Se han observado alteraciones gastrointestinales por la exposición al ruido, como el incremento de incidencia de úlcera duodenal, dolores cólicos y otras perturbaciones gastrointestinales (Bernabeu Taboada, 2007), como, por ejemplo:

- Síndrome de intestino irritable (SII): trastorno que lleva a dolor abdominal, gas, llenura, distensión y cambios en los movimientos intestinales (gastroenteritis y/o estreñimiento) (Canavan, West, y Card, 2014).
- Enfermedad inflamatoria intestinal (EII): es una enfermedad crónica que causa una inflamación del colon (intestino grueso) y/o del intestino delgado, que se presenta como brotes. Engloba la colitis ulcerosa que causa inflamación y llagas (úlceras) en el recubrimiento del intestino grueso y el recto, y a la enfermedad de Crohn, que se caracteriza por la inflamación del recubrimiento del tracto digestivo, normalmente sus capas más profundas. Esta enfermedad afecta con mayor frecuencia al intestino delgado, sin embargo, también puede afectar al intestino grueso y, en ocasiones, al tracto gastrointestinal superior («Enfermedad Inflamatoria Intestinal | Causas,

Síntomas, Tratamiento | PortalClínic», 2020; Bibbins-Domingo et al. 2016; Lichtenstein et al. 2018).

- Trastornos en la motilidad gastrointestinal: estos problemas se pueden ver reflejados en la dificultad para tragar alimentos, en la retención duradera de alimentos en el estómago, en diarrea, estreñimiento, tránsitos intestinales excesivos incluyendo alteraciones en la continencia de la materia fecal («Trastornos de la Motilidad Gastrointestinal: qué es, síntomas y tratamiento | Top Doctors», 2023).
- Hiposalivación: la disminución anormal de salivación o incluso la boca seca (xerostomía) afecta en la disminución del gusto, a la dificultad para masticar y tragar, altera el habla, favorece la aparición de caries y aumenta el riesgo de infecciones bucales como las aftas («Causas, síntomas, tratamiento de la saliva baja (hiposalivación) | ElUtil», 2021).
- Desregulación del sistema nervioso entérico: este sistema es el encargado de determinar los movimientos del tracto gastrointestinal, de controlar la secreción del ácido gástrico, del flujo sanguíneo local y la absorción de nutrientes, entre otros (Furness, 2012).

3.6. Impacto en la comunicación

Además de las afecciones anteriormente comentadas, el ruido a bordo de un buque también tiene repercusiones en la comunicación entre la tripulación, las cuales pueden tener un impacto negativo en la seguridad del buque. La tripulación de máquinas es la más afectada por ser un ruido constante y de alta intensidad por provenir de la sala de máquinas, por lo que muchas veces se usa comunicación no verbal con señas o códigos específicos para evitar la elevación de la voz (a veces resulta inútil) y la fatiga por ese esfuerzo.

En ocasiones, se recurre al uso de sistemas de comunicación electrónicos, como radios e intercomunicadores para asegurar los mensajes en operaciones entre el control y la sala de máquinas. Sin embargo, estas formas de comunicación incrementan los malentendidos ya que las órdenes pueden entenderse a medias o malinterpretarse, lo que conlleva un riesgo a la seguridad operativa, por lo que es crucial adoptar protocolos de comunicación entre la tripulación e implementar tecnología para reducir el ruido a bordo. Además, muchas de las tripulaciones en los buques son internacionales y multiculturales, de modo que necesitan hablar en un idioma común, normalmente el inglés, incrementando la dificultad de comunicación al no ser, en muchas ocasiones, la lengua materna de los tripulantes.

Capítulo 4

**MEDIDAS PARA
REDUCIR
EL RUIDO A BORDO**

4

4. Medidas para reducir el ruido a bordo

En ambientes como el estudiado, los niveles de ruido presentes en cada local provocan que el nivel diario equivalente de cada tripulante sea excesivo. Es por ello, que resulta necesario proporcionar algún tipo de medida para mitigar la transmisión de ruido a bordo, en especial con el objetivo de que las zonas de descanso no se vean afectadas por el ruido generado por los equipos instalados en la sala de máquinas y el sistema de propulsión.

Como medidas preventivas, se pueden distinguir tres formas de actuar para reducir los niveles de ruido:

1. Reducción del ruido en la fuente;
2. Disminución del nivel de ruido en el medio de transmisión o colocación de apantallamiento común;
3. Protección sobre el trabajador.

4.1. Reducción de ruido en la fuente

Los buques mercantes se conforman de diversas fuentes internas de ruido que pueden afectar a la tripulación. Estas fuentes de ruido pueden clasificarse en cuatro categorías principales:

- Máquinas y equipos: los motores principales, generadores eléctricos, generadores de cola, bombas, compresores, sistemas de refrigeración, rodamientos y otros equipos mecánicos que en funcionamiento generan altos niveles de ruido y vibraciones.
- Sistemas de ventilación y aire acondicionado: los sistemas HVAC (por sus siglas en inglés: Heating Ventilation Air Conditioning) están compuestos por calefacción, ventilación y aire acondicionado que producen ruido debido al flujo de aire a través de conductos y ventiladores.
- Sistemas de propulsión: los sistemas de propulsión, como hélices, timones, propulsores cicloidales (tipo de propulsor del buque estudiado), entre otros, generan ruido hidrodinámico durante la navegación. La cavitación de la hélice, en caso de estar presente, es una de las grandes fuentes de ruido del buque, aunque sus efectos en el interior del mismo son menores.
- Actividades humanas: las actividades cotidianas de la tripulación, como el movimiento de equipos, el trabajo en cubierta, trabajos de taller (herramientas eléctricas, golpes, etc.) o el funcionamiento de la cocina, también contribuyen al ruido interno del buque.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que el diseño de los buques implica espacios confinados y una limitación, lo que dificulta la posibilidad de instalar barreras de aislamiento

acústico o implementar medidas para reducir el ruido. Además, existen unos requisitos de operatividad y seguridad que limitan la opción de diseño, ya que los equipos deben permanecer accesibles para realizar mantenimientos y operaciones de emergencia. Esta necesidad de accesibilidad restringe aún más las posibilidades de instalar aislamiento acústico o soluciones de mitigación que podrían obstruir el acceso.

Por último, la instalación de materiales de aislamiento acústico en estos equipos aumentaría el peso del buque, que supondría un impacto directo en su rendimiento y eficiencia operativa. Esto iría ligado a un aumento del consumo de combustible, incrementando el costo operativo significativamente tanto a nivel logístico como de suministro.

Estos retos destacan la dificultad de mitigar los niveles de ruido en las fuentes de los buques y resaltan la necesidad de buscar soluciones innovadoras y adaptables a las condiciones específicas de cada embarcación.

Algunas de las técnicas utilizadas a bordo para mitigar los ruidos y vibraciones de la sala de máquina son los siguientes:

- Sistemas anti – vibrantes;
- Cubiertas y carcasas insonorizadas;
- Alineación y balances de equipos;
- Utilización de silenciadores;
- Mantenimiento preventivo.

4.1.1. Sistemas anti – vibrantes

Los sistemas anti-vibrantes en un buque son dispositivos y técnicas que se utilizan para reducir o aislar las vibraciones generadas por maquinaria y otros equipos. Estas vibraciones afectan tanto al confort de la tripulación como a la integridad estructural del buque y la propia funcionalidad de los equipos. Los sistemas anti-vibrantes contribuyen a mitigar dichos efectos y mejorar la operatividad y habitabilidad del buque. Algunos de estos sistemas son:

- Monturas anti – vibrantes:
 - o Monturas de caucho: absorben las vibraciones a través de elastómeros deformándose y disipando la energía vibratoria (Figura 30);



Figura 30. Sistema anti-vibrante de caucho («Soporte antivibratorio cónico», 2024).

- Monturas de resorte: utilizan resortes metálicos que proporcionan aislamiento a través de la elasticidad (Figura 31);



Figura 31. Sistema anti-vibrante de resorte («Fabricante y proveedor de soportes de resorte antivibración tipo MD de alta calidad |Campanero», 2022).

- Monturas mixtas: son la combinación de elementos de caucho y resortes con el fin de aprovechar las propiedades de ambos materiales.
- Amortiguadores de fluido: absorben y disipan la energía vibratoria a través de la utilización de fluidos viscosos (Figura 32).



Figura 32. Amortiguador de fluido viscoso («Amortiguador de fluido viscoso - Agom Metal Rubber engineering», 2024).

- Aisladores de Inercia: son sistemas que usan masas pesadas para contrarrestar las fuerzas vibratorias, y así proporcionar estabilidad y reducir las vibraciones (Figura 33).



Figura 33. Base de inercia para soporte de equipos mecánicos («Bases de inercia tipo CPB y soportes de bomba de alta calidad Fabricante y proveedor [Campanero», 2022).

Por tanto, los sistemas anti-vibrantes en los buques proporcionan beneficios importantes, como la mejora del comfort de la tripulación y pasajeros, la protección y prolongación de la vida útil de los equipos, y la preservación de la integridad estructural del buque al reducir el estrés y la fatiga. Sin embargo, presentan desafíos como el espacio limitado para su instalación, el costo de su implementación y mantenimiento, y la necesidad de un mantenimiento regular para asegurar su efectividad a lo largo del tiempo.

4.1.2. Alineación y balances de equipos

La alineación en los equipos (Figura 34) es un proceso de ajuste de las posiciones de las partes móviles en una máquina con el objetivo de que sus ejes estén paralelos. Esta medida es crucial en los sistemas que incluyen elementos rotativos como motores, bombas y compresores. De esta manera se asegura que las partes móviles trabajen de forma eficiente y sin causar desgaste excesivo o vibraciones innecesarias. Una mala alineación de estos equipos puede llevar a fallos prematuros, mayor consumo de energía y aumento de costos de mantenimiento.

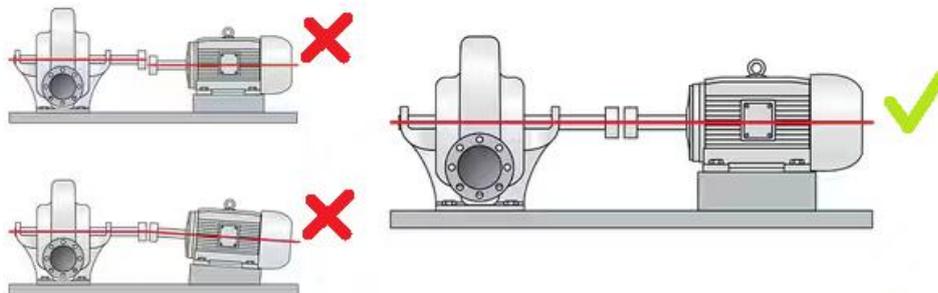


Figura 34. Alineación correcta de ejes («Alineación de ejes por láser | SKF», 2024)

El balance de equipos es el ajuste del peso de las partes rotativas en una máquina con el fin de asegurar que el centro de masa esté en el eje de rotación. Gracias a este proceso se previenen daños en los componentes, se reduce el nivel de ruido y aumenta la vida útil del equipo. Un mal balance puede derivar vibraciones excesivas, fatiga en los materiales y fallos mecánicos.

4.1.3. Utilización de silenciadores

Los silenciadores acústicos (Figura 35) son dispositivos diseñados para reducir el ruido generado por los sistemas de escape de los motores del buque y otros equipos ruidosos.



Figura 35. Silenciadores acústicos («Silenciadores acústicos Vibrachoc - Vibrachoc | Sistemas para la amortiguación de vibraciones y ruidos», 2023).

A continuación, se especifican los propósitos y el funcionamiento de los silenciadores.

- Propósito de los silenciadores:
 - Reducir el ruido: los silenciadores están diseñados para disminuir los niveles de ruido que emiten los motores y otros sistemas mecánicos. Este punto es crucial para mejorar el ambiente de trabajo y las condiciones de vida a bordo;
 - Cumplimiento normativo: estos sistemas ayudan a cumplir con las regulaciones internacionales sobre los niveles de ruido a bordo;
 - Protección de la salud: al reducir el ruido se protege la audición de la tripulación y mejora el bienestar general;
 - Minimización de la contaminación acústica: además de las condiciones a bordo, también favorecen la reducción de la contaminación acústica en los puertos y áreas marítimas.
- Funcionamiento de los silenciadores:
 - Absorción del ruido: los silenciadores utilizan materiales absorbentes del ruido como lanas minerales o espumas acústicas, con el fin de absorber las ondas sonoras y convertirlas en calor;
 - Reducción de la presión del sonido: estos sistemas incorporan cámaras de expansión y desviadores que reducen la presión de las ondas sonoras, disminuyendo el ruido emitido;
 - Filtración de frecuencias específicas: algunos silenciadores están diseñados para atenuar frecuencias específicas del sonido, como las frecuencias bajas emitidas por los motores diésel;

- Mantenimiento de la eficiencia: deben estar diseñados para reducir el sonido sin afectar a la eficiencia operativa del sistema de escape o del propio rendimiento del motor.

Estos sistemas mejoran la calidad de vida a bordo tanto en las áreas de descanso como en las de trabajo, incrementando así la comodidad y productividad de la tripulación, el cumplimiento de normativas legales de ruido, y protegen los equipos disminuyendo las vibraciones y estrés alargando la vida útil. Sin embargo, también presentan altos costos de implementación, la necesidad de una planificación debido al espacio limitado de los buques, y la exigencia de mantenimientos regulares para asegurar la eficacia continua.

4.1.4. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo de un buque es el conjunto de prácticas y procedimientos programados y realizados de manera regular con el objetivo de evitar fallos y averías en los equipos y sistemas del barco. Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo antes de que ocurran problemas, basándose en intervalos de tiempo específicos o en el uso de los equipos, con el fin de garantizar la seguridad, la eficiencia operativa, prolongar la vida útil de los componentes del buque, reducir los costos a largo plazo y cumplir con la normativa internacional de seguridad y operación del buque. Las actividades típicas de mantenimiento preventivo incluyen inspecciones periódicas, limpieza, lubricación, ajustes, pruebas de funcionamiento y reemplazo de piezas desgastadas o deterioradas.

Hay que tener en cuenta que para seguir un mantenimiento preventivo en los buques hay que suplir los siguientes desafíos:

- Coste inicial: se debe implementar un programa de mantenimiento preventivo que requiere una inversión inicial en términos de recursos y mano de obra especializada. Alguno de los programas informáticos más utilizados a bordo son AMOS (Asset Management Operating System), MESPAS, ShipManager, SERTICA, etc.;
- Planificación y logística: la coordinación del mantenimiento preventivo puede llegar a ser complejo especialmente en buques que operan en rutas largas y tienen cronogramas ajustados;
- Disponibilidad de piezas y personal cualificado: es importante asegurarse de que se dispone de piezas de repuesto (respetos) y personal cualificado para realizar el mantenimiento en cualquier puerto;
- Interrupciones operacionales: aunque el objetivo es minimizar las interrupciones, el mantenimiento preventivo puede requerir tiempos de inactividad planificados de equipos que deben ser gestionados adecuadamente para no afectar las operaciones;

- Adaptación tecnológica: con el avance constante de la tecnología, el personal de mantenimiento debe estar continuamente capacitado y actualizado para manejar los nuevos sistemas y equipos a bordo.

4.2. Cubiertas y carcasas insonorizadas

Las cubiertas insonorizadas son paneles o materiales que recubren diversas partes del buque, especialmente las áreas donde hay una mayor exposición a altos niveles de ruido como la sala de máquinas. Mediante estas estructuras se pretende tanto absorber el ruido utilizando materiales con propiedades acústicas que absorben el sonido y evitar su propagación como aislar el ruido actuando como barreras que impiden que se transmita el ruido a otras áreas del buque con el fin de mejorar el confort acústico de las zonas habitables.

Las carcasas insonorizadas son sistemas que envuelven los equipos y las máquinas más ruidosas. Mediante estas estructuras se pretende tanto confinar el ruido dentro de la carcasa reduciendo así el nivel de ruido en el entorno como aislar el ruido incluyendo varias capas de materiales acústicos como espumas y barreras de masa.

Estos dos sistemas aislantes ofrecen beneficios al confort acústico de las zonas habitables y de trabajo, protegen los equipos del desgaste por vibraciones y además ayudan a cumplir con las regulaciones internacionales sobre niveles de ruido a bordo. Sin embargo, necesitan de bastante espacio de las áreas confinadas, y el aumento de peso asociado a la inclusión de estos materiales puede afectar al rendimiento y al consumo de combustible del buque, y los costos asociados a la implementación y el mantenimiento de éstos, que no siempre son viables.

4.3. Disminución del nivel de ruido en el medio de transmisión

En los buques, se utilizan varios tipos de aislamientos acústicos con el fin de reducir el ruido y las vibraciones, mejorando así la comodidad y la seguridad a bordo. Estos aislamientos pueden clasificarse en varias categorías, según su aplicación y propiedades. A continuación, se presentan los tipos más comunes de aislamientos acústicos utilizados en los buques:

- Paneles de aislamiento acústico:

- Paneles de lana mineral: están hechos de lana de roca o lana de vidrio (Figura 36), siendo efectivos para absorber el ruido en una amplia gama de frecuencias.

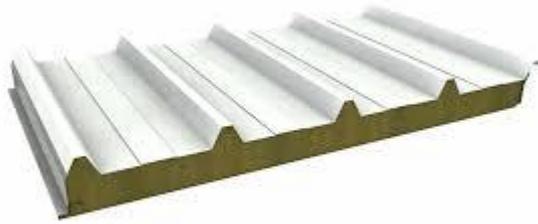


Figura 36. Panel de lana de roca («Panel lana de roca.» 2024)

- Paneles de espuma acústica: se utilizan, aunque en menor medida, para absorber sonidos y reducir la reverberación en camarotes y salas de control.
- Revestimientos y envolventes:
 - Aislamiento viscoelástico: mediante las propiedades de viscosidad y elasticidad, se instalan en suelos, mamparos, techos de camarotes y zonas habilitadas para disipar el ruido. Se utilizan en zonas concretas ya que, aunque atenúan muy bien el ruido y las vibraciones, generalmente son más caros que otros aislantes utilizados a bordo como los compuestos por lana de roca.
 - Revestimiento de espuma acústica: se aplican en mamparos, techos y suelos para reducir la transmisión del ruido.
 - Envolventes de maquinaria: cubiertas y carcasas insonorizadas para equipos ruidosos como motores y generadores.
- Barreras y sellos acústicos:
 - Barras acústicas: se utilizan con el fin de bloquear el paso del ruido a través de aberturas y juntas.
 - Sellos de puertas y ventanas: están diseñados para evitar la filtración del ruido entre puertas y ventanas.
- Sistemas de aislamiento de vibraciones:
 - Montajes antivibración: se basan en amortiguadores y soportes de goma que reducen la transmisión de vibraciones de la maquinaria a la estructura del buque.
 - Suspensiones flotantes: son sistemas que desacoplan las estructuras de los camarotes y otras áreas sensibles del casco principal del buque.
- Materiales de aislamiento combinado:

- Combinaciones de espuma y plomo: son materiales compuestos que combinan las propiedades tanto de absorción como de bloqueo del sonido.
- Membranas de alta densidad: son materiales flexibles pero densos que se usan para agregar masa y reducir la transmisión del sonido a través de los mamparos y techos.
- Aislamiento de tuberías y conductos:
 - Envoltentes de tuberías: se utilizan materiales con propiedades insonorizantes en tuberías y conductos para reducir el ruido del flujo de fluidos y la vibración estructural.
 - Revestimientos internos: son materiales absorbentes aplicados en el interior de conductos para minimizar el ruido del aire acondicionado y ventilación.

Hay aplicaciones específicas para cada tipo de aislamiento acústico en función de la ubicación, el tipo de ruido a mitigar y las condiciones operativas del buque:

Camarotes y áreas de descanso: se utilizan revestimientos de lana mineral para proporcionar un ambiente tranquilo.

Puente de mando y salas de control: se instalan materiales de alta absorción para mantener un entorno de trabajo adecuado.

Áreas de máquinas y sala de máquinas: se usan materiales envoltentes y montajes antivibración para reducir el ruido generado por los motores y equipos auxiliares.

4.3.1. Nivel de absorción de un material

La absorción acústica es la capacidad de un material para absorber una parte de energía de las ondas sonoras incidentes, reduciendo de esta manera la cantidad de energía sonora reflejada, y convirtiendo dicha energía absorbida en energía calorífica (inicialmente en forma de vibración), transmitida a otras áreas o reflejada de nuevo. Esta capacidad de absorción de los materiales se expresa mediante el coeficiente “Alfa Sabine (α)”, en función de la frecuencia del sonido, variando desde el valor 0 (reflexión total) hasta 1 (absorción total). Por ejemplo, un material con $\alpha = 0,3$ es equivalente a una absorción del 30 % de la energía de la onda sonora («Absorción acústica, ¿qué es y cómo funciona?. | ISINAC» 2023; «Absorción acústica – el Glosario de International Acoustic» 2023).

Hay que tener en cuenta las siguientes características de los materiales absorbentes:

- La cantidad de absorción del material aumenta con la frecuencia;

- Para los sonidos con frecuencias bajas, la absorción aumenta con el espesor del material;
- Para los sonidos con frecuencias altas, la absorción no depende del espesor del material;
- La diferencia de densidades de los materiales facilita la absorción en distintas frecuencias.

Cada material especifica el coeficiente de absorción según la frecuencia, generalmente para 125, 250, 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz («Absorción acústica, ¿qué es y cómo funciona?. | ISINAC» 2023).

La norma ISO 11654:1997 “Acústica. Absorbentes acústicos para su utilización en edificios” (también aplicada para la utilización en buques), proporciona un método para clasificar y calificar el rendimiento de absorción acústica de materiales, facilitando la comparación de diferentes materiales y su efectividad en la absorción de sonido (Tabla 5):

Tabla 5. Clasificación y calificación del rendimiento de absorción acústica de materiales («Absorción acústica - ISO 11654 - Telones acústicos | Peroni» 2017)

Coeficiente ponderado de absorción acústica	Clase de absorción acústica	Ponderación
≥ 0,90	A	Absorción máxima
0,80 – 0,85	B	Absorción mayor
0,60 – 0,75	C	Absorción alta
0,30 – 0,55	D	Absorción normal
0,15 – 0,25	E	Absorción baja
≤ 0,10	F (no clasificado)	Reflexión

A continuación, se representa en la Tabla 6 la absorción de la lana de vidrio en función de su densidad, espesor y la frecuencia a absorber.

Tabla 6. Coeficiente de absorción de la lana de vidrio («Acústica (IV): acondicionamiento con absorbentes, difusores y trampas de graves | Hispasonic» 2018)

Material (densidad y espesor)	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Lana de vidrio de 14 kg/m ³ y 25 mm de espesor	0,15	0,25	0,40	0,50	0,65	0,70
Lana de vidrio de 14 kg/m ³ y 50 mm de espesor	0,25	0,45	0,70	0,80	0,85	0,85
Lana de vidrio de 35 kg/m ³ y 25 mm de espesor	0,20	0,40	0,80	0,90	1,00	1,00
Lana de vidrio de 35 kg/m ³ y 50 mm de espesor	0,30	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00

4.4. Protección sobre el trabajador

Los protectores auditivos son elementos esenciales de equipo de protección personal (EPI) destinados a reducir los efectos nocivos que el ruido puede tener en la capacidad auditiva. Generalmente, se presentan de dos formas: tapones para los oídos y orejeras, ambas con características y funciones adicionales. Estos dos formatos poseen sus propias ventajas y desventajas respecto a los niveles de atenuación, comodidad, facilidad de uso, capacidad de comunicación y costos (Anuncio, 2016).

En la Tabla 7 se muestra el valor medio de aislamiento del ruido de los protectores auditivos (SNR, por sus siglas en inglés: Single Number Ratio) para los diferentes niveles de ruido.

Tabla 7. Factor de protección adecuado (SNR) («¿Qué es SNR en el área de la protección auditiva? - Audioactive», 2020).

Nivel de ruido ponderado en A (dB)	Índice de reducción (SNR) (dB)
85 a 90	20 o menos
90 a 95	20 a 30
95 a 100	25 a 35
Más de 100	30 o más

Se deben evitar los protectores que reducen el nivel en el oído por debajo de 70 dB, ya que esta sobreprotección puede provocar dificultades en la comunicación y en la audición de

las señales de alerta, que pueden derivar a riesgos en la seguridad («¿Qué es SNR en el área de la protección auditiva? - Audioactive», 2020).

4.4.1. Tapones

Los tapones son elementos diseñados de diversos materiales o formas que se introducen en el canal auditivo. Pueden ser moldeables como en el caso de los tapones de goma (Figura 37), o premoldeados en el caso de los tapones de cera (Figura 38). A diferencia de otros protectores auditivos, los tapones pueden ser desechables o reutilizables.



Figura 37. Tapones de goma (Classic TM Tapones, 2023).



Figura 38. Tapones de cera («Pinterest», 2024).

Para tener una idea sobre el nivel de atenuación de los tapones, se podrán de ejemplo los tapones de goma representados en la Figura 37, modelo 3M™ E-A-R™ Classic™, en la Tabla 8:

Tabla 8. Niveles de atenuación de los tapones de goma 3M™ E-A-R™ Classic™ (Classic TM Tapones, 2023).

	Frecuencia (Hz)							H	M	L	SNR
	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000				
Mf (dB)	29,0	30,4	33,1	32,4	33,6	43,1	38,3	34,3	32,1	30,8	34,3
Sf (dB)	4,8	6,0	5,9	6,4	3,4	2,3	3,3	2,9	4,8	4,9	3,8
APVf (dB)	24,2	24,4	27,2	26,0	30,2	40,8	35,0	31	27	26	31

Donde: Mf = valor de atenuación media; Sf = desviación estándar; APVf (Mf – Sf) = valor de protección asumido; H = valor de atenuación de alta frecuencia; M = valor de atenuación de frecuencia media; L = valor de atenuación de baja frecuencia y; SNR = valor medio de aislamiento del sonido de una protección auditiva.

Estos tapones pueden utilizarse como protección auditiva en entornos de ruido moderado a alto proporcionando una protección eficaz con todas las frecuencias de prueba. Además, presentan unas ventajas y desventajas respecto a otros protectores auditivos (Instituto Nacional de Seguridad, 2017):

Ventajas:

- Existen distintos modelos: desechables, reutilizables, moldeables, premoldeados, personalizados y con arnés;
- Fácil combinación con otro EPI;
- Confortables para largos periodos de uso en ambientes cálidos y húmedos;
- No generan problemas de sudoración;
- Pequeños y fáciles de transportar;
- Con arnés: fáciles de usar, ideales para ruidos intermitentes y de corta duración.

Desventajas:

- Comunicación oral difícil;
- Requieren higiene rigurosa;
- Eficacia reducida en caso de mala inserción;
- Mayor dificultad para poner y quitar;
- Es fácil perderlos o extraviarlos;
- Más difícil de ver y monitorear su uso.

4.4.2. Orejeras

Consisten en dos piezas con forma de casquete que cubren las orejas y que se adaptan a la cabeza por medio de almohadillas blandas, normalmente rellenas de espuma plástica y forradas con un material que absorbe el ruido (Figura 39). Están unidos entre sí por una banda de presión (arnés), generalmente de metal o de plástico (Theodoridis y Kraemer, 2022).



Figura 39. Protectores auditivos tipo orejeras («Protector auditivo 3M-PELTOR OPTIME III Diadema», 2024).

A continuación, en la Tabla 9, se mostrarán los niveles de atenuación de las orejeras representadas en la Figura 39 anterior, modelo 3M™ PELTOR™ Optime™ III Orejeras (diadema H540A). Este modelo se ha elegido por ser altamente popular entre los trabajadores del departamento de máquinas de los diferentes buques.

Tabla 9. Niveles de atenuación de las orejeras modelo 3M™ PELTOR™ Optime™ III (Orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™ III, 2021).

	Frecuencia (Hz)							
	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
Mf (dB)	20,8	17,4	24,7	34,7	41,4	39,3	47,5	42,6
Sf (dB)	3,1	2,1	2,6	2,0	2,1	1,5	4,5	2,6
APVf (dB)	17,7	15,3	22,1	32,7	39,3	37,8	43,0	40,0

H = 40 dB; M = 32 dB; L = 23 dB; SNR = 35 dB.

Se observa que, al proporcionar un valor de atenuación SNR = 35 dB, puede satisfacer las necesidades de entornos con altos niveles de ruido, como puede ser la sala de máquinas de un buque. Por esta razón son unas de las orejeras más comunes a bordo.

Estos protectores presentan ventajas y desventajas respecto a otros protectores auditivos (Instituto Nacional de Seguridad, 2017):

Ventajas:

- Existen varios diseños: con arnés de cabeza, de nuca, bajo la barbilla y con arnés universal;
- Facilidad de uso, con menos variabilidad de atenuación entre usuarios;
- Son ideales para uso con ruidos intermitentes;
- Durabilidad, fácil cuidado y mantenimiento;
- Son más higiénicas que los tapones;
- Posibilidad de uso de cubre – almohadillas conforme a las instrucciones del fabricante;
- No es fácil perderlas o extraviarlas.

Desventajas:

- Comunicación oral difícil;
- Son incómodas para largos periodos de uso en ambientes cálidos y húmedos;
- Son voluminosas pudiendo incluso limitar los movimientos de la cabeza, especialmente en espacios reducidos;
- Dificultan su combinación con otros EPI e incluso con gafas graduadas.

4.4.3. Protectores no pasivos y tapones a medida

Los protectores no pasivos son protectores similares a los anteriores pero que además incorporan otras funciones adicionales, pudiendo incluir componentes mecánicos o electrónicos. Los tapones a medida (Figura 40) se han estado desarrollando en los últimos años gracias a los avances tecnológicos de materiales y técnicas de fabricación, utilizando escaneos y modelajes en 3D, diseñados para adaptarse al canal auditivo de cada persona, para así poder ofrecer una protección mayor y un ajuste más cómodo que los protectores convencionales. Los modelos más avanzados implementan tecnología bluetooth integrada con el fin de obtener una conectividad con equipos electrónicos como radios o teléfonos al mismo tiempo que protegen de los riesgos vinculados al ruido.



Figura 40. Tapones auditivos moldeados a medida («Tapones para los oídos moldeados a medida - Protecciones auditivas», 2024).

En la Tabla 10, se mostrarán los niveles de atenuación de tapones a medida representados en la Figura 40 anterior, modelo Qeos Orange del fabricante Cotral, destinados a trabajadores expuestos a niveles altos de ruido:

Tabla 10. Niveles de atenuación de los tapones a medida modelo Cotral Qeos Orange (Lab, 2024).

	Frecuencia (Hz)							
	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
APVf (dB)	26,6	28,5	27,6	29,9	30,1	29,2	36,0	36,6

H = 31 dB; M = 30 dB; L = 29 dB; SNR = 33 dB.

Si los comparamos con los protectores auditivos de tipo orejeras anteriores, se puede observar que los tapones moldeables tienen mejor atenuación en las frecuencias bajas, pero bastante menor atenuación en las altas.

Estos protectores presentan ventajas y desventajas frente a otros protectores (Instituto Nacional de Seguridad, 2017):

Ventajas:

- Varían su atenuación al cambiar el nivel de ruido presente en el puesto de trabajo;
- Proporcionan en modo activo atenuación adicional a ruido de alto nivel a bajas frecuencias;
- Permiten una comunicación clara y fiable;
- Posibilidad de selección de modo activo o pasivo de filtración de ruido;

- En modo activo permiten la comunicación oral.

Desventajas:

- Autonomía limitada;
- Tolerancia limitada a la humedad;
- Especial atención al mantenimiento.

Capítulo 5

CASO PRÁCTICO

5

5. Caso práctico

5.1. Introducción

Al completar la construcción de un buque, se llevan a cabo unas pruebas de mar antes de la entrega al propietario. Esto permite verificar que todos los sistemas y equipos estén en buen estado de funcionamiento.

Las sociedades de clasificación son organizaciones no gubernamentales que extienden certificados de clase, realizando inspecciones, auditorías y pruebas técnicas en buques (dando validez al buque de cara al seguro), plataformas offshore, terminales portuarias y otras instalaciones marítimas. Cuando una bandera no tiene los medios para poder atender a todos los buques (Malta, Chipre, etc.), es cuando se delega a las sociedades de clasificación para realizar certificados estatutarios (documento que certifica que un buque cumple con los requisitos estipulados en los convenios y regulaciones internacionales, así como leyes nacionales relacionadas con la construcción, la seguridad, el equipamiento y la protección del medio ambiente marino). En el caso de España, la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM) es la responsable de las inspecciones. Algunas de las sociedades de clasificación más importantes son la Lloyd's Register, American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas, Det Norske Veritas (DNV), las cuales forman parte de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS, siglas en inglés de International Association of Classification Societies).

La aprobación por parte de la sociedad de clasificación va ligada junto a las pruebas de mar del buque (Figura 41) que deben realizarse bajo las condiciones que indica la norma ISO 19019:2005 titulada “Buques marítimos y tecnología marina. Instrucciones para la planificación, realización y notificación de pruebas en el mar”. Las pruebas de mar son un conjunto de evaluaciones exhaustivas realizadas en una embarcación en condiciones reales de operación en el agua con el objetivo de verificar que el diseño, la construcción y el rendimiento del barco cumplen con las normativas y requisitos aplicables. Se lleva a cabo una evaluación integral de todos los sistemas y equipos del buque, la toma de medidas de niveles de ruido, vibraciones y temperatura, la resistencia estructural, la capacidad de flotación, la disposición de equipos de seguridad, la eficiencia energética, la maniobrabilidad, la estabilidad, la navegación, la resistencia al oleaje y otras características esenciales. Las condiciones marítimas reales proporcionan un entorno idóneo para evaluar el comportamiento dinámico y la respuesta del barco ante situaciones diversas.

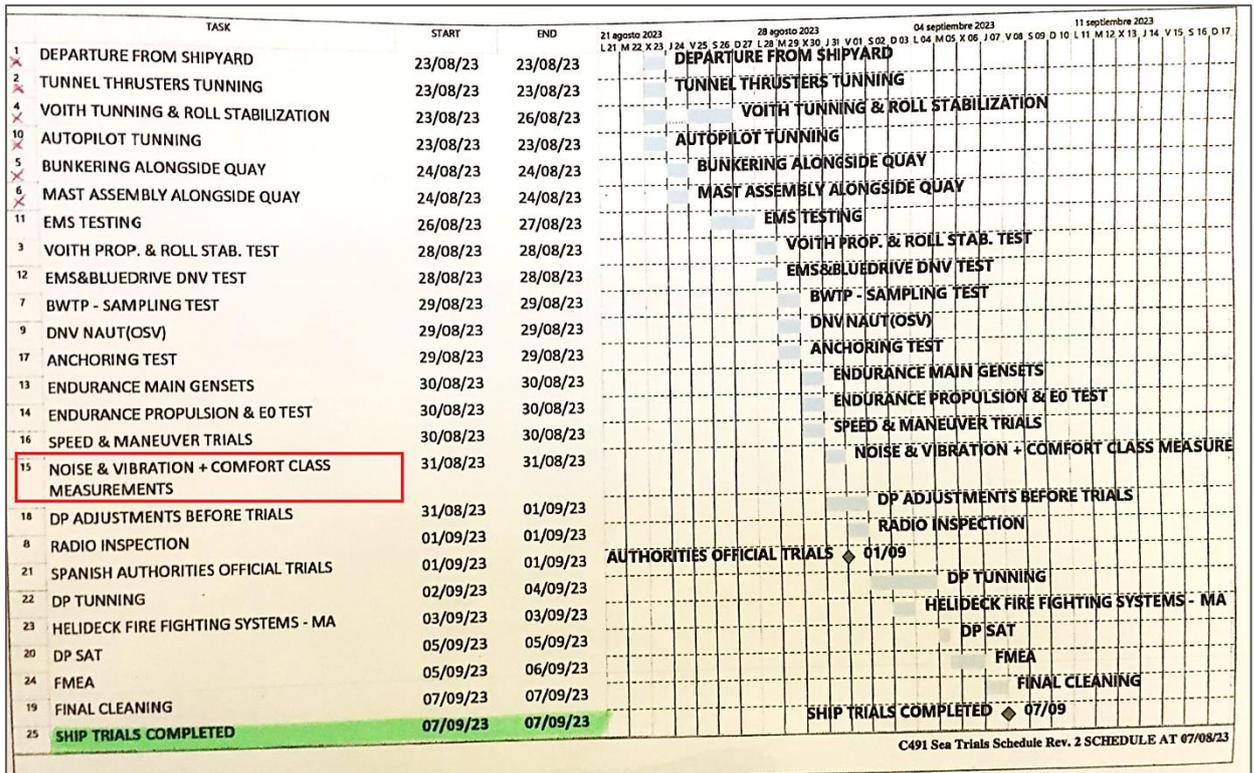


Figura 41. Programa de pruebas de mar del buque.

En este caso práctico se llevó a cabo la inspección de niveles de ruido a bordo de un buque de servicio de puesta en marcha y operación (CSOVs, por sus siglas en inglés: Commissioning Service Operation Vessels). Estos buques tienen por función transportar a personal técnico, materiales, equipos, etc., hasta plataformas offshore eólicas principalmente para realizar mantenimiento en ellas. Una característica de estos buques es que trabajan en las plataformas en condición de posicionamiento dinámico (DP, por sus siglas en inglés: Dynamic Positioning System), sistema con el que el buque es capaz de mantener la posición y la orientación, sin depender de anclas, de manera precisa y constante a pesar de las malas condiciones meteorológicas que pueda haber en alta mar.

Según los requisitos establecidos por DNV, a través de su interpretación de la Circular 645 de la IMO, este buque se clasifica como Clase 2: DP2. Este sistema se caracteriza por estar compuesto de una automatización total del sistema de control y proporcionando el 100% de redundancia en todos sus elementos (proporcionar un cambio de funcionalidad de un componente en espera o de respaldo en caso de que falle un componente primario) («DP-Capability and Comparison» 2022).

Teniendo en cuenta que la mayor parte del tiempo el buque se encontraría en condiciones de navegación normales (desde puerto hasta las plataformas o viceversa) y en

condición DP, la inspección sobre los niveles de ruido a bordo se hizo en ambas condiciones con el fin de garantizar un entorno de trabajo seguro y cómodo para la tripulación y cumplir con las regulaciones y normativas específicas en todo momento.

Previo a la inspección de la Sociedad de Clasificación, la tripulación realizó una inspección interna de los niveles de ruido que se iban a tener en cuenta para cumplir con los requisitos de confort y tener una percepción del estado de acondicionamiento acústico del buque (Figura 42).

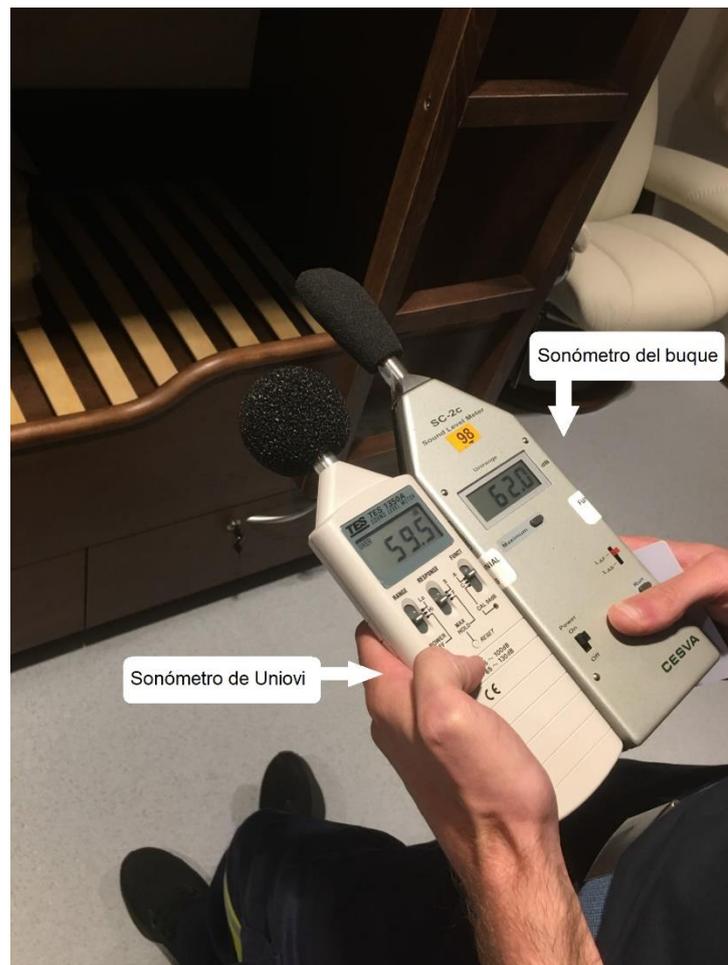


Figura 42. Tripulación realizando mediciones de niveles de ruido.

Para estas mediciones internas por la tripulación, se utilizaron dos sonómetros, uno de ellos era propiedad de la tripulación del buque y el otro sonómetro proporcionado por la Universidad de Oviedo.

5.2. Características del buque

A continuación, se muestran en la Tabla 11 las especificaciones generales del buque.

Tabla 11. Características generales del buque.

General	
Tipo de buque	CSOV Service operation vessel
Diseño	Salt 0217.02
Astillero	Gondan Shipbuilders
Número de construcción	491
GT	7093
Clasificación	DNV GL ✕ 1A BIS Battery (Power) BWM (T) Clean (Design) COMF (C-2, V-2) DK (+) DYNPOS (AUTR) E0 NAUT (OSV) Recyclable SF SPS Walk2work
ID de DNV	D41991
Casco	
Longitud, O.A.	88,3 m
Longitud, P.P.	77,1 m
Manga	19,7 m
Calado, MLD.	6,6 / 7,0 m
Calado de diseño	5,0 m
Espacio de cuadernas	650 mm
Motores principales (Generadores)	
Número de conjunto	3
Marca	Caterpillar
Tipo	3512E
Potencia total [kW]	1789
Velocidad [RPM]	900 – 1800
Montaje	Resiliente
Propulsión principal	
Número de conjuntos	2
Marca	Voith
Tipo	eVSP26
Potencia [kW]	1.900
Velocidad de rotación [RPM]	83
Diámetro [mm]	2.650
Número de palas [#]	5
Control	Control de paso
Montaje	Rígido
Propulsores de túnel de proa	
	Originales (Rev. 0)
Número de conjuntos	3
Marca	Brunvoll
Tipo	FU93LTA
Potencia [kW]	1.300
Diámetro [mm]	2.500
Número de palas [#]	4
Control	Paso fijo
Montaje	Rígido
Ventiladores de sala de máquinas	
Número de conjuntos	2
Marca	ALWO
Tipo	WMOR – 1120
Capacidad [m3 / h]	60.000
Velocidad [RPM]	1.150 / 1.760
Presión total [Pa]	800

5.3. Aislamiento acústico utilizado en el buque

En este buque se utilizó el aislante SeaRox SL 320 del fabricante Rockwool (Figura 43) como material principal para el aislamiento térmico y acústico.



Figura 43. Aislante acústico SeaRox SL 320 («SeaRox SL 320 | Rockwool Technical Insulation», 2022)

El SeaRox SL 320 es un tipo de aislante acústico y térmico diseñado específicamente para su uso en aplicaciones marítimas y offshore, compuesto por lana de roca. Algunas de las principales características y beneficios del SeaRox SL 320 son («SeaRox SL 320 | Rockwool Technical Insulation», 2022):

- **Absorción acústica:** este material tiene un alto coeficiente de absorción acústica, lo que significa que puede absorber una gran cantidad de energía sonora y disminuir el ruido en habitación y áreas de trabajo.
- **Aislamiento térmico:** además de sus propiedades acústicas, también proporciona aislamiento térmico, contribuyendo al confort de la tripulación y a la eficiencia energética del buque.
- **Resistencia al fuego:** el producto no es combustible y tiene alta resistencia al fuego, lo que aumenta la seguridad a bordo, cumpliendo con los requisitos internacionales de seguridad contra incendios para aplicaciones marítimas y offshore.
- **Durabilidad y resistencia:** es resistente a la humedad y a los impactos, lo que asegura una larga vida útil y un mantenimiento de sus propiedades a lo largo del tiempo, siendo adecuado para las condiciones exigentes del entorno marítimo.
- **Facilidad de instalación:** es ligero y fácil de manipular, lo que facilita su instalación en mamparos, techos y suelos.

- **Eficiencia energética:** al reducir la transferencia de calor, ayuda a mejorar la eficiencia energética del buque, reduciendo la necesidad de calefacción y refrigeración y, por lo tanto, disminuyendo el consumo de combustible.

A continuación, se muestra en la Tabla 12 las propiedades y rendimientos correspondientes a este aislante junto con la normativa aplicable:

Tabla 12. Propiedades, rendimientos y normas correspondientes al aislante SeaRox SL 320 («SeaRox SL 320 | Rockwool Technical Insulation», 2022)

Propiedades	Rendimiento			Norma
Absorción acústica	$\alpha = 0,85$ (espesor 50 mm)			ISO 354 (aproximado) Evaluación después de ISO 11654
Conductividad térmica	T ^a (°C)	10	50	EN 12667
	λ (W/mK)	0,035	0,040	
Densidad nominal	60 kg/m ³			EN 1602 / IMO
Clasificación de reacción al fuego	No combustible Baja propagación de llama			Según código FTP de IMO
Absorción de agua (corto plazo)	< 1 kg/m ²			EN 1609
Temperatura máxima de aplicación	Lana: 250 °C			-

Según la norma ISO 11654, este aislante acústico de absorción mayor entra dentro de la clase B ya que tiene un coeficiente de absorción alto, de $\alpha = 0,85$.

5.4. Mejoras voluntarias en la protección frente al ruido

Para que el buque supere las expectativas de confort deseadas, el armador exigió en el contrato de construcción que el buque debería cumplir con los criterios de la Clase de Comfort de DNV para la calificación de comodidad número 2 en términos de ruido. Esta es una nota de clase de cumplimiento voluntario que tiene requisitos más estrictos que aquellos exigidos por la Organización Marítima Internacional. Su cumplimiento es favorable para el armador puesto que, en este tipo de buques donde hay una tripulación numerosa si se tienen en cuenta los técnicos que son trasladados a los campos eólicos, la mayor comodidad del buque se puede traducir en un mayor precio del flete.

Los criterios relevantes de la clase de comfort se muestran en la Tabla 13, junto con los límites de nivel de ruido especificados en el Código de Ruido de la IMO Resolución MSC.337 (91), 2012, titulado "Código para Niveles de Ruido a Bordo de Buques", los cuales también deben cumplirse, concretamente los establecidos para buques de menos de 10.000 GT.

Tabla 13. Límites de nivel de ruido según el Código de Ruido de la IMO Resolución MSC.337 (91) y la Clase de Comfort (V – 2).

Localización ¹	IMO MSC.337 (91)	COMF (V – 2)
Espacios de trabajo:		
1. Sala de máquinas	110 ²	110
2. Control de máquinas	75	75
3. Talleres	85	85
4. Espacios de trabajo no especificados ³ (otros lugares de trabajo)	85	85
Espacios de navegación:		
5. Punte de navegación y sala de carta	65	60
6. Puestos de vigilancia, incluidos los extremos del puente de navegación ⁴ y ventanas	70	70
7. Salas de radio (con equipos de radio en funcionamiento, pero sin producir señales de audio)	60	60
8. Salas de radar	65	65
Espacios de alojamiento de la tripulación:		
9. Cabinas	60	55
10. Hospitales ⁵	60	58
11. Gimnasio	65	60
12. Salas de comedor	65	60
13. Salas de recreo	65	60
14. Áreas de recreo al aire libre	75	73
15. Oficinas	65	60
Espacios de servicio:		
- Cocinas, sin equipos de procesamiento de alimentos en funcionamiento	75	75
- Áreas de servicio y despensas	75	75
Espacios normalmente desocupados:		
- Espacios no especificados	90	90

¹: En cualquier espacio tripulado con niveles de ruido superiores a 85 dB(A), se debe usar protección auditiva de acuerdo con la regulación de la IMO.

²: Si se superan los niveles de ruido máximos cuando las máquinas están en funcionamiento, el tiempo de exposición debe limitarse a períodos muy cortos o no permitirse en absoluto. El área debe estar marcada de acuerdo con la resolución MSC.337 (91) de la IMO (Tabla 5), (Figura 27).

³: Ejemplos son espacios de trabajo en cubierta abierta que no son espacios de máquinas y espacios de trabajo en cubierta abierta donde la comunicación es relevante.

⁴: Se hace referencia a la recomendación sobre métodos de medición de niveles de ruido en puestos de escucha (resolución A.343 (IX)) que también se aplica.

⁵: Hospitales: salas de tratamiento con camas.

Como se especificó anteriormente, cuando el nivel de ruido en los espacios de máquinas (o de otros espacios) supere los 85 dB (A) (Tabla 14), se colocarán en las entradas de los mismos avisos compuestos por símbolos y señales complementarios, en el idioma de trabajo del buque, prescritos por la Administración (Figura 44). Si dicho nivel de ruido afecta solamente a una pequeña parte del espacio, el lugar o lugares o el equipo de que se trate se identificará con un aviso, a la altura de los ojos, que quede visible desde todas las direcciones de acceso (Gobierno de España, 2015).

Tabla 14. Señalización de entrada en espacios con alto nivel de ruido (Gobierno de España, 2015).

Señales que deberán colocarse en la entrada de espacios con alto nivel de ruido	
80 – 85 dB (A)	Alto nivel de ruido – utilice protectores para los oídos
85 – 110 dB (A)	Nivel peligroso de ruido – es obligatorio utilizar protectores para los oídos
– 115 dB (A)	Precaución: nivel peligroso de ruido – es obligatorio utilizar protectores para los oídos – prohibido permanecer en el espacio durante un periodo prolongado
> 115 dB (A)	Precaución: nivel de ruido excesivamente elevado – es obligatorio utilizar protectores para los oídos – prohibido permanecer en el espacio más de 10 minutos



Figura 44. Señales de aviso en entradas de lugares con alto nivel de ruido (Gobierno de España, 2015).

5.5. Condiciones de medición

La Clase de Comfort de DNV especifica que los niveles de ruido durante la condición de tránsito (navegación normal) se medirán en condiciones normales de operación de la embarcación y no menos del 80 % de potencia en el eje de la hélice (Tabla 6).

Las mediciones en la condición de propulsión en DP se realizarán con un mínimo del 40% de potencia en las hélices de proa (Tabla 6). Los demás equipos no mencionados deberán estar en funcionamiento normal.

Estas dos condiciones operativas requeridas están de acuerdo con la Resolución MSC.337 (91) de la IMO.

Las mediciones se realizaron bajo condiciones de estado del mar 3 (olas entre 0,5 m y 1,25 m o ligero; viento de 7 a 10 nudos o brisa débil), según lo definido por el Código de Estado del Mar de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés: World Meteorological Organization) (1995).

Las mediciones de ruido se llevaron a cabo en las siguientes condiciones de operación y con un instrumento de medición homologado.

5.5.1. Condiciones de operación

Para llevar a cabo las mediciones de ruido, se establecieron dos condiciones diferentes para el buque representadas en la Tabla 15.

Tabla 15. Condiciones del buque para la toma de mediciones de ruido.

Condición	Requisitos
Condición en tránsito: 80% MCR ¹ potencia de propulsión	Funcionamiento normal sin restricciones con carga de ~ 80% en los equipos de propulsión principal: <ul style="list-style-type: none"> - Calado: 5,5 m en proa; 4,9 m en popa. - Velocidad del buque: 13,0 nudos. - Potencia de MP1 y MP2: ~ 1.520 kW.
Condición de las hélices: 40% MCR potencia de hélices	Todas las hélices en funcionamiento a ~ 40 % de potencia: <ul style="list-style-type: none"> - Calado: 5,5 m en proa; 4,9 m en popa. - Potencia de BT1, BT2, BT3: ~ 520 kW. - MP1 y/o MP2 con potencia y empuje necesarios hacia el mismo lado que las hélices de proa para que el barco se mueva o en un círculo de giro amplio.
Condiciones climáticas	Temperatura ambiente exterior: 23,3 °C. Temperatura de consigna del aire suministrado por el sistema de climatización: 16,0 °C.

¹: Potencia continua máxima (MCR, por sus siglas en inglés: Maximum Continuous Rating)

5.5.2. Equipo de medición

En la prueba de ruidos realizada durante la ejecución de las pruebas de mar fue realizada por la sociedad de clasificación DNV. El inspector del DNV utilizó un sonómetro de la casa Norsonic, concretamente en modelo Nor140 (Figura 45). Tanto antes como después de llevar a cabo la prueba utilizó un calibrador de campo para asegurarse de que la medida fuera precisa, tal y como exige la Resolución MSC.337(91). En dicha comprobación se introduce el micrófono del sonómetro en el calibrador de campo, el cual emite un sonido de 94 dB a 1 kHz. Con este sonido puro se lleva el sonómetro al menú de calibración y se ajusta si fuera necesario. En este caso el calibrador de campo utilizado por la sociedad de clasificación era el modelo 4230 (Figura 46), del fabricante Brüel y Kjær.



Figura 45. Sonómetro Norsonic Nor140 («Sound Analyser Nor140 | Norsonic», 2024).



Figura 46. Calibrador Brül y Kjær Norsonic 423046. («Bruel & Kjaer (Sound Level Calibrator) 4230 | ArtisanTGTM» 2023).

5.6. Mediciones de ruido

Las mediciones de ruido del buque se llevaron a cabo por la Sociedad de Clasificación DNV durante una prueba técnica en el mar fuera de Gijón el 31 de agosto de 2023. Los niveles de ruido se midieron durante una condición de tránsito de aproximadamente 13 nudos con aproximadamente el 80 % de carga en la propulsión principal. Además, se midió una condición de maniobra con aproximadamente el 40 % de la potencia en los propulsores de túnel de proa.

Los niveles de ruido medidos se encuentran en las Tablas 16 y 17. Los niveles de ruido excesivos están marcados con color rojo.

Tabla 16. Resultados de medición de ruido durante el tránsito y la condición DP hacia estribor [dB (A)].

Posición / Descripción	Condición en tránsito	Condición en DP hacia estribor	Criterio COMF (V - 2)
1- Cubierta (cubierta superior)			
Sala de máquinas popa	108	109	110
Sala máquinas proa	106	106	110
2- Cubierta (entrepunte)			
Sala de propulsión	96	92	110
Espacio de maquinaria auxiliar	83	82	110
Taller de ingeniería	65	65	85
Galería proa babor	97	101	110
Sala de hélice de proa	61	101	110
Sala de cuadros eléctricos	73	74	85 / 90
Galería de popa	106	108	110
3- Cubierta MFZ ¹ III			
Camarote 2M cliente – 363	52	50	55
Camarote 2M cliente – 357	52	48	55
Camarote 1M cliente – 353	51	50	55
Camarote 2M cliente – 337	54	53	55
ERC – 301 / 302	60	60	70
Camarote 2M cliente – 342	56	54	55
Camarote 2M cliente – 348	54	53	55
Camarote 2M cliente – 355	53	53	55
Camarote 2M cliente – 364	52	50	55
Gimnasio estribor – 367	60	56	60
Gimnasio babor – 367	60	57	60
Camarote 2M	52	53	55
Camarote 2M	55	54	55
Camarote 2M	52	53	55
Camarote 2M	54	53	55
3- Cubierta MFZ II			
Camarote 2M cliente – 330	48	52	55
Camarote 2M cliente – 328	45	52	55
Camarote 2M cliente – 324	47	55	55
Camarote 2M cliente – 320	48	56	55
Camarote 2M cliente – 314	46	58	55
Camarote 2M cliente – 312	48	58	55
Camarote 1M cliente – 308	47	60	55
Camarote 1M cliente – 306	44	60	55
Camarote 2M cliente – 310	46	60	55
Camarote 2M cliente – 311	42	60	55
Camarote 2M cliente – 309	47	64	55
Camarote 1M cliente – 313	44	62	55
Camarote 1M cliente – 315	46	61	55
Camarote 2M cliente – 321	47	59	55
Camarote 2M cliente – 325	47	57	55
Camarote 2M cliente – 327	44	55	55
Camarote 2M cliente – 334	49	52	55
Oficina eléctrica	52	60	60
Lavandería	NM	78	85 (90)
Camarote 2M	NM	54	55
4- Cubierta MFZ III			
Pañoles – 443	48	49	60

Posición / Descripción	Condición en tránsito	Condición en DP hacia estribor	Criterio COMF (V – 2)
Camarote 1M cliente – 436	46	47	55
Sala de reuniones / Recepción – 446	48	50	60
Almacén – 444	69	65	85 / 90
Taller / Pañol de cubierta – 456	72	69	85
4- Cubierta MFZ II			
Camarote 1M tripulación – 433	47	49	55
Camarote 1M tripulación – 424	45	51	55
Camarote 1M cliente – 416	47	52	55
Camarote 1M cliente – 412	40	53	55
Camarote 1M cliente – 409	40	55	55
Camarote 1M cliente – 406	37	55	55
Camarote 1M cliente – 404	39	57	55
Camarote 1M cliente – 402	44	60	55
Lavandería 2 – 408	60	64	85 / 90
Camarote 1M cliente – 403	41	60	55
Camarote 1M cliente – 405	39	61	55
Camarote 1M cliente – 407	42	62	55
Camarote 1M cliente – 410	45	55	55
Camarote 1M cliente – 413	39	54	55
Camarote 1M cliente – 417	43	53	55
Camarote 1M cliente – 423	47	52	55
Camarote 1M cliente – 429	48	51	55
5- Cubierta MFZ II			
Oficina 1 cliente – 529	52	54	60
Hospital – 528	51	51	58
Oficina 3 cliente – 520	52	53	60
Sala de conferencias / reuniones – 507	50	59	60
Comedor babor – 502	45	60	60
Comedor centro – 503	50	63	60
Comedor estribor – 504	55	62	60
Cocina – 503	57	61	75
Sala de comedor sucia – 533	46	48	60
6- Cubierta			
Camarote 1M tripulación – 615	43	47	55
Camarote 1M tripulación – 610	47	51	55
Camarote 1M tripulación – 604	47	50	55
Sala de descanso / sala TV de babor – 601	42	55	60
Oficina del buque	48	51	60
Sala de descanso / sala TV centro – 601	44	59	60
Sala de descanso / sala TV de estribor – 601	43	56	60
7- Cubierta			
Sala de conferencias / reuniones – 712	44	48	60
Camarote de Oficial – 704	39	48	55
Camarote Jefe de Máquinas – 702	41	46	55
Camarote Capitán – 701	43	45	55
Camarote de Oficial – 703	46	47	55

Posición / Descripción	Condición en tránsito	Condición en DP hacia estribor	Criterio COMF (V – 2)
Camarote 1M tripulación – 707	44	47	55
Camarote 1M tripulación – 711	47	48	55
Cubierta de puente			
Puente ala babor	47	45	60
Puente centro	49	49	60
Puente ala estribor	49	51	60

¹: El término “Zona Libre de Maquinaria” (MFZ, por sus siglas en inglés: Machinery Free Zone) es término para identificar áreas de un buque donde se pretende minimizar o limitar la presencia de maquinaria y equipo que pueda generar ruido o vibraciones. Estas zonas, también conocidas como "zonas silenciosas" o "zonas libres de vibraciones", son especialmente relevantes en barcos que llevan a cabo operaciones que requieren niveles bajos de ruido o vibración, como es el caso de ciertos buques de investigación, de apoyo a plataformas offshore (como es el caso), entre otros. Se implementan medidas y diseños específicos para reducir al máximo posible la transmisión de ruido y vibraciones, y así conseguir un entorno más silencioso.

Tabla 17. Resultados de medición de ruido durante la condición de DP hacia el lado de babor [dB (A)].

Posición / Descripción	Condición en tránsito	Condición en DP hacia babor	Criterio COMF (V – 2)
3- Cubierta MFZ II			
Camarote 2M cliente – 328	NA	54	55
Camarote 2M cliente – 324	NA	56	55
Camarote 2M cliente – 320	NA	58	55
Camarote 2M cliente – 314	NA	59	55
Camarote 2M cliente – 312	NA	59	55
Camarote 1M cliente – 308	NA	61	55
Camarote 1M cliente – 306	NA	62	55
Camarote 2M cliente – 310	NA	59	55
Camarote 2M cliente – 311	NA	59	55
Camarote 2M cliente – 309	NA	62	55
Camarote 1M cliente – 313	NA	60	55
Camarote 1M cliente – 315	NA	60	55
Camarote 2M cliente – 321	NA	58	55
Camarote 2M cliente – 325	NA	56	55
Camarote 2M cliente – 327	NA	55	55
Lavandería	NA	77	85 (90)
Camarote 2M	NA	53	55
4- Cubierta MFZ II			
Camarote 1M cliente – 416	NA	52	55
Camarote 1M cliente – 412	NA	53	55
Camarote 1M cliente – 409	NA	54	55
Camarote 1M cliente – 406	NA	55	55
Camarote 1M cliente – 404	NA	59	55
Camarote 1M cliente – 402	NA	60	55
Camarote 1M cliente – 403	NA	59	55
4- Cubierta MFZ II			
Camarote 1M cliente – 405	NA	60	55
Camarote 1M cliente – 407	NA	61	55
Camarote 1M cliente – 410	NA	55	55
Camarote 1M cliente – 413	NA	54	55
Camarote 1M cliente – 417	NA	53	55
Camarote 1M cliente – 414	NA	53	55
5- Cubierta MFZ II			
Sala de conferencias / reuniones – 507	NA	60	60
Comedor babor – 502	NA	60	60
Comedor centro – 503	NA	63	60
Comedor estribor – 504	NA	62	60

A partir de los resultados anteriores, se tomaron medidas de los niveles de ruido equivalente con ponderación en C (L_{Ceq}) y de los niveles de ruido pico (L_{Cpico}) en las áreas donde el nivel de presión acústica equivalente (L_{Aeq}) se encontraba por encima de los 85 dB permitidos. Estas medidas se ven representadas en la Tabla 18:

Tabla 18. Niveles de ruido LCeq y LCpico medidos en áreas con LAeq por encima de 85 dB (A).

Posición / Descripción	Condición de tránsito LCeq [dB (C)]	Condición de tránsito LCpico [dB (C)]	Condición 40 % potencia hélices LCeq [dB (C)]	Condición 40 % potencia hélices LCpico [dB (C)]
1- Cubierta (cubierta superior)				
Sala de máquinas popa	109	122	111	124
Sala máquinas proa	107	120	109	123
2- Cubierta (entrepunte)				
Sala de propulsión	102	116	98	111
Galería proa babor	102	115	106	119
Sala de hélice de proa	-	-	102	115
Galería de popa	107	120	106	119

El buque cumple con los requisitos de ruido y vibración COMF (V-2) excepto en lo siguiente:

- Niveles de ruido en las siguientes once (11) cabinas de clientes en proa durante la condición de propulsor/DP:
 - o Cubierta 4: tres (3) cabinas hacia proa del marco n.º 101 en el lado de estribor (403, 405 y 407) y una (1) cabina hacia proa del marco n.º 108 en el lado de babor (402).
 - o Cubierta 3: cuatro (4) cabinas en el centro y hacia proa del marco n.º 90 en el lado de estribor (309, 311, 313 y 315) y tres (3) cabinas en el centro y hacia proa del marco n.º 98 en el lado de babor (306, 308 y 310).

Los niveles de ruido medidos durante la condición DP estaban por encima de los criterios COMF (V-2) en 18 cabinas y en el comedor. En comparación con los criterios COMF (V-3), se midieron niveles de ruido superiores a los criterios en dos cabinas durante la condición DP. En la siguiente Tabla 19, los niveles de ruido medidos durante la condición DP que cumplen con los criterios de COMF se marcan en verde, los niveles de ruido con exceso de 1 – 3 dB (A) se marcan en amarillo y los niveles de ruido con más de 3 dB (A) de exceso se marcan en rojo.

Tabla 19. Medidas de niveles excesivos de ruido en condición de propulsión [dB (A)].

Localización	Nivel de ruido Estribor / Babor	MSC.337 (91)	Exceso COMF (V – 2) Estribor / Babor	Exceso COMF (V – 3) Estribor / Babor
Camarote – 324	55 / 56	Cumple	0 / 1	0 / 0
Camarote – 320	56 / 58	Cumple	1 / 2	0 / 0
Camarote – 314	58 / 59	Cumple	3 / 4	0 / 0
Camarote – 312	58 / 59	Cumple	3 / 4	0 / 0
Camarote – 308	60 / 61	Cumple solo Er	5 / 6	0 / 1
Camarote – 306	60 / 62	Cumple solo Er	5 / 7	0 / 2
Camarote – 310	60 / 59	Cumple	5 / 4	0 / 0
Camarote – 311	60 / 59	Cumple	5 / 4	0 / 0
Camarote – 309	64 / 62	No cumple	9 / 7	4 / 2
Camarote – 313	62 / 60	Cumple solo Br	7 / 5	2 / 0
Camarote – 315	61 / 60	Cumple solo Br	6 / 5	1 / 0
Camarote – 321	59 / 58	Cumple	4 / 3	0 / 0
Camarote – 325	57 / 56	Cumple	2 / 1	0 / 0
Camarote – 404	57 / 59	Cumple	2 / 4	0 / 0
Camarote – 402	60 / 60	Cumple	5 / 5	0 / 0
Camarote – 403	60 / 59	Cumple	5 / 4	0 / 0
Camarote – 405	61 / 60	Cumple solo Br	6 / 5	1 / 0
Camarote – 407	62 / 61	No cumple	7 / 6	2 / 1
Comedor – Centro	63 / 63	No cumple	3 / 3	3 / 3
Comedor – Estribor	62 / 62	No cumple	2 / 2	2 / 2

De estos resultados se puede apreciar que el estándar DNV COMF (V – 3) tiene unos criterios similares a los que establece la Resolución MSC.337(91). Esto pone de manifiesto que, para dar un valor añadido real al buque, el mínimo esperable sería obtener la nota de clase voluntaria COMF (V – 2). En el caso de estudio presentado se aprecia que, aunque la mayor parte de las zonas de la habilitación cumplen con la normativa internacional, o cumpliría tras modificaciones menores, la obtención de la nota COMF (V – 2) requiere de un mayor esfuerzo. Las modificaciones necesarias en el buque, que pueden pasar por la instalación de más aislamiento acústico, deben ser diseñadas teniendo en cuenta el aumento en el peso de éste: un exceso podría dar lugar a un incremento de calado y/o de consumo de combustible excesivos.

5.7. Determinación de los niveles de exposición al ruido calculados

Con la intención de asegurar que los trabajadores del mar no estén expuestos a niveles de ruido superiores a 80 dB (A) durante un período de 24 horas, existe un procedimiento conforme a la norma ISO 9612:2009 para poder calcular y evaluar la exposición al ruido de

cada trabajador dependiendo de su departamento y las zonas del buque en las que se encuentre en ese periodo de 24 horas (Gobierno de España 2015).

La contribución al ruido de cada uno de los espacios se calcula siguiendo la siguiente ecuación:

$$L_{ex,24h,i} \text{ [dB]} = L_{Aeq,i} + 10 \log \frac{T_i}{T_o} \quad (10)$$

Donde:

T_i : es la duración efectiva a bordo para cada espacio (h).

T_o : es la duración de referencia de 24h.

$L_{Aeq,i}$: es el nivel acústico continuo equivalente con ponderación A.

La exposición de nivel acústico continuo equivalente con ponderación A para un día (24 horas) se calcula a partir de la contribución al ruido de cada uno de los espacios mediante la siguiente ecuación:

$$L_{ex,24h} \text{ [dB]} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{ex,24h,i}}{10}} \right) \quad (11)$$

Aplicando las ecuaciones anteriores con los datos correspondientes al alumno de máquinas, la Tabla 20 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 20. Nivel de exposición al ruido para un alumno de máquinas. Resultados.

Emplazamiento / espacio	L _{Aeq,i} [dB (A)]		Duración (h)	Contribución al ruido L _{ex,24h,i} [dB]		Nivel de exposición al ruido con ponderación en A (24 h) L _{ex,24h} [dB]	
	Tránsito	DP		Tránsito	DP	Tránsito	DP
Sala de máquinas	108	109	5	101,19	102,19		
Control de máquinas (ERC) 301 – 302	60	60	2,5	50,18	50,18		
Talleres Cubierta 2	65	65	1,5	52,19	52,19		
Camarote 405	39	61	10	35,20	57,20		
Sala de comedor babor 502	45	60	2	34,21	49,21		
Cubierta 5 exterior	63	64	3	53,97	54,97		

Por tanto, un alumno de máquinas a bordo de un buque estaría expuesto a unos niveles de ruido al día de unos 101 / 102 dB.

* Hay que tener en cuenta que la gente de máquinas trabaja con protección auditiva, como las orejeras, que rebajan el SNR (por sus siglas en inglés: Single Number Rating) es decir, el valor medio de aislamiento del sonido en una protección auditiva (que se explicará en el apartado 6.3. "Protección sobre el trabajador"), por lo que el resultado es explícitamente el nivel de ruido al que está expuesto el trabajador sin contar la protección auditiva en la sala de máquinas que es donde más extremo es el nivel de ruido.

Para poder comparar los niveles de ruido expuestos entre la gente de máquinas y la gente de puente, se verá a continuación (Tabla 21) el nivel acústico equivalente con ponderación A para un día (24 horas) para un alumno de puente en el mismo buque.

Tabla 21. Nivel de exposición al ruido para un alumno de puente. Resultados.

Emplazamiento / espacio	$L_{Aeq,i}$ [dB (A)]		Duración (h)	Contribución al ruido $L_{ex,24h,i}$ [dB]		Nivel de exposición al ruido con ponderación en A (24 h) $L_{ex,24h}$ [dB]	
	Tránsito	DP		Tránsito	DP	Tránsito	DP
Puente ala babor	47,1	45,4	3	38,07	36,37		
Puente centro	48,8	49,3	3	39,77	40,29		
Puente ala estribor	49,4	50,8	2	38,61	40,01		
Camarote 407	41,8	62	10	38,00	58,20		
Sala de comedor babor 502	45	60	2	34,21	49,21		
Cubierta 5 exterior	63	64	4	55,22	56,22		
						55,62	60,75

Tras estos resultados, se puede observar cómo el alumno de máquinas está expuesto a 101,19 dB en condiciones de navegación frente a 55,62 dB en el alumno de puente y, a 102,19 dB en condiciones de posicionamiento dinámico frente a los 60,75 dB.

Por ello se considera clave el utilizar protectores auditivos en la tripulación de máquinas que trabaja habitualmente en espacios con altos niveles de ruido, así como en la gente de puente si entrasen en estos espacios.

Capítulo 6

CONCLUSIONES

6

6. Conclusiones

En este trabajo se ha llevado a cabo un estudio sobre los factores que afectan a la pérdida auditiva de los trabajadores del departamento de máquinas y la necesidad de tomar medidas para reducir el ruido a bordo, culminando con un caso de estudio basado en medidas reales tomadas a bordo de un buque offshore durante el desarrollo de sus pruebas de mar.

Seguridad del buque

Los accidentes a bordo de los buques a menudo están relacionados con el error humano, y uno de los principales factores que contribuyen a estos errores es la fatiga de la tripulación. La fatiga puede disminuir significativamente la capacidad de concentración y reacción de las tripulaciones, aumentando así el riesgo de incidentes. Reconociendo la gravedad de este problema, la legislación marítima ha comenzado a prestar más atención a la gestión de la fatiga. La actual reforma del Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar (STCW) pretende incluir disposiciones más estrictas para abordar la fatiga, subrayando la importancia de establecer horarios de trabajo y descanso adecuados para proteger la salud y el bienestar de los tripulantes. Estas reformas reflejan un cambio hacia una mayor consideración de las personas en el entorno marítimo, con el objetivo de reducir los accidentes y mejorar la seguridad a bordo.

Influencia del ruido en el ser humano

La exposición al ruido generado por los buques tiene un impacto negativo en la salud y el bienestar de los tripulantes. A corto plazo, la exposición a niveles elevados de ruido puede causar molestias inmediatas como dolores de cabeza, fatiga, estrés, irritabilidad y dificultad para concentrarse. A largo plazo, la exposición continua al ruido puede llevar al desarrollo de enfermedades más graves como la pérdida auditiva, trastornos cardiovasculares y problemas de sueño crónicos. La combinación de los efectos a corto y largo plazo subraya la importancia de implementar medidas efectivas de control de ruido. A nivel sanitario, los reconocimientos médicos del ISM incluyen pruebas de audiometría, cruciales para detectar cualquier deterioro auditivo. En la actualidad no se realiza a todos los tripulantes en todos sus reconocimientos médicos y al menos debería ser así en aquellos que sufren exposición constante al ruido. La implementación de medidas de mitigación del ruido a bordo de los buques presenta ciertas dificultades y es por esto que, para determinados espacios, se hacen imprescindibles los equipos de protección individual como orejeras o tapones.

Control del ruido a bordo

El nivel de ruido a bordo de los buques está actualmente regulado por la Resolución MSC.337(91). A pesar de la importancia del tema, la normativa no ha evolucionado lo suficiente para enfrentar las exigencias actuales. En relación con esto, las certificaciones voluntarias de las sociedades de clasificación juegan un papel importante, ya que pueden contribuir a que los buques sean más atractivos al garantizar estándares de comodidad y seguridad más elevados. El cumplimiento con estos protocolos de aplicación voluntaria promueve un entorno de trabajo más saludable y eficiente para la tripulación, mejorando la percepción y la competitividad del buque en el mercado.

Caso de estudio

Este trabajo presenta un caso de estudio en el que se realizaron mediciones de ruido a bordo de un buque CSOV donde los resultados indican que los niveles de ruidos generados por la maquinaria presentan una preocupación considerable para la salud de la tripulación, concretamente en el caso de la dosis equivalente diaria. Esto subraya la importancia de llevar a cabo mediciones exhaustivas en todos los locales habitados del buque para obtener una evaluación precisa de los niveles de ruido. Además, se debe tener en cuenta que la ubicación de ciertos espacios dentro de una cubierta puede influir significativamente en los niveles de ruido percibidos en esos locales.

Capítulo 7

BIBLIOGRAFÍA

7

7. Bibliografía

- «Absorción acústica – el Glosario de International Acoustic». 2023.
<https://internationalacoustic.com/es/absorcion-acustica-glosario/>.
- «Absorción acústica - ISO 11654 - Telones acústicos | Peroni». 2017.
https://www.peroni.com/lang_ES/scheda.php?id=57893.
- «Absorción acústica, ¿qué es y cómo funciona?. | ISINAC». 2023.
<https://isinac.com/es/absorcion-acustica-post/absorcion-acustica>.
- «Acúfenos Otin Lucas: Hiperacusia».2014. Accedido 10 de noviembre de 2023.
https://otinylucas.blogspot.com/p/hiperacusia_2.html.
- «Acústica (IV): acondicionamiento con absorbentes, difusores y trampas de graves | Hispasonic». 2018. <https://www.hispasonic.com/tutoriales/acustica-iv-acondicionamiento-absorbentes-difusores-trampas-graves/43417>.
- «Acústica - eMe».2020. Accedido 14 de noviembre de 2023.
<https://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza/acustica/presentaciones/acuarq/acu14b.html>.
- «AENORmas».2021. Accedido 10 de enero de 2024. <https://plataforma-aenormas-aenor-com.uniovi.idm.oclc.org/standard/IEC/5708>.
- «Alineación de ejes por láser | SKF».2022. Accedido 2 de junio de 2024.
<https://www.skf.com/co/products/maintenance-products/alignment-tools/shaft-alignment/about-shaft-alignment>.
- «Amortiguador de fluido viscoso - H-SAFE: VD , STU - Agom Metal Rubber engineering».2024. Accedido 30 de mayo de 2024. <https://www.archiexpo.es/prod/agom-metal-rubber-engineering/product-126667-1515480.html>.
- «Amplitud de onda: qué es, características, descripción, ejercicio resuelto».2023. Accedido 6 de noviembre de 2023. <https://www.lifeder.com/amplitud-de-onda/>.
- Anuncio, Hoja D E. 2016. «Documentos Europeos abril 2016 European Standard».
- «Audiometría: ¿Qué es y cómo se lee? - Biacustic».2022. Accedido 27 de mayo de 2024.
<https://biacustic.com/blog/audiometria-que-es-como-se-lee/>.
- «Audiómetro | perfilesaudiomet».2020. Accedido 11 de enero de 2024.
<https://constanza2208.wixsite.com/perfilesaudiomet/audiometro>.
- Babisch, Wolfgang. 2008. «Road Traffic Noise and Cardiovascular Risk.» *Noise & Health* 10 (38): 27-33. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.39005>.

- «Bases de inercia tipo CPB y soportes de bomba de alta calidad Fabricante y proveedor |Campanero».2022. Accedido 30 de mayo de 2024. <http://es.blkisolator.com/cpb-type-inertia-bases-pump-supports-product/>.
- Baumler, Raphael. 2020. «Working time limits at sea, a hundred-year construction». *Marine Policy* 121:104101. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104101>.
- «Beneficios del ruido rosa para la salud - Muy Salud». 2024. Accedido 10 de noviembre de 2023. <https://muysalud.com/salud/4-beneficios-del-ruido-rosa-para-la-salud/>.
- Bernabeu Taboada, Daniel. 2007. «Efectos del ruido sobre la salud».
- Bibbins-Domingo, Kirsten, David C. Grossman, Susan J. Curry, Karina W. Davidson, John W. Epling, Francisco A.R. García, Matthew W. Gillman, et al. 2016. «Screening for colorectal cancer: US preventive services task force recommendation statement». *JAMA - Journal of the American Medical Association* 315 (23): 2564-75. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2016.5989>.
- «Breve reseña histórica de la OMI». 2024. Accedido 24 de octubre de 2023. <https://www.imo.org/es/About/HistoryOfIMO/Paginas/Default.aspx>.
- «Bruel & Kjaer (Sound Level Calibrator) 4230 | ArtisanTG™». 2023. <https://www.artisanTG.com/TestMeasurement/56460-1/Bruel-Kjaer-4230-Sound-Level-Calibrator>.
- «C057 - Convenio sobre las horas de trabajo a bordo y la dotación, 1936 (núm. 57)». 2023. Accedido 21 de diciembre de 2023. https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:55:0::NO::P55_TYPE,P55_LAN G,P55_DOCUMENT,P55_NODE:CON,es,C057,/Document.
- «Campo Sonoro Directo y Reverberante».2020. Accedido 10 de noviembre de 2023. <https://topaudioprofesional.blogspot.com/2020/09/campo-sonoro-directo-y-reverberante.html>.
- Canavan, Caroline, Joe West, y Timothy Card. 2014. «The epidemiology of irritable bowel syndrome». *Clinical Epidemiology* 6 (1): 71-80. <https://doi.org/10.2147/CLEP.S40245>.
- «Causas, síntomas, tratamiento de la saliva baja (hiposalivación) | ElUtil».2021. Accedido 28 de noviembre de 2023. https://elutil.com/salud/causas-sintomas-y-tratamiento-de-la-saliva-baja-hiposalivacion/#Sintomas_de_baja_produccion_de_saliva.
- «Cirrus Research, S.L. - ¿Qué son las ponderaciones de frecuencia A, C y Z?».2012. Accedido 14 de mayo de 2024. <https://www.cirrusresearch.es/blog/2012/09/que-son-las-ponderaciones-de-frecuencia-a-c-y-z/>.

- «Classic™ Tapones».2023.
- «Código Internacional de Gestión de la Seguridad / (ISM Code) | Mar y Gerencia».2014. Accedido 24 de octubre de 2023. <https://marygerencia.com/2014/11/19/codigo-internacional-de-gestion-de-la-seguridad-codigo-igs-ism-code/>.
- «Conferencia Internacional Del Trabajo». 2006.
- «Convenio C057 - Convenio sobre las horas de trabajo a bordo y la dotación, 1936 (núm. 57)».2024. Accedido 22 de diciembre de 2023. https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=1000:12100:3401177423679::NO::P12100_SHOW_TEXT:Y:
- «Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974 (Convenio SOLAS)».1974. Accedido 24 de octubre de 2023. [https://www.imo.org/es/About/Conventions/Paginas/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](https://www.imo.org/es/About/Conventions/Paginas/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx).
- «Convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente de mar». 1978. Accedido 24 de octubre de 2023. [https://www.imo.org/es/About/Conventions/Paginas/International-Convention-on-Standards-of-Training,-Certification-and-Watchkeeping-for-Seafarers-\(STCW\).aspx](https://www.imo.org/es/About/Conventions/Paginas/International-Convention-on-Standards-of-Training,-Certification-and-Watchkeeping-for-Seafarers-(STCW).aspx).
- «Convention C109 - Wages, Hours of Work and Manning (Sea) Convention (Revised), 1958 (No. 109)».2023. Accedido 22 de diciembre de 2023. https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:12100:11735800615163::NO::P12100_SHOW_TEXT:Y:
- «Convention on the International Maritime Organization (IMO) - The Faculty of Law».1958. Accedido 5 de diciembre de 2023. https://www.jus.uio.no/english/services/library/treaties/14/14-01/imo_consolidated.html.
- Cooper, Lyle W. 2023. «International Labour Office, The International Labour Organisation – the First Decade». *The American Economic Review* 22 (1): 131-33.
- «Curvas de ponderación espectral “A”, “B”, “C” y “D”. | Download Scientific Diagram».2004. Accedido 14 de mayo de 2024. https://www.researchgate.net/figure/Curvas-de-ponderacion-espectral-A-B-C-y-D_fig4_329282334.
- Date, Reaxys, y Query Search. 2019. «CIRCULAR No. CR-20190036 - Directrices sobre la fatiga», n.º 1, 1-154.
- «Decibelio: Qué es y para qué sirve - Multiacustica».2021. Accedido 7 de noviembre de 2023. <https://multiacustica.com/decibelio-que-es-y-para-que-sirve/>.

- Domingo, Agustín Martín. 2005. «Apuntes de Acústica».
- «Differences between Lmax and Lpeak of Sound level meter».2023. Accedido 8 de noviembre de 2023. https://www.onosokki.co.jp/English/emm_back/emm44.htm.
- «Dosímetro de Ruido SV 104 - SVANTEK - Sound and Vibration».2023. Accedido 14 de mayo de 2024. <https://svantek.com/es/productos/sv-104-dosimetro-de-ruido/#applications>.
- «DP-Capability and Comparison». 2022.
- «Enfermedad Inflamatoria Intestinal | Causas, Síntomas, Tratamiento | PortalClínic».2020. Accedido 28 de noviembre de 2023. <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/enfermedad-inflamatoria-intestinal>.
- Escobar, C., y J. A. División. 2016. «Ruido y enfermedad cardiovascular». *Semergen* 42 (6): e65-66. <https://doi.org/10.1016/j.semereg.2015.11.011>.
- España. Ministerio de la Presidencia. 2006. «Real Decreto 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». *Boletín Oficial del Estado*, 1-12.
- «Estrés y ruido, ¿van de la mano?».2017. Accedido 23 de noviembre de 2023. <https://conrderuido.com/noticias/estres-ruido/>.
- «Fabricante y proveedor de soportes de resorte antivibración tipo MD de alta calidad |Campanero».2022. Accedido 29 de mayo de 2024. <http://es.blkisolator.com/md-type-anti-vibration-spring-mounts-product/>.
- «Fast, Slow, Impulse Time Weighting - What do they mean?».2020. Accedido 4 de enero de 2024. <https://www.nti-audio.com/en/support/know-how/fast-slow-impulse-time-weighting-what-do-they-mean>.
- «Fatiga auditiva: qué es, causas, síntomas y tratamiento | Audiocenter».2023. Accedido 22 de noviembre de 2023. <https://audiocenter.es/fatiga-auditiva/>.
- Fayle, C.E. 2005. *A Short History of the World's Shipping Industry*. Editado por Routledge. (1st ed.). <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781315020006>.
- Fomento, Gobierno de España. Ministerio de. 2007. «Real Decreto 1696/2007, de 14 de diciembre, por el que se regulan los reconocimientos médicos de embarque marítimo.» *Boletín Oficial del Estado (B.O.E)* 313:53975-85.
- «Frecuencia de una onda».2024. Accedido 6 de noviembre de 2023. <https://www.ingenierizando.com/cinematica/frecuencia-de-una-onda/>.

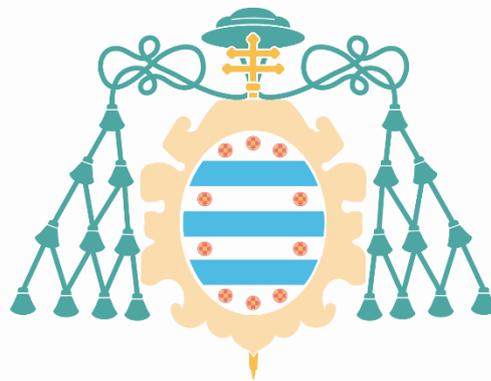
- Furness, John B. 2012. «The enteric nervous system and neurogastroenterology». *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology* 9 (5): 286-94. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2012.32>.
- Gaynés Palou, Eduardo.2024. «NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico Hypoacusies dues au bruit: evaluation clinique et diagnostic Noise-induced hearing loss: clinic evaluation and diagnosis Redactores».
- «Gente de mar». 2021. Accedido 3 de noviembre de 2023. <https://ilo.org/global/standards/subjects-covered-by-international-labour-standards/seafarers/lang--es/index.htm>.
- Gobierno de España. 2015. «Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques». *Boletín Oficial del Estado*, 61561-67.
- Gómez Martínez, Manuela, Juan José Jaramillo García, Yuliana Luna Ceballos, Andrea Martínez Valencia, María Adelaida Velásquez Zapata, y Elsa María Vásquez Trespalacios. 2012. «Ruido industrial: efectos en la salud de los trabajadores expuestos». *Revista CES Salud Pública* 3 (2): 174-83.
- «Guía para Terminología de Medición de Ruido».2016.
- «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo». 2022.
- «Guías para el ruido urbano. Organización Mundial de la Salud».1999. Accedido 16 de abril de 2024. https://www.ruidos.org/Documentos/guia_oms_ruido_1.html.
- Hernández Peña, Odalys, Gisel Hernández Montero, y Ernesto López Rodríguez. 2019. «Ruido y salud Noise and health». *Revista Cubana de Medicina Militar* 48 (4): 929-39.
- «Hipoacusia: qué es, síntomas y tratamiento | Top Doctors».2023. Accedido 17 de noviembre de 2023. <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/hipoacusia>.
- «Human ear - Anatomy, Hearing, Balance | Britannica». 2024. Accedido 5 de enero de 2024. <https://www.britannica.com/science/ear/Anatomy-of-the-human-ear>.
- «IMO to start comprehensive review of STCW Convention and Code».2022. Accedido 24 de enero de 2024. <https://www.bimco.org/insights-and-information/safety-security-environment/20220505-stcw-review>.
- INSHT. 2022. «Ruido: Real Decreto 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. guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la ex», 1-16.

- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT). 2017. «Protectores Auditivos : Selección y utilización Nos protegemos contra el ruido» 6:31469.
- «Instrumentos relativos al derecho a vacaciones (gente de mar)-Cronología». 2018.
- Internacional, Organización, y Del Trabajo. 2024. «La OIT: Qué es, Qué hace».
- Ising, Hartmut, Wolfgang Babisch, y Barbara Kruppa. 1999. «Noise-Induced Endocrine Effects and Cardiovascular Risk». *Noise & Health* 1 (4): 37-48.
- JM, Ivancevich, y Matterson MT. 1989. *Estrés y trabajo: Una perspectiva gerencial*. 2a edición. México: Editorial Trillas.
- «La Fatiga Auditiva. Síntomas y tratamientos. - OirNatur».2020. Accedido 22 de noviembre de 2023. <https://oirnatur.es/la-fatiga-auditiva/>.
- «La octava musical - La Casa de Gestalt». 2024.Accedido 28 de diciembre de 2023. <https://lacasadegestalt.es/2020/10/la-octava-musical/>.
- Lab, Cotral.2024. «QEOS, el mejor protector personalizado».
- Langguth, Berthold. 2015. «Treatment of tinnitus». *Current Opinion in Otolaryngology and Head and Neck Surgery* 23 (5): 361-68. <https://doi.org/10.1097/MOO.000000000000185>.
- Lichtenstein, Gary R., Edward V. Loftus, Kim L. Isaacs, Miguel D. Regueiro, Lauren B. Gerson, y Bruce E. Sands. 2018. «ACG Clinical Guideline: Management of Crohn's Disease in Adults». *American Journal of Gastroenterology* 113 (4): 481-517. <https://doi.org/10.1038/AJG.2018.27>.
- Loureiro e Beaumont, Paulo Ildefonso. 2016. «Error al obtener la exposición diaria a ruido utilizando dosímetros frente a sonómetros».
- Lundberg, Ulf. 2008. «Sleep and musculoskeletal pain». *International Journal of Behavioral Medicine* 15 (4): 253. <https://doi.org/10.1080/10705500802365425>.
- Maritime Consultative Organization, Inter-Governmental. 1981.«Code On Noise Levels On Board Ships».
- Moreno Sáenz, Neus, Francisco Marqués, Marqués M^a, Dolores Solé, Gómez Médicos, Del Trabajo, José Luis, et al.2020. «NTP 193: Ruido: vigilancia epidemiológica de los trabajadores expuestos».
- «Niveles Sonoros».2023. Accedido 3 de enero de 2024. <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/comite/niveles.htm>.

- «Noradrenalina (neurotransmisor): funciones y características».2023. Accedido 23 de noviembre de 2023. <https://medicoplus.com/neurologia/noradrenalina>.
- «OMI. Circular msc.1-circ.1598 - Directrices sobre la fatiga | pdf».2023. Accedido 22 de diciembre de 2023. <https://es.slideshare.net/JesusAlbertorGutierr/omi-circular-msc1circ1598-directrices-sobre-la-fatiga>.
- «Orejeras 3M™ PELTOR™ Optime™».2021.
- «Organización Marítima Internacional». 2023.
- «Otoscopio Kawe».2024. Accedido 11 de enero de 2024. <https://www.girodmedical.es/otoscopio-kawe-piccolight-f-o-led-standard-2-5v-night.html>.
- «Otoscopy - Oxford Medical Education».2023. Accedido 11 de enero de 2024. <https://oxfordmedicaleducation.com/clinical-examinations/otoscopy/>.
- «Panel lana de roca.» 2024. <https://panelesebro.com/panel-lana-de-roca/>.
- «Pérdida de audición inducida por el ruido | NIDCD».2022. Accedido 5 de enero de 2024. <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/perdida-de-audicion-inducida-por-el-ruido>.
- «Pinterest».2023. Accedido 29 de noviembre de 2023. <https://www.pinterest.es/pin/292804413257480265/>.
- «Ponderación B».2019. Accedido 14 de mayo de 2024. <https://www.studio-22.com/blog/enciclopedia/ponderacion-b>.
- «Ponderación D». 2019. Accedido 14 de mayo de 2024. <https://www.studio-22.com/blog/enciclopedia/ponderacion-d>.
- Prashanth, K.V.Mahendra, y Sridhar Venugopalachar.2011. «The possible influence of noise frequency components on the health of exposed industrial workers». <https://doi.org/10.4103/1463-1741.73996>.
- «Protector auditivo 3M-peltor optime III diadema».2024. Accedido 29 de noviembre de 2023. <https://www.nac-inter.com/es/proteccion-auditiva/4362-orejera-protector-auditivo-3m-peltor-optime-iii-diadema.html>.
- «¿Qué es el Escotoma Auditivo o Trauma Acústico? -». 2018. <https://intertongn.es/escotoma-auditivo-trauma-acustico/>.
- «¿Qué es la distancia crítica en acústica?»2023. Accedido 14 de noviembre de 2023. <https://www.espumaacustica.online/distancia-critica/>.
- «¿Qué es SNR en el área de la protección auditiva? - Audioactive».2020. Accedido 16 de mayo de 2024. <https://audioactive.es/blogs/blog/que-es-el-snr>.

- «Report form for the General Survey on instruments concerning working time».2016.
- «Review of Maritime Transport 2010 | UNCTAD».2022. Accedido 16 de marzo de 2022.
<https://unctad.org/webflyer/review-maritime-transport-2010-0>.
- Saunders, Anne Z., Andrea Vallen Stein, y Nancy Lite Shuster. 1990. «Audiometry». *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations*.
- «SeaRox SL 320 | Rockwool Technical Insulation». 2022.
<https://rti.rockwool.com/products/marine-and-offshore/acoustic-insulation/searox-sl-320/>.
- Selye, H. 1975. «Confusion and controversy in the stress field.» *Journal of Human Stress*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/0097840X.1975.9940406>.
- Seo, Ji-Won. 2011. «Better Work Discussion Paper Series: No. 2 Excessive Overtime, Workers and Productivity: Evidence and Implications for Better Work».
- Shiomi, Yosaku, Jun Tsuji, Yasushi Naito, Nobuya Fujiki, y Norio Yamamoto. 1997. «HBIRInG Characteristics of DPOAE audiogram in tinnitus patients». *Hearing Research* 108:83-88.
- «Ship Design and Construction Committee 10 Th Session».2024.
- «Shipping and World Trade: Global Supply and Demand for Seafarers | International Chamber of Shipping».2024. Accedido 24 de enero de 2024. <https://www.ics-shipping.org/shipping-fact/shipping-and-world-trade-global-supply-and-demand-for-seafarers/>.
- «Silenciadores acústicos Vibrachoc - Vibrachoc | Sistemas para la amortiguación de vibraciones y ruidos».2023. Accedido 2 de junio de 2024.
<https://www.vibrachoc.es/silenciadores-acusticos-vibrachoc/?lang=en>.
- «Sistema nervioso simpático: Definición, anatomía, función | Kenhub».2023. Accedido 24 de noviembre de 2023. <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/sistema-nervioso-simpatico>.
- «Sonen Ingeniería Acústica - Blog: El color del ruido».2013. Accedido 10 de noviembre de 2023. https://sonenacustica.blogspot.com/2013/10/el-color-del-ruido_23.html.
- «Sonido - Acústica nivel de presión sonora». 2021.
- «Sonómetro de Campo Clase 1 AWA6228 Plus».2024. Accedido 9 de enero de 2024.
<https://zamtsu.com/catalogo/sonometro-de-campo-clase-1-awa6228-plus/>.
- «Soporte antivibratorio cónico - COM-5250 - ACE Stoßdämpfer GmbH - de metal / de caucho / para máquina».2024. Accedido 29 de mayo de 2024.
<https://www.directindustry.es/prod/ace-stosstdaempfer-gmbh/product-18835-1824792.html>.

- «Sordera y pérdida de la audición».2023. Accedido 22 de noviembre de 2023. https://www.who.int/es/health-topics/hearing-loss/19#tab=tab_1.
- «Sound Analyser Nor140 | Norsonic».2024. Accedido 25 de enero de 2024. https://web2.norsonic.com/product_single/soundanalyser-nor140/.
- «Sound Level Meter / Noise Level Meter | PCE Instruments».2024. Accedido 9 de enero de 2024. https://www.pce-instruments.com/eu/measuring-instruments/test-meters/sound-level-meter-noise-level-meter-kat_40095.htm.
- «STCW under review: 22 key areas for consideration - SAFETY4SEA».2023. Accedido 24 de enero de 2024. <https://safety4sea.com/stcw-under-review-22-key-areas-for-consideration/>.
- «Tapones para los oídos moldeados a medida - Protecciones auditivas».2024. Accedido 17 de marzo de 2024. <https://www.cotral.es/proteccion-auditiva/tapones-a-medida.html>.
- «The ABCs of Frequency Weighting | Acoustical Engineer».2019. Accedido 14 de mayo de 2024. <https://acousticalengineer.com/the-abcs-of-frequency-weighting/>.
- Theodoridis, Theodoros, y Juergen Kraemer.2022. «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo 2022».
- «Trastornos de la Motilidad Gastrointestinal: qué es, síntomas y tratamiento | Top Doctors».2023. Accedido 28 de noviembre de 2023. <https://www.topdoctors.mx/diccionario-medico/trastornos-de-la-motilidad-gastrointestinal/>.
- «What is Temporary Threshold Shift (TTS)? | Anderson Audiology».2024. Accedido 5 de enero de 2024. <https://andersonaudiology.com/resources/what-is-temporary-threshold-shift-tts/>.



Universidad de Oviedo

