UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE POSGRADO

MAESTRÍA DE HIGIENE Y SALUD OCUPACIONAL

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR,

MODALIDAD ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA:

"EXPOSICIÓN DEL RUIDO LABORAL EN PERSONAL MILITAR Y SUS EFECTOS EN LA SALUD, GUAYAQUIL 2024"

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Higiene y Salud Ocupacional

Línea de Investigación: Salud y Bienestar Integral

Autor:
Pierina Doménica García Vinces, MD

Tutor:
Silvia Fernanda Jiménez Yánez, M.Sc.

Asesor:
María Fernanda Valle Dávila, PhD

Ibarra-Ecuador -2026

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 22 de septiembre de 2026

Ing, Silvia Fernanda Jiménez Yánez, M.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
SILVIA FERNANDA JIMENEZ YANEZ

(f) .....

Silvia Fernanda Jiménez Yánez, M.Sc.

C.C.: 1713618096

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	García Vinces Pierina Doménica

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"EXPOSICION DEL RUIDO LABORAL EN PERSONAL MILITAR Y SUS EFECTOS EN LA SALUD, GUAYAQUIL 2024"
AUTOR (ES):	García Vinces Pierina Doménica
FECHA: DD/MM/AAAA	22-09-2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	☐ **PREGRADO** **(X) POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Magister en Higiene y Salud Ocupacional
DIRECTOR/ ASESOR:	Silvia Fernanda Jiménez Yánez / María Fernanda Valle Dávila

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de septiembre de 2026

EL AUTOR

Pierina Domenica Garcia Vinces
Time Stamping Security Data

(Firma).....

Nombre: Pierina Doménica García Vinces

UDK 616.28-008.14:355.1

EXPOSICIÓN DEL RUIDO LABORAL EN PERSONAL MILITAR Y SUS EFECTOS EN LA SALUD, GUAYAQUIL 2024 EXPOSURE TO OCCUPATIONAL NOISE IN MILITARY PERSONNEL AND ITS EFFECTS ON HEALTH, GUAYAQUIL 2024

García Vinces, P.D.[1] iD https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-1266-1856 **; Jiménez Yánez, S.F.** [2] iD https://orcid.org/0009-0000-4985-8444 **; Valle Dávila, M.F.**[3] iD https://orcid.org/0000-0001-9078-9620

1 Estudiante, Maestría en Higiene y Salud Ocupacional, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

1 Asesora de Proyectos de Investigación, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

3 Docente Maestría en Salud Pública, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

RESUMEN

Introducción: La hipoacusia inducida por ruido (HNSR) se debe a la exposición crónica a niveles elevados de presión sonora en los puestos de trabajo, lo que provoca la apoptosis de las células ciliadas del oído interno. Objetivo: Evaluar el impacto del ruido laboral en la salud auditiva del personal de la Armada del Ecuador. Metodología: Estudio cuantitativo, no experimental, descriptivo, correlacional y transversal. Se analizaron 103 audiometrías tonales aéreas realizadas en 2024 a la totalidad del personal de marinería activo de la Base Naval Sur que labora a bordo de buques tipo corbeta (censo). Se realizaron mediciones de presión sonora ambiental en la sala de máquinas, el cuarto de generadores eléctricos y la sala de bombas. El procesamiento estadístico se realizó mediante pruebas de normalidad, ANOVA, chi-cuadrado y modelos de regresión logística binaria en IBM SPSS v26. Resultados: Los niveles de ruido en todas las áreas evaluadas superaron el umbral de 85 dBA, registrándose el valor más alto de 108,54 dBA en la sala de máquinas. El 23,3% del personal presentó alteraciones auditivas, siendo la hipoacusia neurosensorial leve (HNSR leve, 18,4%) la más prevalente. Por cada año adicional de servicio, el riesgo de daño auditivo aumentó en un 6,6% (OR = 1,066; IC95%: 1,011–1,124; p = 0,019), mientras que el uso inconstante de protectores auditivos incrementó este riesgo 20,6 veces (OR = 20,571; IC95%: 6,514–64,966; p < 0,001). Conclusión: El personal naval ecuatoriano trabaja

en ambientes con niveles de ruido que superan los límites legales vigentes. Los años de servicio y el uso inconsistente de equipos de protección auditiva son los principales predictores del daño auditivo. Se recomienda fortalecer los programas de conservación auditiva con estrategias integrales y sostenidas.

Palabras clave: hipoacusia neurosensorial; ruido ocupacional; personal militar; fuerza naval; audiometría; protección auditiva; factores de riesgo; salud ocupacional

ABSTRACT

Introduction: Noise-induced sensorineural hearing loss (NISNHL) results from chronic occupational exposure to elevated sound pressure levels, leading to apoptosis of cochlear hair cells. Objective: To evaluate the impact of occupational noise on the hearing health of Ecuadorian Navy personnel. Methods: A quantitative, non-experimental, descriptive, correlational, and cross-sectional study was conducted. A census of 103 pure-tone air audiometries performed in 2024 on active naval personnel stationed at the Southern Naval Base aboard corvette-type vessels was analyzed. Ambient sound pressure level measurements were taken in the engine room, electric generator room, and pump room. Statistical analysis included normality tests, ANOVA, chi-square, and binary logistic regression models using IBM SPSS v26. Results: Noise levels in all evaluated areas exceeded the 85 dBA threshold, with the highest value of 108.54 dBA recorded in the engine room. A total of 23.3% of personnel showed audiometric alterations; mild sensorineural hearing loss (18.4%) was the most prevalent condition. For each additional year of service, the risk of hearing damage increased by 6.6% (OR = 1.066; 95% CI: 1.011–1.124; $p = 0.019$), while inconsistent use of hearing protection increased this risk 20.6-fold (OR = 20.571; 95% CI: 6.514–64.966; $p < 0.001$). Conclusion: Ecuadorian naval personnel work in environments with noise levels exceeding current legal limits. Years of service and inconsistent use of hearing protection devices are the primary predictors of auditory damage. Strengthening hearing conservation programs with comprehensive and sustained strategies is recommended.

Keywords: sensorineural hearing loss; occupational noise; military personnel; navy; audiometry; hearing protection; risk factors; occupational health´

INTRODUCCIÓN

La pérdida auditiva inducida por ruido (hipoacusia neurosensorial por ruido, HNSR) representa un problema de salud pública debido a su impacto en las dimensiones física, psicológica y social del individuo, así como en la productividad y el rendimiento organizacional [1]. Se caracteriza por ser bilateral, simétrica y progresiva, especialmente cuando la exposición al agente causante persiste. Es irreversible, ya que, aunque existen varias terapias, procedimientos y dispositivos que mejoran la audición, ninguno logra restaurarla por completo [2].

A nivel mundial, la pérdida auditiva por ruido afecta a más de 1.570 millones de personas [3]; la presbiacusia constituye la causa más común. La hipoacusia de origen laboral ocupa el segundo lugar y afecta aproximadamente al 5% de la población mundial, principalmente a los hombres [3]. El informe de la carga global de la enfermedad (GBD) indica que las tasas más altas se registran en países en desarrollo, donde las desigualdades en el acceso a los servicios de salud entre distintos grupos socioeconómicos son evidentes, y señala que la intervención gubernamental en estas regiones es insuficiente [4].

El entorno militar es uno de los sectores con mayor exposición al ruido. Factores como la edad, los horarios irregulares en ambientes ruidosos, los años de servicio, el uso inconstante de protección auditiva, las vibraciones, los espacios confinados y las condiciones climáticas hostiles aumentan significativamente el riesgo de daño auditivo [5]. Dentro del sector militar, en la rama naval, el sonido proviene principalmente de: el ruido generado en el interior de las embarcaciones; el ruido que se propaga al entorno subacuático mediante vibraciones del casco y la cavitación de la hélice; y el sonar. La presente investigación se centró en la primera fuente sonora [6].

El ruido generado a bordo de los buques es el más perjudicial para la salud auditiva en la industria marítima. Las jornadas laborales en este sector incluyen guardias de 8, 12 o 24 horas durante 3 a 6 meses, en la sala de máquinas o en las zonas de propulsión del barco. Al encontrarse en altamar, no existen descansos los fines de

semana, por lo que la exposición al ruido es continua. El sonido que producen los motores, los generadores eléctricos, el sistema de bombas y ventilación viene acompañado de vibraciones, lo que amplifica la intensidad de la onda acústica y aumenta la susceptibilidad del oído a sufrir HNSR [7].

En respuesta a esta problemática, el principal sustento jurídico en Ecuador radica en el Acuerdo Ministerial MDT-2024-196, que establece que los trabajadores no deben permanecer sin equipo de protección auditiva cuando la presión sonora ambiental supere los 80 dBA en su área de trabajo, siendo obligatorio a partir de los 85 dBA. Asimismo, el tiempo de permanencia continua en dichas zonas no debe exceder las 8 horas diarias, y la normativa exige audiometrías periódicas dado que reconoce alteraciones fisiológicas en el sistema auditivo a partir del umbral de 85 dBA [8].

A pesar de esta regulación, la literatura científica disponible en el ámbito militar se centra principalmente en el personal de las fuerzas terrestres y aéreas; la rama naval es un entorno poco investigado, cuya producción científica proviene de contextos regionales, socioeconómicos y laborales distintos de la realidad latinoamericana [9]. Este déficit limita tanto la caracterización de los factores de riesgo asociados al daño auditivo en la industria marítima como la implementación de estrategias preventivas adaptadas al panorama ecuatoriano.

El presente estudio propone evaluar el impacto del ruido laboral en la salud del personal de la Armada del Ecuador mediante: la cuantificación de los niveles de ruido en las diversas áreas operativas de los buques tipo corbeta; la estimación de la frecuencia de alteraciones auditivas; y el análisis de la asociación entre la exposición al ruido laboral y las alteraciones en la salud auditiva de los marinos. Los datos aportarán evidencia epidemiológica local para diseñar, fortalecer o implementar programas eficaces de conservación de la audición en el sector naval.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio empleó un enfoque cuantitativo, no experimental, de carácter descriptivo, correlacional y transversal. El análisis se apoyó en dos instrumentos:

resultados de audiometrías tonales aéreas realizadas en 2024 a miembros de la Marina Ecuatoriana que laboran en la Base Naval Sur, a bordo de los buques tipo corbeta; y mediciones de presión sonora ambiental en la sala de máquinas, el cuarto de generadores eléctricos y la sala de bombas de dichos navíos.

La población total estuvo conformada por 103 militares activos de la Base Naval Sur que laboran a bordo de buques tipo corbeta; dado que se incluyó a la totalidad del personal disponible que cumplía los criterios de elegibilidad, se trató de un censo y no de una muestra probabilística. Para participar, los militares debían contar con al menos un año de servicio activo. Se excluyeron individuos con condiciones médicas que justificaran una hipoacusia de origen distinto al ruido (otitis media crónica, perforación timpánica, ototoxicidad activa), quienes realizaban tareas administrativas con exposición mínima al ruido, y quienes contaban con historias clínicas incompletas o exámenes desactualizados.

Para identificar posibles signos de deterioro auditivo, se utilizaron los resultados de audiometrías tonales previamente realizadas por personal calificado en una cabina sonoamortiguada Maxi 350, con un audiómetro Amplivox 260 (−10 a 120 dB HL; 125–8.000 Hz), calibrado según las normativas vigentes [10]. La interpretación diagnóstica fue realizada por médicos ocupacionales y corroborada por el servicio de otorrinolaringología. En el audiograma, la hipoacusia neurosensorial (HNSR) se confirma cuando en ambos oídos el umbral auditivo supera los 25 dBA, formando una escotadura («V») alrededor de los 4 kHz, seguida de una recuperación a los 8 kHz [11].

Las mediciones de ruido ambiental se realizaron con un sonómetro de Clase 2, Optimus Red CR:162C (Cirrus Research), calibrado conforme a los lineamientos de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 9612, aplicando la estrategia de medición por tarea. Se empleó la ponderación A (dBA) en tres momentos de la jornada laboral: 8:30, 12:30 y 15:30 h, con una duración de 5 minutos por toma, colocando el micrófono a 1,5 m del suelo y alejado de superficies reflectantes. Las mediciones se realizaron mientras los buques se encontraban en operación normal a puerto, con los equipos de propulsión y auxiliares en funcionamiento estándar [12]. Para simular las condiciones

de protección real, se estimó el nivel de exposición efectivo bajo el uso de orejeras 3M Peltor Optime III (serie H540P3E), aplicando el método SNR (Single Number Rating) conforme a la norma ISO 4869-2, con los valores de atenuación declarados por el fabricante [13].

El análisis estadístico se realizó con IBM SPSS v26. La normalidad se verificó mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk ($p < 0,001$). Para variables cualitativas se emplearon frecuencias y proporciones; para variables cuantitativas, medias y desviación estándar (DE). Las diferencias en presión acústica entre las dos corbetas se compararon mediante la prueba T de Student para muestras independientes. Las variaciones del nivel sonoro a lo largo de la jornada se analizaron mediante ANOVA de un factor (comparación entre sectores) y ANOVA de medidas repetidas con corrección de Greenhouse-Geisser (comparación entre horarios). La eficacia de las orejeras se evaluó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Las asociaciones entre variables sociodemográficas/laborales y la presencia de alteraciones auditivas se analizaron con chi-cuadrado de Pearson (χ^2); la tendencia lineal se evaluó con la prueba de asociación lineal por lineal. El riesgo de pérdida auditiva se modeló mediante tres regresiones logísticas binarias independientes. La significancia se fijó en $p < 0,05$.

RESULTADOS

La población estuvo compuesta mayoritariamente por hombres (96,1%), con una baja representación femenina (3,9%). En cuanto al rango militar, los grupos más numerosos fueron cabo primero (22,3%), marineros (16,5%), cabo segundo (13,6%) y sargento segundo (10,7%), mientras que los rangos de oficiales superiores fueron minoritarios (≤1%). Respecto al tiempo de servicio, el 84,5% del personal acumuló hasta 20 años, distribuidos en 43,7% con 1–10 años y 40,8% con 11–20 años, mientras que el 15,6% presentó más de 21 años de servicio. El 77,7% de la muestra se concentró en los rangos de edad 1 y 2 (36,9% y 40,8%, respectivamente) (Tabla 1).

Tabla 1

Características sociodemográficas y laborales de la población militar estudiada

Variable	Categoría	n	%
Sexo	Masculino	99	96,1
	Femenino	4	3,9
Rango de edad	Rango 1 (18–25 años)	38	36,9
	Rango 2 (26–35 años)	42	40,8
	Rango 3 (36–45 años)	14	13,6
	Rango 4 (>45 años)	9	8,7
Rango militar	Marinero	17	16,5
	Cabo segundo	14	13,6
	Cabo primero	23	22,3
	Sargento segundo	11	10,7
	Otros rangos	38	36,9
Años de servicio	1–10 años	45	43,7
	11–20 años	42	40,8
	≥21 años	16	15,5

Nota. La tabla muestra la distribución absoluta y relativa de la población (N = 103) según variables sociodemográficas y laborales.

Al comparar los resultados entre corbetas, los niveles de ruido fueron similares en las tres mediciones. En la Corbeta A, los valores promedio pasaron de 99,39 dB(A) a las 08:30 a 100,77 dB(A) a las 12:30, alcanzando 102,15 dB(A) a las 15:30. En la Corbeta B se observó un patrón similar: 99,42 dB(A), 100,99 dB(A) y 101,54 dB(A) en los mismos horarios. En conjunto, la exposición sonora mostró un incremento progresivo a lo largo de la jornada, de 99,41 dB(A) en la mañana a 101,86 dB(A) en la tarde, con desviaciones estándar de 4,43 a 5,52 dB(A) (Tabla 2).

Tabla 2

Comparación de los niveles de exposición a ruido entre corbetas y sectores operativos

Sector / Corbeta	08:30 h Media (DE)	12:30 h Media (DE)	15:30 h Media (DE)
Sala de bombas	95,01 (2,14)	96,26 (2,43)	96,41 (2,67)
Sala de generadores	97,62 (2,88)	98,91 (3,05)	99,64 (3,21)
Sala de máquinas	104,80 (3,92)	106,85 (4,18)	108,54 (5,31)
Corbeta A (n=53)	99,39 (3,45)	100,77 (4,12)	102,15 (5,08)
Corbeta B (n=50)	99,42 (3,31)	100,99 (3,54)	101,54 (5,14)
Total (N=103)	99,41 (4,43)	100,87 (4,81)	101,86 (5,52)

Nota. Valores expresados en dB(A). Los sectores considerados fueron: sala de bombas (n = 34), sala de generadores eléctricos (n = 31) y sala de máquinas (n = 38). DE = desviación estándar.

En ninguna de las tres mediciones se observaron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de presión sonora entre la Corbeta A y la Corbeta B ($p > 0,05$ en todos los horarios). Las diferencias de medias fueron mínimas (<1 dB), lo que indica que ambas embarcaciones presentan condiciones acústicas equivalentes (Tabla 3).

Tabla 3
Comparación de niveles de presión sonora entre Corbeta A y Corbeta B

Horario	Corbeta A Media (DE)	Corbeta B Media (DE)	Diferencia de medias	p (T-Student)
08:30 h	99,39 (3,45)	99,42 (3,31)	0,03	> 0,05
12:30 h	100,77 (4,12)	100,99 (3,54)	0,22	> 0,05
15:30 h	102,15 (5,08)	101,54 (5,14)	0,61	> 0,05

Nota. La prueba T de Student para muestras independientes no mostró diferencias estadísticamente significativas entre Corbeta A y Corbeta B en ningún horario ($p > 0,05$). DE = desviación estándar.

Los resultados evidencian diferencias significativas entre los sectores de trabajo y entre los horarios de medición. La sala de máquinas presentó los niveles más elevados en las tres mediciones (104,80–108,54 dBA), seguida de la sala de generadores eléctricos (97,62–99,64 dBA) y la sala de bombas (95,01–96,41 dBA). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas en todos los horarios ($p < 0,001$). Los niveles medios mostraron un incremento progresivo a lo largo de la jornada. La prueba de esfericidad de Mauchly resultó significativa ($p < 0,001$), por lo que se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser ($\varepsilon = 0,891$). El ANOVA de medidas repetidas confirmó diferencias altamente significativas entre los tres horarios ($F = 340,87$; $p < 0,001$; η^2 parcial = 0,770), con una tendencia lineal significativa ($F = 413,10$; $p < 0,001$; η^2 parcial = 0,802) y un componente cuadrático también significativo ($F = 23,79$; $p < 0,001$; η^2 parcial = 0,189), lo que indica que el incremento fue sostenidamente ascendente aunque no completamente uniforme (Tabla 4).

Tabla 4
Comparación de los niveles de presión sonora entre sectores y horarios de medición

Fuente de variación	F	p	η² parcial
Entre sectores (ANOVA de un factor)	—	< 0,001	—
Fuente de variación	**F**	**p**	**η² parcial**
Entre horarios (ANOVA medidas repetidas)	340,87	< 0,001	0,770
Tendencia lineal	413,10	< 0,001	0,802
Componente cuadrático	23,79	< 0,001	0,189

Nota. Corrección de Greenhouse-Geisser aplicada (ε = 0,891). Las pruebas post hoc (Tukey y Bonferroni) mostraron diferencias significativas (p < 0,001) entre los tres sectores en cada horario.

El nivel promedio de presión sonora sin orejeras fue de 100,71 dB(A) (DE = 4,91; rango: 94,85–107,56 dB), superando el límite de 85 dB(A) establecido por el Ministerio de Trabajo. Al aplicar la atenuación mediante el método SNR con las orejeras 3M Peltor Optime III (serie H540P3E), el nivel promedio se redujo a 66,71 dB(A) (DE = 4,91; rango: 60,85–73,56 dB), situándose por debajo del umbral de riesgo auditivo (Tabla 5).

Tabla 5
Niveles de presión sonora sin orejeras y nivel atenuado estimado con el uso de orejeras

Variable	N	Media dB(A)	DE	Mínimo	Máximo
Nivel sin orejeras	103	100,71	4,91	94,85	107,56
Nivel atenuado con orejeras	103	66,71	4,91	60,85	73,56
Reducción (sin – con)	103	34,00	0,00	34,00	34,00

Nota. Método de atenuación: SNR (ISO 4869-2). dB(A) = decibelios ponderados A. DE = desviación estándar. SNR declarado por el fabricante: 34 dB.

Las pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk) fueron significativas para ambas variables (p < 0,001), por lo que se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Esta mostró diferencias estadísticamente significativas entre el nivel sin orejeras y el nivel atenuado (p < 0,001), con una reducción media de 34,00 dB (33,76% respecto al nivel sin protección) (Tabla 6).

Tabla 6
Comparación emparejada de la exposición sonora con y sin orejeras (prueba de Wilcoxon)

Estadístico	Valor
Z de Wilcoxon	-8,832
p (bilateral)	< 0,001
Reducción media dB(A)	34,00
Porcentaje de reducción	33,76%

Nota. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. Rechazo de H_0 (sin diferencia entre exposición con y sin orejeras).

La mayoría del personal evaluado presentó audición normal (76,7%), mientras que el 23,3% presentó algún grado de afectación auditiva. La hipoacusia neurosensorial leve fue la condición más frecuente (18,4%), seguida del trauma acústico agudo (3,9%) y la hipoacusia moderada (1,0%). Las pruebas de chi-cuadrado no mostraron asociaciones estadísticamente significativas entre el diagnóstico auditivo y las variables sexo, rango militar, rango de edad, sector de trabajo ni corbeta asignada ($p > 0,05$ en todos los casos). Para la variable años de servicio se observó una tendencia a la asociación ($\chi^2 = 14,75$; $gl = 9$; $p = 0,098$), respaldada por la prueba de asociación lineal por lineal ($p = 0,036$), lo que sugiere un efecto acumulativo de la exposición (Tabla 7).

Tabla 7
Prevalencia de diagnósticos auditivos y asociación con variables sociodemográficas y laborales

Variable	Normal n (%)	Alterado n (%)	χ^2	p
Sexo	—	—	—	> 0,05
Rango de edad	—	—	—	> 0,05
Rango militar	—	—	—	> 0,05
Años de servicio	—	—	14,75	0,098*
Sector de trabajo	—	—	—	0,816
Corbeta (A vs B)	—	—	—	> 0,05

Nota. * Tendencia a la asociación respaldada por la prueba de asociación lineal por lineal ($p = 0,036$). La prevalencia global de alteraciones auditivas fue de 23,3% ($n = 24$). Se invita a los autores a completar los valores absolutos de la tabla con los datos originales.

El tiempo de servicio se asoció significativamente con la alteración auditiva: por cada año adicional, las probabilidades de presentar hipoacusia aumentaron en un 6,6% (OR = 1,066; IC95%: 1,011–1,124; $p = 0,019$), con un poder explicativo modesto (R^2

de Nagelkerke = 0,081). Cabe señalar que este modelo clasificó correctamente el 73,8% de los casos con una especificidad del 96,2% pero una sensibilidad del 0%, lo que indica que el modelo por sí solo no fue capaz de identificar correctamente a los casos positivos de hipoacusia; esta limitación refleja el escaso poder discriminante cuando se usa un único predictor continuo sobre una variable dependiente poco prevalente. El uso inconsistente de protectores auditivos mostró una asociación de mayor magnitud: no usarlos se asoció con 20,6 veces mayores odds de presentar alteración auditiva en comparación con el uso constante (OR = 20,571; IC95%: 6,514– 64,966; p < 0,001). El amplio intervalo de confianza de este estimador refleja la baja frecuencia de no-uso en la muestra y debe interpretarse con cautela, aunque la asociación resulta estadísticamente robusta (R^2 = 0,398; sensibilidad: 66,7%; especificidad: 91,1%). El nivel de presión sonora medido de forma instantánea no se asoció con la alteración auditiva (OR = 1,036; IC95%: 0,944–1,137; p = 0,450; R^2 = 0,008) (Tabla 8).

Tabla 8
Regresión logística binaria de la alteración auditiva: tiempo de servicio, uso de protectores auditivos y nivel de ruido

Predictor	OR	IC95% inferior	IC95% superior	p	R^2 Nagelkerke	Sensibilidad	Especificidad
Años de servicio (por año)	1,066	1,011	1,124	0,019	0,081	0,0%	96,2%
No uso de orejeras vs. uso	20,571	6,514	64,966	< 0,001	0,398	66,7%	91,1%
Nivel de ruido (por 1 dB)	1,036	0,944	1,137	0,450	0,008	—	—

Nota. Variable dependiente: alteración audiométrica (0 = normal; 1 = alterada). Codificación de uso de protectores: 1 = uso constante, 2 = uso inconstante; el OR se interpreta como uso inconstante frente a uso constante. La prueba de Hosmer-Lemeshow para el Modelo 2 no es calculable dado que el predictor es de naturaleza binaria (solo genera dos probabilidades estimadas). OR = razón de momios; IC95% = intervalo de confianza al 95%.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que el personal de la Marina Ecuatoriana a bordo de los buques tipo corbeta labora en zonas cuyas presiones sonoras superan ampliamente los límites del Acuerdo Ministerial MDT-2024-196, siendo la sala de

máquinas el área con el nivel más alto registrado (108,54 dBA). La alteración auditiva más prevalente fue la hipoacusia neurosensorial leve. El riesgo de lesión auditiva aumentó con los años de servicio, y el uso inconstante de los protectores auditivos fue el predictor más fuerte de daño auditivo.

Desde la perspectiva del análisis de riesgo para la salud, los datos obtenidos permiten estimar que el personal con más de 11 años de servicio y sin uso constante de EPP constituye el grupo de mayor riesgo atribuible, lo que debería orientar las prioridades de los programas de vigilancia auditiva. Todos los niveles registrados superan el umbral de referencia de 85 dBA, lo que confirma que la totalidad de la plantilla estudiada está expuesta a un riesgo laboral legalmente reconocido.

Estos resultados son concordantes con: (1) una revisión sistemática en población marinera que determinó que la sala de máquinas es el área con mayor presión sonora en una embarcación [14]; (2) un estudio en motoristas y mecánicos navales rusos de Novoship PJSC, donde los niveles en la sala de máquinas excedían en 13–15 dBA los límites internacionales [15]; (3) informes de buques de la Armada de Malasia, donde la sala de máquinas registró entre 108 y 118 dBA [16]. Debe señalarse, no obstante, que estos contextos difieren del presente estudio en el tipo de embarcación, los regímenes de navegación y las características técnicas de los motores, por lo que las comparaciones deben realizarse con cautela.

La prevalencia de alteraciones auditivas del 23,3% es comparable a la reportada en técnicos navales de la Armada de Malasia (29,9%) [16] y en trabajadores de astilleros chinos con exposición a ruido industrial (24%) [17], y notablemente inferior a la documentada en tripulaciones de lanchas rápidas en la India (42,1%) [18]. Estas diferencias probablemente reflejan variaciones en el tipo de embarcación, los niveles de ruido específicos, los años de servicio promedio de las muestras y los criterios diagnósticos empleados en cada estudio. La hipoacusia leve y el trauma acústico agudo como variantes prevalentes sugieren que el daño auditivo se encuentra en una fase inicial en esta población, lo que enfatiza la ventana de oportunidad para la intervención preventiva.

Los años de servicio activo y el uso de protectores auditivos fueron los principales factores predictivos de hipoacusia. La asociación entre antigüedad laboral y HNSR es coherente con el carácter acumulativo de esta patología: los hallazgos de este estudio se alinean con los de una investigación en marinos franceses (OR = 1,28 para experiencia mayor a 14 años) [19] y con estudios en la tripulación de lanchas rápidas en la India, que encontraron asociación significativa entre años de servicio y escotaduras auditivas bilaterales a 4 kHz (p = 0,002) [18].

El OR = 20,571 para el uso inconstante de orejeras merece un análisis detenido. Si bien su amplitud (IC95%: 6,514–64,966) refleja la baja frecuencia de no-uso en la muestra y la consiguiente imprecisión del estimador, la asociación es estadísticamente robusta y biológicamente plausible: el uso incorrecto o intermitente de EPP reduce drásticamente su eficacia real, independientemente de su capacidad de atenuación nominal. Debe considerarse también la posibilidad de causalidad inversa (quienes ya presentan hipoacusia podrían evitar las orejeras por incomodidad), dado el diseño transversal del estudio.

Por el contrario, el nivel de presión sonora medido de forma instantánea no mostró asociación estadísticamente significativa con la alteración auditiva. Esto es consistente con la naturaleza acumulativa de la HNSR: las mediciones puntuales no capturan la dosis acumulada de ruido a lo largo de los años de servicio, que es el factor determinante del daño crónico.

En materia de salud ocupacional, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos (OSHA) [20], así como las directrices de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) [21] y la Organización Mundial de la Salud (OMS) [22], reconocen el uso de EPP como una de las medidas de mayor eficacia en programas de conservación auditiva. Sin embargo, su efectividad real depende no solo de la provisión del dispositivo, sino de la capacitación del trabajador y de la supervisión del uso correcto.

FORTALEZAS Y LIMITACIONES

Entre los principales puntos fuertes destaca que es la primera investigación sobre ruido ocupacional en la Fuerza Naval Ecuatoriana, aportando evidencia local a una rama desatendida en la literatura latinoamericana. La interpretación diagnóstica de las audiometrías fue corroborada por especialistas en otorrinolaringología, lo que fortalece la validez clínica. La aplicación de modelos de regresión logística permitió estimar la magnitud de los factores de riesgo. Asimismo, se compararon dos corbetas de características similares, se realizaron mediciones en distintos momentos de la jornada para detectar picos de ruido, y se evaluó la eficacia de las orejeras mediante un método estándar (SNR, ISO 4869-2).

En cuanto a las limitaciones: el diseño transversal impide establecer relaciones de causalidad; los resultados deben interpretarse como asociaciones. No se emplearon dosímetros personales, lo que restringe la evaluación a mediciones de campo sin cuantificar la dosis individual acumulada durante el turno completo. El estudio se desarrolló en una única base militar y con los buques en operación a puerto, por lo que los niveles podrían diferir en condiciones de navegación o en otras instalaciones navales.

CONCLUSIONES

Todos los puestos de trabajo evaluados a bordo de los buques tipo corbeta de la Armada del Ecuador superan ampliamente el límite de referencia de 85 dBA del marco legal ecuatoriano, siendo la sala de máquinas el área de mayor presión sonora ambiental (máximo: 108,54 dBA). La patología más prevalente fue la hipoacusia neurosensorial leve (18,4%), hallazgo que indica que el daño auditivo se encuentra en una fase inicial pero progresiva. Los años de servicio y el uso inconstante de protectores auditivos se asociaron de forma estadísticamente significativa con el riesgo de deterioro auditivo, mientras que el nivel de presión sonora puntual no resultó predictor independiente, lo que refleja el carácter acumulativo de la HNSR.

Los datos aportados constituyen la primera evidencia epidemiológica local sobre riesgo auditivo ocupacional en la rama naval ecuatoriana. Se resalta la necesidad de

fortalecer los programas de conservación auditiva con estrategias integrales y sostenidas, que incluyan vigilancia ambiental del ruido, controles de ingeniería y administrativos, audiometrías periódicas, dotación y supervisión del uso de EPP, y educación continua sobre los riesgos del ruido.

Para futuras investigaciones se recomienda: incorporar diseños longitudinales que permitan establecer relaciones de causalidad; utilizar dosímetros personales para cuantificar la dosis individual acumulada; incluir mediciones durante navegación en alta mar; y ampliar el estudio a otras bases navales ecuatorianas y a diferentes tipos de embarcaciones.

REFERENCIAS

[1] World Health Organization. Addressing the rising prevalence of hearing loss. Geneva: WHO; 2018.
[2] Lie A, Skogstad M, Johnsen TS, Engdahl B, Tambs K. A systematic review of noise exposure and hearing loss among seafarers. Occup Med (Lond). 2016;66(5):351–358. doi:10.1093/occmed/kqw015
[3] GBD 2019 Hearing Loss Collaborators. Hearing loss prevalence and years lived with disability. Lancet. 2021;397(10278):996–1009.
[4] Vos T, Allen C, Arora M, et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries. Lancet. 2016;388(10053):1545–1602.
[5] Grantham DA, Curran MF, Robertson DH. Occupational noise exposure in military populations. Mil Med. 2020;185(3-4):e370–e377.
[6] Sliwinska-Kowalska M, Davis A. Noise-induced hearing loss. Noise Health. 2012;14(61):274–280.
[7] Holt JJ. Noise exposure limits. Occup Health Nurs. 2013;44(5):234–239.
[8] Ministerio de Trabajo del Ecuador. Acuerdo Ministerial MDT-2024-196. Quito: MDT; 2024.
[9] Fuente A, Quitanilla F, Meléndez A. Occupational noise and hearing loss in Latin America: a systematic review. Int J Audiol. 2023;62(4):305–315.
[10] Amplivox. Model 260 Audiometer User Manual. Oxford: Amplivox; 2022.
[11] Passchier-Vermeer W. Hearing loss due to continuous exposure to steady-state broadband noise. J Acoust Soc Am. 1974;56(5):1585–1593.
[12] Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN-ISO 9612: Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Quito: INEN; 2014.
[13] International Organization for Standardization. ISO 4869-2: Acoustics — Hearing protectors — Part 2: Estimation of effective A-weighted sound pressure levels when hearing protectors are worn. Geneva: ISO; 2018.
[14] Lie A, Skogstad M, Johnsen TS. Prevalence of hearing loss among seafarers: a systematic review. Occup Environ Med. 2020;77(2):95–102.
[15] Babanov SA, Budash DS. Professional hearing loss in seafarers of Novoship PJSC. Health Risk Anal. 2019;(4):82–90. (in Russian).
[16] Tuah NA, Mohd Yusoff MN, Siti Azrin AH. Noise-induced hearing loss among naval personnel aboard Malaysian warships. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(5):2903.
[17] Zhang M, Wang Y, Li X, et al. Prevalence of noise-induced hearing loss among shipyard workers in China. Occup Med. 2020;70(3):175–181.
[18] Desai JN, Singh PP, Mehta CD. Hearing loss in fast patrol vessel crew of the Indian Navy. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg. 2021;73(2):218–224.
[19] Perret JL, Dhymann N, Laouali D, et al. Occupational noise-induced hearing loss in French seafarers. Occup Environ Med. 2018;75(4):270–276.
[20] Occupational Safety and Health Administration. Occupational Noise Exposure: Hearing Conservation

Amendment. 29 CFR 1910.95. Washington: OSHA; 2020.
[21] International Labour Organization. Code of Practice on Ambient Factors in the Workplace. Geneva: ILO; 2015.
[22] World Health Organization. Make Listening Safe. Geneva: WHO; 2015.