

# RUIDO A BORDO

*Moisés Fernández Valdebenito  
Capitán de Corbeta*

## INTRODUCCION

El sonido es un fenómeno tan habitual en nuestra vida que raramente nos detenemos a considerar sus efectos. Todo aquello que recibimos a través de nuestro oído es sonido. El sonido nos proporciona una gran variedad de información; nos permite, en primer lugar, la comunicación hablada en el trabajo, en la familia, en las horas de recreación, en el momento de recibir instrucciones o en el aprendizaje.

Sin embargo, cada vez con mayor frecuencia en la vida moderna, el sonido produce molestias y entonces lo llamamos ruido, el cual es una mezcla desordenada de diversos tonos.

Hace más de un siglo que se conocen los efectos nocivos del ruido, pero sólo abarcaba algunos oficios o actividades. También algunos soldados hablaban con orgullo de la lesión auditiva que les había provocado el ruido de las piezas de artillería en la guerra.

En general, antes de la Revolución Industrial pocas personas estaban expuestas en forma continua a ruidos de elevado nivel de presión sonora.

Hoy la situación ha cambiado notoriamente por cuanto es difícil encontrar faenas industriales, marítimas e incluso agrícolas y de oficinas donde el ruido no esté presente durante toda o parte de la jornada de trabajo. El progreso aumenta la velocidad de las máquinas y de los transportes; aumentando en consecuencia los niveles de ruido.

Un buque es en esencia un elemento generador de ruido, por cuanto se debe desplazar en un medio acuático e inestable, generando su propia fuerza motriz y creando las condiciones para que en su interior se manifiesten una serie

de movimientos controlados e incontrolados que generan por sí solo un alto nivel de ruido. Lo anterior sólo si consideramos a un buque como un medio de transporte, porque si a esto le agregamos el acondicionamiento como buque de guerra, aumentaremos considerablemente las fuentes generadoras de ruido peligroso.

Esto demuestra que la armada como una institución moderna y dinámica no ha estado ajena a este problema. Durante los últimos años se ha evidenciado un notable aumento del daño auditivo en el personal naval, el que a diario se ve enfrentado a actividades que requieren exposiciones prolongadas, como por ejemplo: Departamento de Ingeniería de unidades a flote y reparticiones terrestres, actividades a bordo de submarinos, artillería, Infantería de Marina, Aviación Naval, etc. Lo anterior demuestra que todo miembro de la institución, durante su carrera profesional estará expuesto involuntariamente a una condición de ruido potencialmente peligrosa.

De ahí que es necesario crear conciencia en las generaciones jóvenes sobre la importancia que debe darse a este problema y asumir con responsabilidad una actitud preventiva, donde la participación activa de todos los miembros de la armada hará posible minimizar este daño.

El presente trabajo está orientado a mostrar cómo se manifiesta el ruido a bordo de un buque de guerra. Considerando algunas actividades que allí se realizan también veremos la forma de evaluar y analizar los datos registrados y las medidas de prevención más adecuadas a considerar.

## ANTECEDENTES

### Conceptos básicos

El sonido es un fenómeno que ocurre por la alteración mecánica de un medio elástico. Esto significa que si no existe un medio de propagación no hay ruido. Por eso en el vacío no hay sonido. El medio que más nos interesa es el aire. También se propagan sonidos a través de sólidos y líquidos.

Una de las características es la magnitud de la alteración mecánica (por ejemplo: alteración de la presión del aire) que origina ruidos débiles, fuertes o muy fuertes, según sea la magnitud de lo que llamamos nivel de presión sonora.

El nivel de presión sonora se mide en decibelios (dB), que es un valor adimensional usado de referencia y que se expresa logarítmicamente e indica las veces que un sonido es mayor que otro. Cero decibel, entonces, no significa ausencia de ruido, sino que quiere decir que el ruido que se está midiendo es igual al de referencia y representa un mínimo audible de un oído normal.

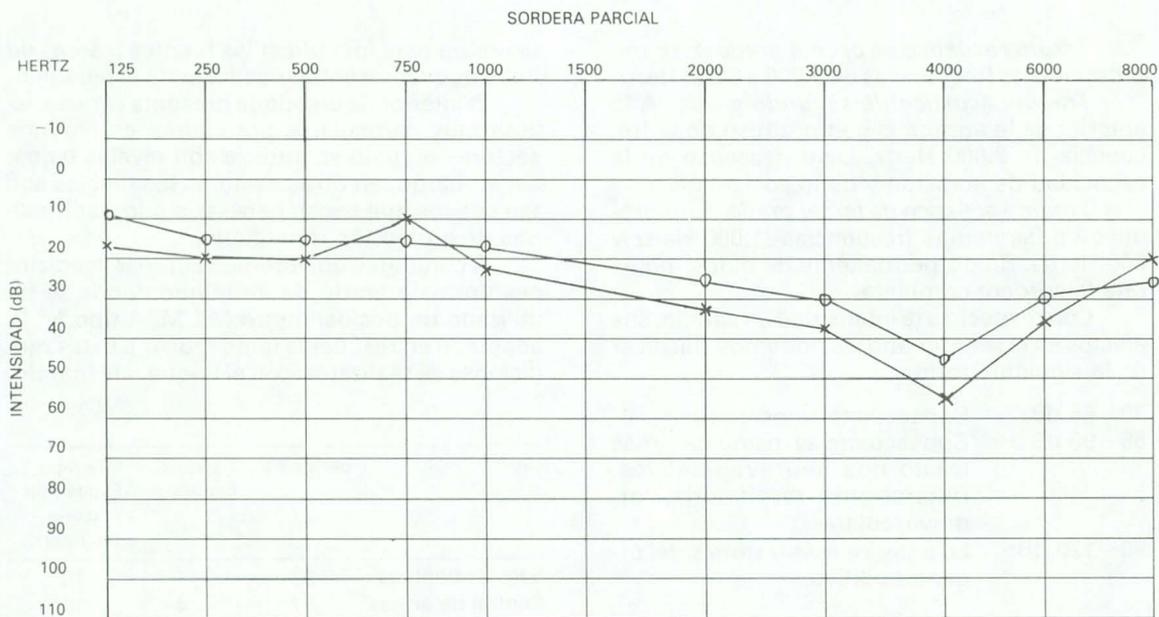
La variación de presión se presenta como pequeños aumentos o disminuciones de la presión atmosférica en el transcurso del tiempo.

Un aumento determinado y su correspondiente disminución constituyen un ciclo.

El número de ciclos, por ejemplo, determina la frecuencia del sonido y se aprecia como sonidos agudos para muchos ciclos por segundo y sonidos graves de baja frecuencia para pocos ciclos por segundo. Cada ciclo se denomina Hertz (Hz).

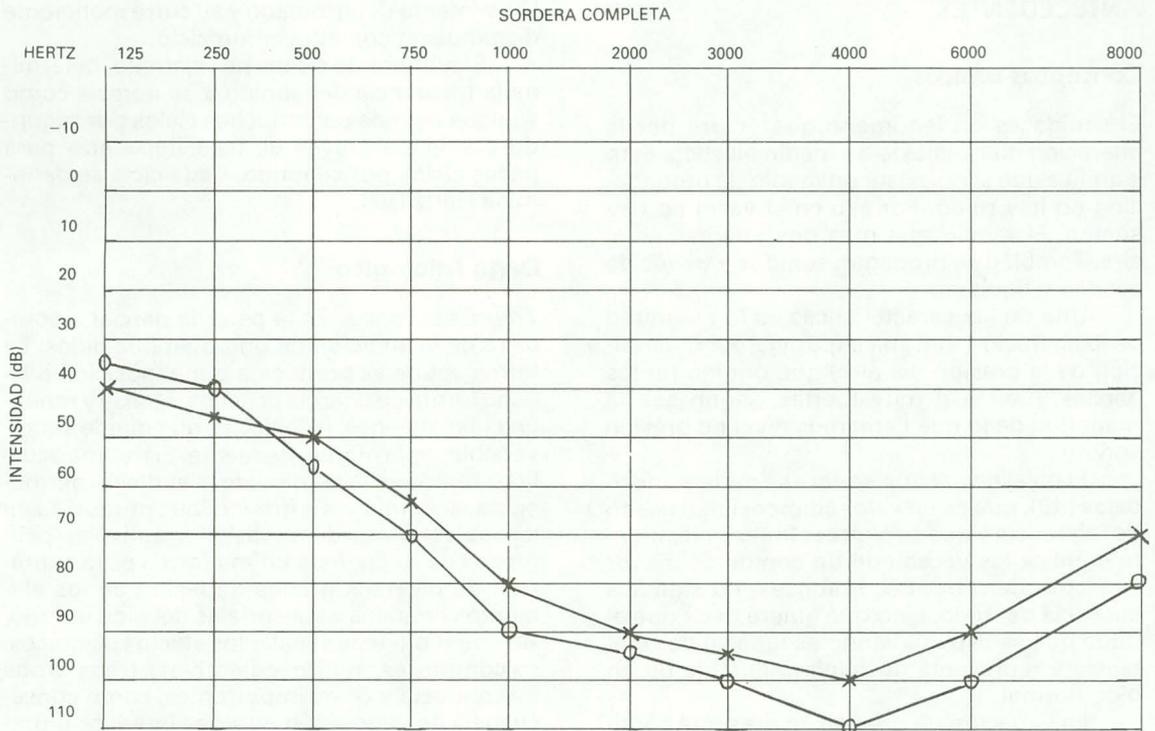
### Daño fisiológico

**Trauma acústico:** Es la pérdida parcial o completa de la audición de uno o ambos oídos. La forma aguda es producida por exposición a alguna forma de energía acústica intensa y repentina (explosiones, estallidos), que puede ser reversible; es la menos frecuente. El trauma acústico crónico es la pérdida de la audición permanente, acumulativa e irreversible, producida en lapsos variables de exposición a niveles peligrosos de ruido. Esta última forma es la expresión de diversos grados de lesión de los elementos neurales y sensoriales del oído interno. Además conviene señalar los efectos psíquicos, psicomotores, neurovegetativos, trastornos de conducta y otros importantes, como consecuencia de exposición a ruidos intensos o presiones sonoras elevadas. La clasificación audiométrica del trauma acústico es la siguiente:



X: oído izquierdo; O: oído derecho

La dificultad del hombre para comunicarse por la palabra comienza cuando requiere más de 25 dB para comenzar a percibir tonos puros de 1000, 3000, 4000 y 6000 ciclos por segundo.



X: oído izquierdo; O: oído derecho

Sordera completa existe cuando el promedio mínimo necesario para percibir tonos puros en las frecuencias de 1000, 3000, 4000 y 6000 Hertz es de 90 dB o más.

**Trauma acústico de primer grado:** Se comprometen las frecuencias de 3.000 a 8.000 Hertz.

**Trauma acústico de segundo grado:** A lo anterior se le agrega el compromiso de la frecuencia de 2.000 Hertz. Leve descenso en la capacidad de audición y daño social ligero.

**Trauma acústico de tercer grado:** Compromiso de las demás frecuencias (1.000 Hertz y 500 Hertz). Ruido permanente de oídos; no es rara la sordera completa.

Con respecto a la intensidad de sonido, sus efectos en el ser humano los podemos clasificar de la siguiente forma:

- 30 - 65 dB: Consecuencias psíquicas.
- 65 - 90 dB: Consecuencias psíquicas más trastornos neurovegetativos. (Alteraciones respiratoria, cardiovasculares).
- 90 - 120 dB: Lo anterior más lesiones del órgano auditivo.

## MEDICION DE RUIDO

La medición de ruido y el análisis de exposición

se realiza para identificar las fuentes o áreas de ruido que representan riesgos para el personal.

El interior de un buque presenta características muy particulares por cuanto en algunos sectores el ruido se aprecia con niveles bajos; sin embargo, en otros sectores los niveles son tan críticos que hacen necesario adoptar medidas de protección inmediatas.

A continuación veremos algunas mediciones típicas a bordo de un buque donde se ha utilizado un decibelímetro MK MSA tipo N° 2, adaptado en respuesta lenta (dB(A)). Estas mediciones se realizaron con el buque navegando.

Lugar	Decibeles	Personal Expuesto	Tiempo Exposición diaria (en horas)
Sala de bombas	97	1	10
Central de armas	77	4	10
Sala instrumento de sonar	79	3	10
Sala de radar	75	1	10
CIC	70	15	10

Planta aire acondicionado	91	1	2
Sala de vapor planta alta	101	2	2
Entrepuesto 1	92	20	12
Entrepuesto 2	85	20	12
Entrepuesto 3	87	20	12

### Análisis de las mediciones de ruido

*Cálculo del tiempo permitido al ruido.* Se encuentra publicado en el Diario Oficial N° 30163 del 11 de septiembre de 1978, Decreto N° 109 de fecha 16 de agosto de 1978, lo que se indica en la siguiente tabla:

Nivel Sonoro (A) lento	Tiempo de exposición (en horas)
85	8
86	6.97
87	6.06
88	5.28
89	4.60
90	4
91	3.48
95	2
96	1.24
100	1
103	0.66

### Cálculo de dosis de ruido diario

$$D: \frac{C1+C2+C3+CN}{T1 T2 T3 TN} = 1$$

- D : Dosis de ruido  
 C1 : Tiempos reales de exposición  
 T1 : Tiempos permisibles de exposición

(Ver, ejemplo de cálculo de dosis de ruido diario).

### Ejemplo de cálculo de dosis de ruido diario

Lugar	Decibeles	Tiempo de exposición	Tiempo permisible	Dosis diaria
Sala de bombas	97	10	1.52	6.57
Planta de aire acondicionado	91	2	3.48	0.57
Sala de vapor planta alta	101	2	0.87	2.29
Entrepuesto 1	92	12	3.03	3.96

La dosis de ruido representa un nivel de presión sonora medido en dB (A) durante un tiempo de exposición. Una dosis (1) de ruido es el máximo de nivel sonoro en un tiempo dado o lo que es igual, el máximo de tiempo que puede durar un ruido en un nivel dado sin producir daño auditivo en las frecuencias de la voz humana.

*Cálculo de nivel equivalente continuo (Leq).* Es el nivel de presión sonora que resultaría si la energía acústica recibida en una jornada, que puede ser variable, la distribuyéramos en forma uniforme durante una jornada de trabajo en horas continuas (8 horas diarias). Navegando, supongamos, 12 horas diarias.

$$Ei = \frac{\Delta t}{40} \times 6.25 + 2 \frac{L-70}{5}$$

$$Leq : 56.8 + 16.6 \text{ Log } \Sigma Ei$$

Ei : Índice de exposición parcial del ruido.

$\Delta t$  : Tiempo de duración del nivel sonoro determinado.

L : Es el nivel sonoro correspondiente durante un tiempo t en la semana.

Leq : Nivel sonoro equivalente continuo durante una secuencia.

$\Sigma Ei$  : Sumas de todos los índices de exposición parcial dentro de la semana.

(Ver, ejemplo de cálculo de nivel equivalente continuo).

De los resultados obtenidos con estas mediciones, que fueron hechas en los lugares de más alta contaminación acústica, se puede establecer que el personal que allí trabaja se encuentra recibiendo permanentemente una alta dosis de ruido, lo que hace necesario adoptar medidas de protección inmediatas, sean estas mediante audífonos de protección personal o reduciendo los tiempos de exposición al riesgo auditivo.

## Ejemplo de cálculo de nivel equivalente continuo

Lugar	Decibeles	Tiempo de exposición	Tiempo permitido	Dosis	Leq
Sala de bombas	97	10	1.52	6.57	101 dB (A)
Planta de aire acondicionado	91	2	3.42	0.57	83 dB (A)
Sala de vapor planta alta	101	2	0.87	2.29	93 dB (A)
Entrepuesto 1	92	12	3.03	3.96	97 dB (A)

Por otro lado, este procedimiento de medición y análisis de ruido es conveniente que sea adoptado en lo posible en todas las fuentes generadoras de ruidos peligrosos que puedan existir, de manera de poder formarse rangos a que es sometido el personal que trabaja en esos sectores y poder adoptar medidas de control oportunas.

### MEDIDAS PREVENTIVAS

Cuando se piensa en adoptar medidas de control preventivo frente al problema del ruido, se tiene que considerar dos objetivos bien claros:

#### Control de la fuente generadora de ruido

Para adoptar medidas de control preventivo dirigidas a las fuentes generadoras de ruido se debe recurrir a técnicas de reducción de ingeniería, tales como; encerramiento, mejorar descansos, transmisiones, rediseños de equipos, etc.

Las técnicas de control de ruido necesitan

un conocimiento fundamental de acústica. Los principios de acústica, como se aplican al control de ruido en general, han sido perfectamente bien establecidos; sin embargo, las complejidades de las fuentes de ruido industrial y de sus ambientes tienen en la mayoría de los casos soluciones de tipo empíricas.

A continuación veremos algunos principios aplicados a las medidas de control necesarias para reducir el nivel de ruido en departamentos internos:

— El ruido es siempre producido por cambios en fuerzas, presión o velocidad. El flujo de un fluido turbulento dentro de los tubos produce un ruido que puede ser radiado desde los tubos y más aún, transmitido a la estructura del buque. Las medidas de control se pueden ver en la figura 1.

— Las vibraciones pueden producir ruido después de recorrer grandes distancias.

Las vibraciones en sólidos y líquidos pueden viajar una gran distancia antes de producir ruido en el aire. Tales vibraciones pueden causar resonancia en estructuras distantes. La mejor solución para controlar esta vibración es detenerla lo más cerca de la fuente de origen.

— El ruido de alta frecuencia es reducido

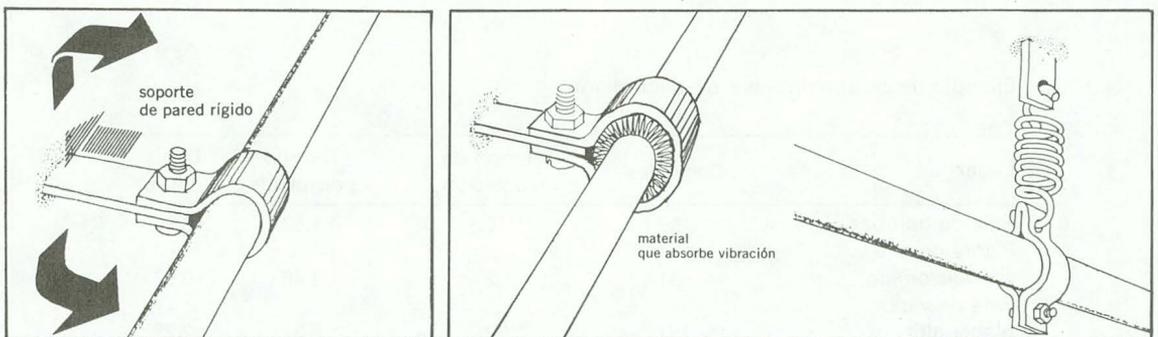


Figura 1

con más efectividad pasándolo a través del aire, siendo este el medio donde se hace más fácil aislarlo y reflejarlo.

Cuando el ruido de alta frecuencia choca contra una superficie dura se refleja en forma parecida a la luz incidente de su espejo.

Por ejemplo, el sonido de alta frecuencia viaja directamente de la máquina remachadora de alta velocidad a los oídos del operador.

Como medida de control se utiliza la técnica de encerramiento, como se aprecia en las figuras 2 y 3.

— El ruido de baja frecuencia se irradia al mismo nivel en todas las direcciones. Viaja alrededor de esquinas y de huecos y sigue su viaje en todas las direcciones. Un mamparo de protección tiene poco efecto, a menos que se construya muy grande.

El oído humano es menos sensitivo al ruido de baja frecuencia. En los casos donde sea imposible reducir el ruido se puede cambiar en gran parte a frecuencias más bajas. Como ejemplo podemos citar el siguiente. Un motor Diesel de un buque opera a 125 rpm y está directamente conectado a la hélice. El ruido de la hélice es extremadamente perturbador a bordo. Como medida de control (ver figura 4) se instala una transmisión diferencial en el motor y la hélice, en tal forma que el motor pueda rotar a 75 rpm. La hélice se reem-

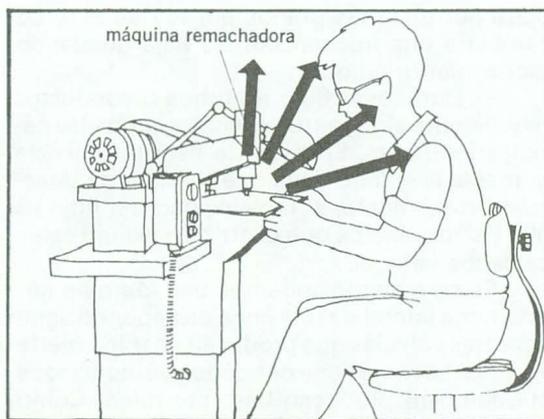


Figura 2

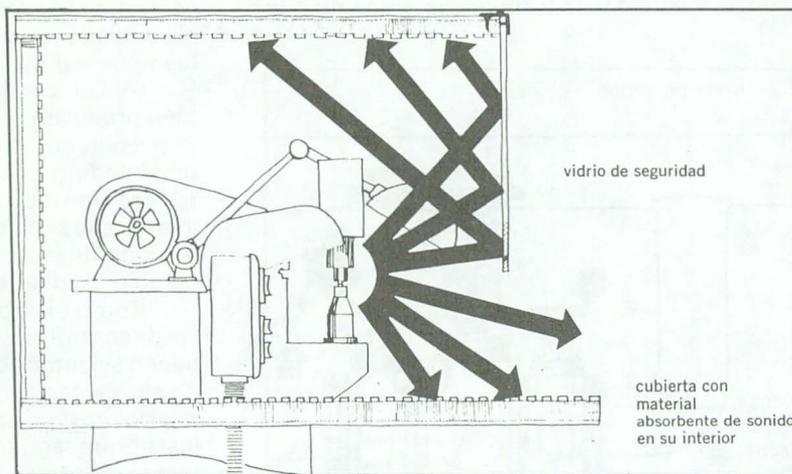


Figura 3

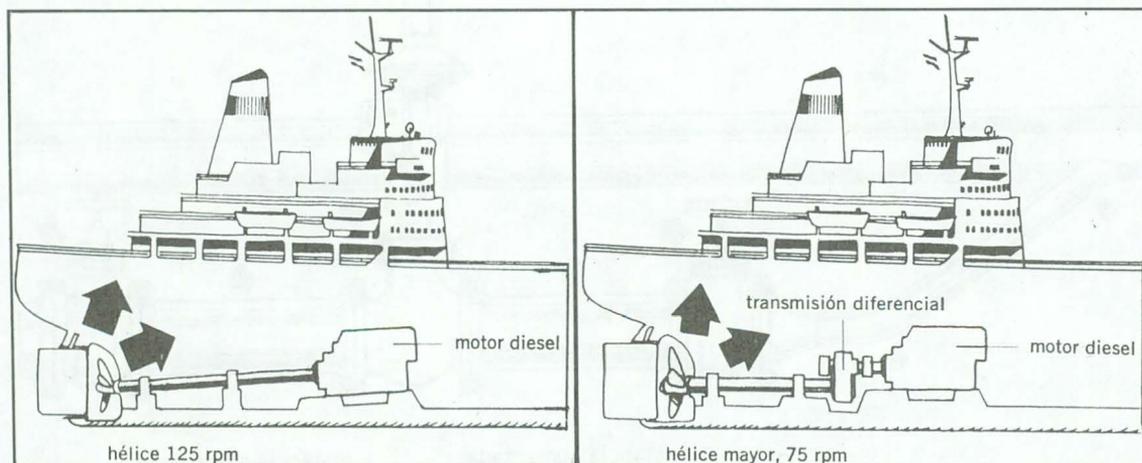


Figura 4

plaza por una más grande por lo que el ruido cambia a una frecuencia más baja quedando menos perturbador.

— Durante el flujo en tubos o conductos hay siempre algunas turbulencias contra las paredes interiores. El ruido de esta turbulencia aumenta si el flujo tiene que cambiar de dirección bruscamente, si la velocidad del flujo es alta y si los objetos que obstruyen el flujo están cercanos entre sí.

Como ejemplo podemos citar lo siguiente: Una rama lateral de una línea de vapor de agua tiene tres válvulas que producen un ruido fuerte y agudo. La rama tiene dos codos pronunciados que también producen bastante ruido. Como medida de control se construye una nueva rama lateral con codos más suaves. Se colocan elementos de tubería entre las válvulas, para reducir o eliminar la turbulencia antes de que

llegue a la próxima válvula, según se aprecia en la figura 5.

— Ruido de ventiladores. Un ventilador produce turbulencias en el aire, lo cual causa ruido. Si la turbulencia ya está presente en el aire que le entra, el ruido será más intenso. El mismo principio se aplica, por ejemplo, en las hélices de un buque en el agua.

En la figura 6, en el ejemplo A el ventilador está ubicado muy cercano a la barrera o tabique de control. Como medida de control se aprecia que los tabiques se sitúan más lejos del ventilador, en tal forma que la turbulencia tenga tiempo de aplacarse.

En el ejemplo B el ventilador está ubicado cercano a una vuelta muy pronunciada; esto permite que el flujo sea perturbado y el ruido se haga muy intenso en la salida. Como medida de control se le construye una vuelta más suave y el ventilador se traslada lejos de la vuelta; también pueden usarse tabiques deflectores.

— Los cambios rápidos de presión también producen ruido. Se formará turbulencia si la presión en un líquido cae rápidamente y se desprende gas en forma de burbujas, lo que genera un ruido estrepitoso. La caída de presión puede ser producida por un cambio grande y súbito de volumen. El ruido se excita con un cambio gradual en el volumen.

Como ejemplo podemos citar: Las válvulas de control en sistemas de líquidos a menudo tienen asientos pequeños, dando como resultado altas velocidades de flujo con cambios grandes de presión. Las líneas de flujos retorcidas y los bordes agudos producen turbulencias intensas. El sonido se emite directamente de vál-

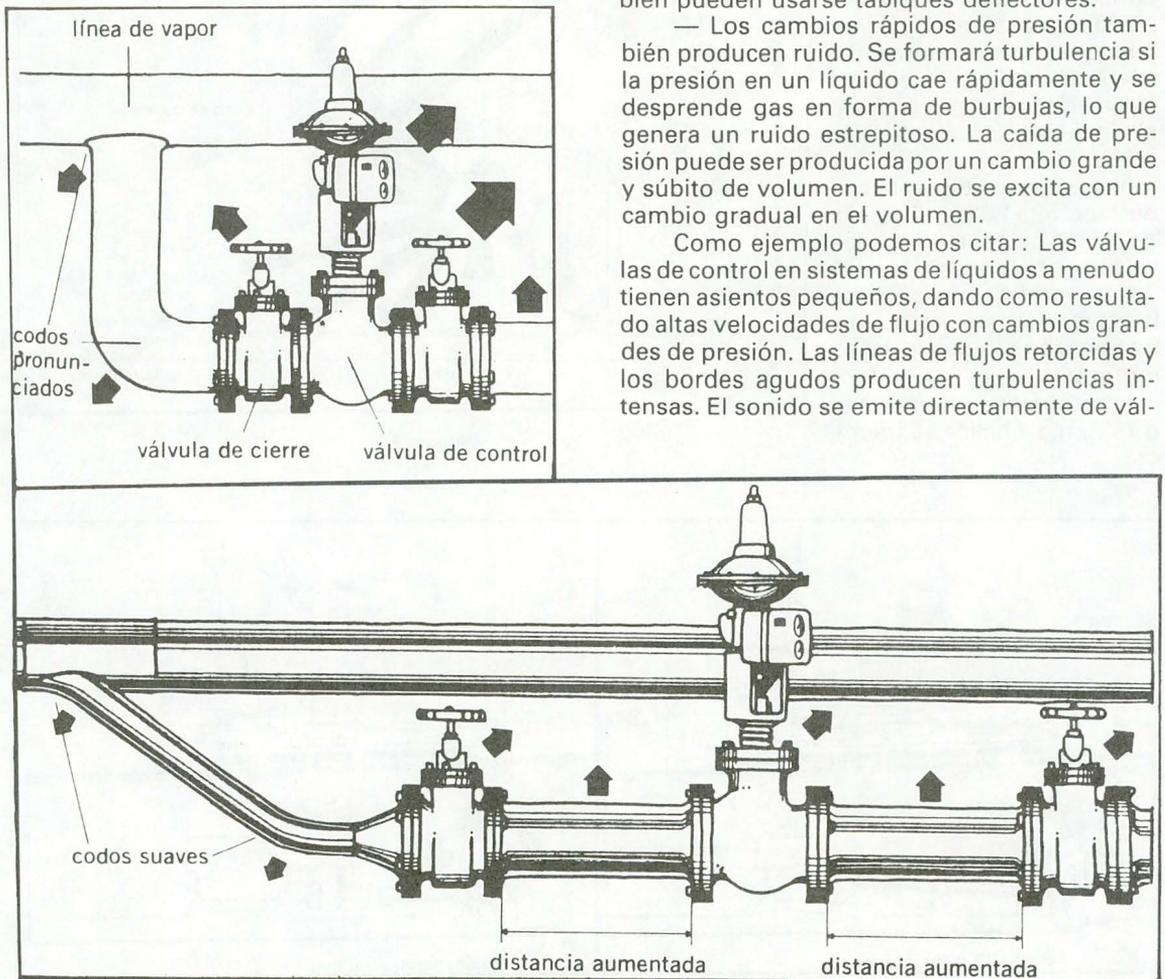


Figura 5

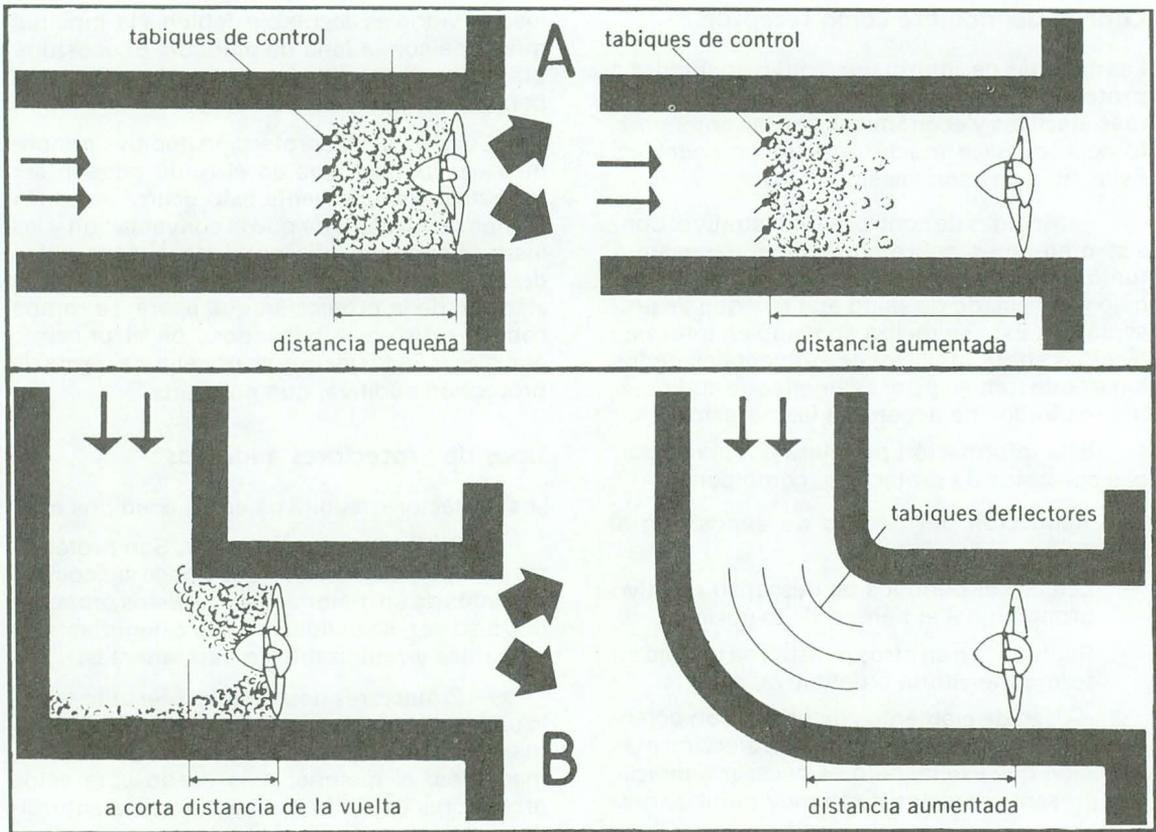


Figura 6

vulas y tuberías y pasa a las paredes como sonido sólido. Como medida de control actualmente se utilizan válvulas de control con tapo-

nes cónicos de mayor diámetro, líneas de flujo más rectas y bordes más reducidos. Lo anterior se encuentra esquematizado en la figura 7.

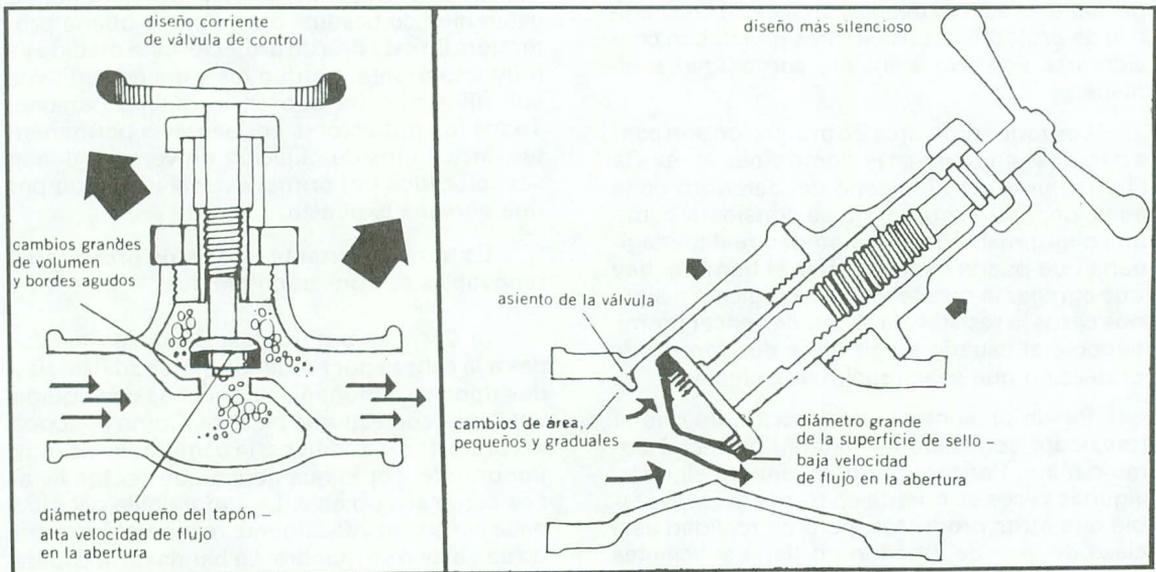


Figura 7

## Control del hombre como receptor

Las medidas de control preventivo orientadas a proteger al hombre resultan generalmente más efectivas y económicas que las anteriores, lo cual las hace mucho más recomendables. Estas medidas son las siguientes:

— Medidas de control administrativo. Consisten en tener, sobre el personal expuesto a ruido, un control periódico del puesto de trabajo y del estado de salud auditiva que va presentando. Esto se realiza apoyado en informes técnicos sobre mediciones ambientales de los lugares de trabajo y por exámenes de audiometría realizados de acuerdo a las necesidades.

Esta información permitirá adoptar medidas concretas de protección, como son:

- Reducción del tiempo de exposición al ruido.
- Establecer períodos de descanso auditivo proporcional al tiempo de exposición.
- Reubicación en otros puestos de trabajo en forma transitoria o definitiva, etc.

— Uso de elementos de protección personal. Quizá sea este el método de protección más conocido que exista, pero es necesario indicar que presenta características muy particulares.

Todos sabemos que la protección auditiva se debe producir cada vez que exista un ruido que sobrepase los 85 dB (A) (según legislación chilena). Al elegir la protección personal se debe tener en cuenta las propiedades atenuantes en relación con el peligro y, lo que es más importante, la actitud del personal hacia las medidas de protección. Los factores que deben considerarse son: Su atención, comodidad e higiene.

Los requerimientos de protección son considerados, algunas veces, como violaciones a la libertad personal. El riesgo del deterioro de la audición, casi siempre, no se considera como un peligro real. A la incomodidad real o imaginaria que pueda experimentar el hombre hay que agregar la resistencia psicológica. En algunos casos la resistencia se puede vencer permitiéndole al usuario elegir entre dos formas de protección que sean igualmente efectivas.

Puede presentarse la situación de que el trabajador considere el material protector como dañino. Por otra parte, la lana de algodón algunas veces es mirada en forma más favorable que otros productos, pero en realidad esta clase de lana de algodón no tiene suficientes características atenuantes. En estos casos la pe-

lusa de vidrio es aceptable debido a la similitud que tiene con la lana de algodón. El acostumbrarse a usar cualquier forma de protección personal requiere cierto tiempo.

Cuando se usa protección auditiva por primera vez los cambios en el ruido pueden ser molestos. Generalmente esto ocurre por poco tiempo. Las quejas de que la conversación y las instrucciones son difíciles de escuchar, también desaparecen. Al permitirle al usuario hacer la elección de la protección que usará se rompe con su resistencia basándose en el principio que dice: "Es mejor que se use alguna forma de protección auditiva, que no usarla".

## Tipos de protectores auditivos

Los protectores auditivos están divididos en:

a) Protectores endoaurales. Son protectores de tapón de inserción que deben ser confeccionados de un material blando. Estos protectores, a su vez, se dividen en dos categorías: Desechables y reutilizables o permanentes.

— Protectores desechables: Se utilizan sólo una vez y luego se tiran. Como siempre se usa material nuevo son más higiénicos que los permanentes; el material más usado para estos protectores es la fibra mineral (o lana antirruído). Estos son elásticos y se adecuan muy bien a cualquier forma o medida del canal auditivo, brindando una protección equivalente a la de los protectores permanentes de buena calidad.

— Protectores endoaurales permanentes: Vienen en varios materiales y formas. Cuando están bien colocados otorgan una buena protección. En este tipo de protectores la medida es muy importante, porque los canales auditivos son diferentes incluso en la misma persona. Todos los protectores endoaurales permanentes, incluso los de "fijación universal", deben ser colocados por primera vez al individuo por una persona expuesta.

Es muy importante que estos protectores renovables se conserven limpios.

b) Orejeras antirruídos. Estas son ajustadas a la cabeza por medio de almohadillas. Hay dos tipos de almohadillas; rellenas con líquido y rellenas con espuma plástica. Como en todos los protectores auditivos, la comodidad es muy importante, por lo que tienen que ser tan livianos como sea posible. La almohadilla del oído debe ser suave y fácilmente recuperable, cuando se gaste o se quiebre. La banda de la cabeza tiene que ser diseñada para mantener una pre-

sión firme pero confortable en la cabeza y con la posibilidad de poder graduarse para acomodarla al gusto del usuario.

## CONCLUSIONES

El ruido a bordo de un buque presenta características muy particulares, que lo hacen completamente distinto al que se produce en la industria terrestre. A bordo, los ruidos repercuten en la salud del personal en forma muy especial ya que, aunque sean aislados por compartimientos cerrados, igual se transmiten a otros sectores del buque transformados en ruidos menos intensos o en vibraciones de baja frecuencia. Por esta razón es necesario tomar medidas de control con un criterio absolutamente distinto que el que se aplica en instalaciones terrestres.

Al desarrollar este tema se ha querido enfatizar tres etapas del control de ruido; estas son:

- Identificación de las zonas de alto ruido.
- Medición y análisis de los datos registrados.
- Proposición de medidas de protección y control.

Con este método es posible formarse una idea clara del problema del ruido a bordo y poder enfrentarlo con técnicas adecuadas.

Por último, existe la satisfacción de que con las aplicaciones de estos métodos de estudio del ruido a bordo, toda la tripulación de un buque adoptará una actitud mucho más positiva frente a este problema, lo que en definitiva ayudará a desarrollar una conciencia antirruído y una actitud preventiva frente a la contaminación acústica.

## BIBLIOGRAFIA

- OPNAVINST 62602 del 20 de septiembre de 1979, US NAVY.
- "Control del ruido". Guía para trabajadores y empleadores, traducida de la publicación editada por Occupational Safety and Health Administration, Estados Unidos.
- "Reglamento sobre concentraciones máximas permisibles en los lugares de trabajo", Decreto N° 199 de agosto de 1978, Chile.
- "Plan de conservación auditiva", Instituto de Seguridad del Trabajo, Chile.

