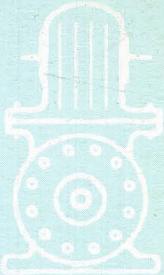
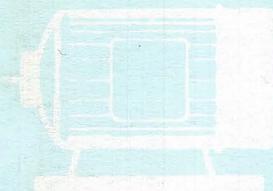


la exposición laboral al

RUIDO



MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

edición
2^a

LA EXPOSICIÓN LABORAL AL RUIDO



Autores:

Carmen Álvarez Brime
Gerardo López Muñoz
C.N.N.T - I.N.S.H.T. MADRID

Diseño de la cubierta:

José Miguel Cruz Gala. Servicio de Ediciones y Publicaciones. I.N.S.H.T. MADRID

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
C/ Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID

Composición e impresión:

Servicio de Ediciones y Publicaciones. I.N.S.H.T. MADRID

ISBN: 84-7425-461-2

Dep.Legal: M. 20033-2001

NIPO: 211-01-016-0

PRESENTACIÓN

La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales contempla, entre otros aspectos, la necesidad de una Evaluación de los riesgos para la Seguridad y Salud de los trabajadores, entendida como un medio para conocer una situación y planificar la acción preventiva.

Referente al ruido en el trabajo, existe una disposición en nuestro país, que es el Real Decreto 1316/1989, sobre la protección de los trabajadores de los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo, que marcará las pautas de Evaluación y Control de la exposición laboral a Ruido; en concordancia, por tanto, con la Ley 31/1995 antes citada.

Este documento se ha elaborado con el objetivo de conocer los efectos del ruido en el lugar de trabajo y su tratamiento legislativo, principalmente el R.D. 1316/1989. Puede constituir una herramienta muy útil a la hora de establecer los conceptos básicos para evaluar el riesgo de exposición laboral al ruido y así poder poner en marcha medidas tendentes al control de este agente físico. De una manera sencilla y sin entrar en complicados conceptos físicos, se pretende sensibilizar a las personas relacionadas con esta problemática. Si se requiere una mayor profundización en los conocimientos, se recomienda la lectura del libro "El ruido en el lugar de Trabajo" editado por el INSHT en 1992.

Leodegario Fernández Sánchez
Director del INSHT

ÍNDICE

	Pág.
1. Introducción	7
2. Concepto básicos de acústica.....	8
3. Unidades y magnitudes de medida.....	18
4. Fisiología auditiva	21
5. Efectos del ruido en la salud	23
6. Marco normativo sobre ruido	26
7. Control del ruido	38
8. Plan de prevención frente al ruido	46
9. Bibliografía	51
10. Bibliografía normativa.....	52

1. INTRODUCCIÓN

El ruido es un agente físico que está cada vez más presente en la vida diaria. El aumento de la población urbana, el incremento del tráfico rodado y la industrialización han traído consigo un aumento del nivel sonoro especialmente en el lugar de trabajo. La complejidad creciente de los procesos productivos, la rápida mecanización, el uso de máquinas cada vez más pesadas y el desarrollo de ritmos de producción más rápidos, hacen que este agente físico sea el más extendido en el medio laboral.

Entre los efectos negativos del ruido, el más conocido es la pérdida de audición.

El oído es un sentido fundamental, que permite la comunicación entre los animales y su relación con el medio. En el hombre es especialmente importante, pues permite la comprensión del lenguaje, que es uno de los principales fenómenos culturales que definen al ser humano.

Pero esta capacidad de oír puede perderse, debido a varias causas, entre las que podemos citar:

- Edad (presbiacusia).
- Ruido en el lugar de trabajo.
- Ruido en otras actividades (socioacusia).
- Procesos patológicos.
- Ingestión de medicamentos ototóxicos, como por ejemplo la estreptomicina.

Como consecuencia del ruido en el medio laboral pueden aparecer en los trabajadores sordera y otras patologías tanto auditivas como extrauditivas.

Para hacer un poco de historia, ya desde la antigüedad se tenía conocimiento de la existencia de alguna relación entre ruido y sordera.

Ambrosio Paré (1509-1590) habla de los efectos de las detonaciones en el oído de los artilleros.

Bernardino Ramazzini (1633-1714), en su obra publicada en 1700 "De Morbis Artificium Diatriba", menciona las consecuencias por trabajar en ambientes ruidosos. En el apartado correspondiente a las enfermedades a que están expuestos los artesanos del bronce cita, entre otras, la sordera.

En 1831 Fosbroke alude a la denominada sordera de los herreros, y posteriormente se encuentra la misma alteración en ferroviarios, tejedores de algodón, aviadores y, en general, en todas las industrias que generan ruido.

La Revolución Industrial supuso desde el punto de vista demográfico una enorme concentración de personas en zonas urbanas, con espacios reducidos y numerosas fuentes de ruidos, ligados o no a la industria y, por tanto, una mayor cantidad de personas expuestas a ruido.

Es el ruido posiblemente el más extendido de los peligros higiénicos, y se halla presente en cualquier actividad laboral. Por este motivo, es tan difícil conocer el número de trabajadores expuestos al mismo.

En la presentación, por parte de la Comisión Europea, de la propuesta de Directiva al Consejo, en 1982, se decía que un total de 20 a 30 millones de trabajadores están expuestos a un nivel continuo superior a 80 dBA; la mitad de ellos superaba los 85 dBA y aproximadamente de 6 a 8 millones superaban los 90 dBA en el ámbito de la Comunidad Europea.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE ACÚSTICA

Es necesario conocer una serie conceptos, para poder aplicar y entender adecuadamente la Legislación Española y Comunitaria en cuanto a la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

¿Qué es el ruido?

Entre las distintas definiciones de ruido, encontramos las siguientes:

- Conjunto de *sonidos* no agradables.
- Combinación de *sonidos* no coordinados que originan una sensación desagradable.
- Todo grupo de *sonidos* que interfiera una actividad humana.

En definitiva, el ruido es una apreciación subjetiva de un *sonido*. Un mismo *sonido* puede ser considerado como molesto o agradable dependiendo de la situación y sensibilidad concreta de la persona. Así, el ruido se compone de una parte subjetiva, que es la molestia, y una parte objetiva, y por lo tanto cuantificable, que es el *sonido*.

¿Qué es el sonido?

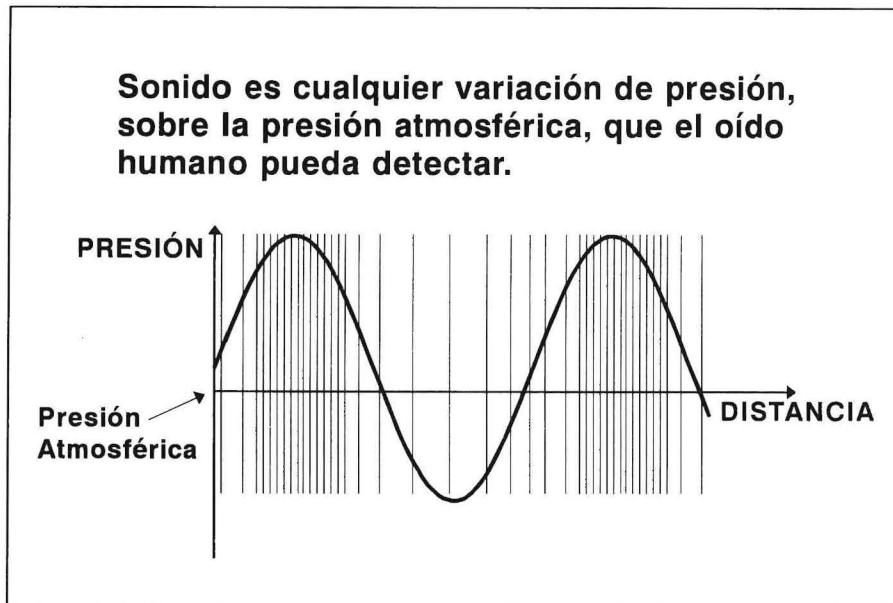
Es un fenómeno vibratorio que, a partir de una perturbación inicial del medio elástico donde se produce, se propaga en ese medio, bajo la forma de una variación periódica de presión sobre la presión atmosférica. En otras palabras: es aquella vibración que el oído humano puede detectar.

El sonido se transmite mediante ondas que necesitan un medio elástico para propagarse, por lo que no se propaga en el vacío. La velocidad de propagación dependerá del medio elástico de que se trate y de las condiciones ambientales (presión, temperatura).

En condiciones normales (Presión = 1 Atmósfera, Temperatura = 20ºC) la velocidad de propagación del sonido en algunos medios es:

AIRE.....	340 m/seg
AGUA.....	460 m/seg
MADERA.....	1000 a 5000 m/seg

Figura 1
Representación de una onda sonora



Frecuencia

Si representamos gráficamente una oscilación cualquiera, la *frecuencia* (f) es el número de vibraciones o de oscilaciones completas en la unidad de tiempo.

Se mide en ciclos por segundo, que se denomina normalmente Hercios (Hz). Dependiendo de la frecuencia, el sonido tendrá un tono grave (baja frecuencia) como el que produce un compresor, un tono agudo (alta frecuencia) como el de un sierra o un tono medio como el de la voz hablada.

La mayoría de los ruidos que escuchamos están formados por más de una frecuencia. A nivel industrial los diferentes componentes de una máquina vibran a una frecuencia distinta, de forma que lo que parece al oído un único sonido, está formado por diferentes frecuencias.

Tono Puro

Es un sonido cuyas variaciones de presión dependen de una sola frecuencia. Los sonidos reales están compuestos por la suma de un gran número de tonos puros, por lo que interesa descomponer un sonido real en grupos de tonos puros.

Figura 2
Frecuencia de una onda sonora

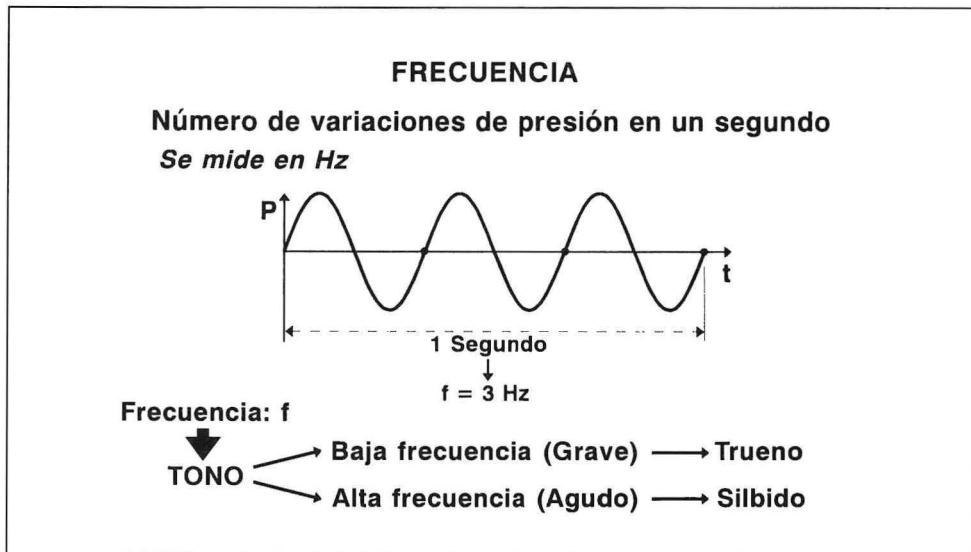
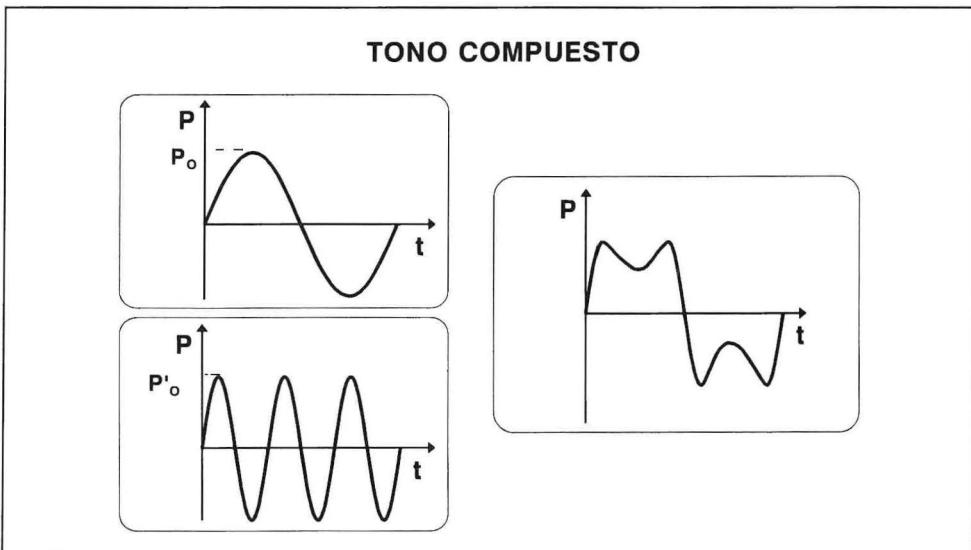


Figura 3
Tono compuesto formado por dos tonos puros



Esta operación se denomina *análisis de frecuencias* y es muy útil en el control de ruido y para seleccionar protectores auditivos adecuados.

Análisis de frecuencias

Los ruidos complejos tienen componentes en la mayoría de las frecuencias comprendidas en el espectro audible, por lo que es muy difícil y poco práctico determinar una a una las frecuencias componentes.

Por ello se divide el espectro de frecuencias en bandas de ancho proporcional y lo que se hace es medir con unos filtros que dejarán "pasar" el ruido entre unas frecuencias máxima y mínima características. Estos filtros "rechazarán" el ruido cuyas frecuencias sean superiores o inferiores a estos límites. Las bandas más utilizadas en acústica son las *bandas de octava y tercio de octava* (figura 4).

Se denomina *banda de octava* al grupo de frecuencias comprendidas entre dos frecuencias f_1 y f_2 que cumplen la relación:

$$f_2 = 2 f_1$$

Cuando se desea realizar un análisis más detallado, se emplean las *bandas de tercio de octava*, que, como su propio nombre indica, son la tercera parte de una octava. La *frecuencia central* se utiliza para caracterizar a la banda, y es la media geométrica de las frecuencias extremas:

$$f_c = \sqrt{f_1 f_2}$$

Así, la banda de octava de 2000 Hz tiene como frecuencias extremas $f_1 = 1414$ Hz, $f_2 = 2828$ Hz. Las frecuencias centrales para las bandas de octava y de tercio de octava están normalizadas en la Norma ISO 266 (UNE-74002-78).

Presión acústica

Cuando una onda sonora se propaga en un medio elástico, se crea una variación de presión sobre la presión atmosférica que es la presión acústica.

Esta variación de presión nos sirve para caracterizar la onda sonora, pero su valor instantáneo varía continuamente con el tiempo. Al conocerse que los efectos producidos por el ruido dependen de su energía, se utiliza el *valor eficaz (rms)*, que es proporcional a la energía de la onda, y es el resultado de la integración de los diferentes niveles de presión instantáneos en un determinado tiempo (figura 5).

Valor Pico

Es el valor máximo de la presión acústica instantánea (figura 6). Sirve para evaluar la exposición cuando hay ruidos de impulso (se describirá detalladamente más adelante).

Figura 4

Análisis de frecuencias en bandas de octava y tercio de octava

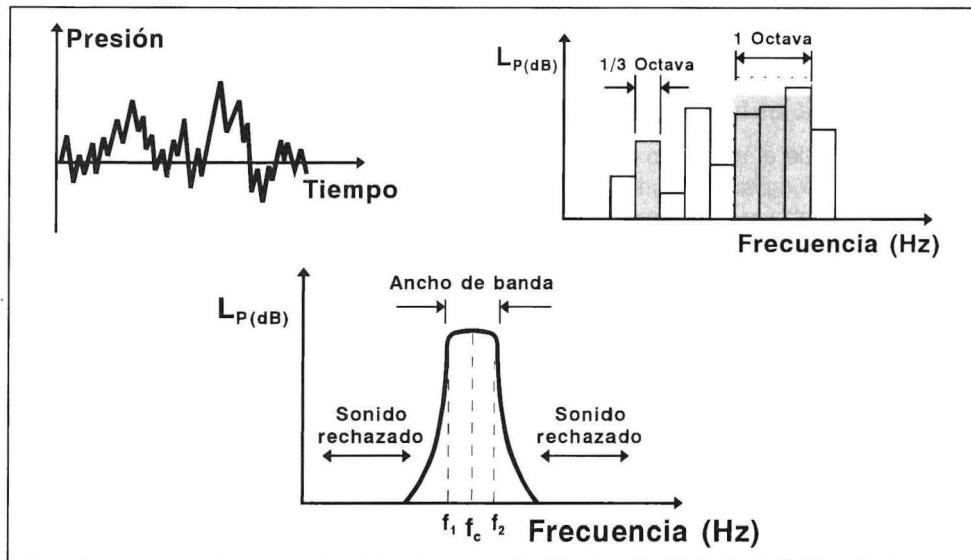


Figura 5

Presión eficaz (RMS)

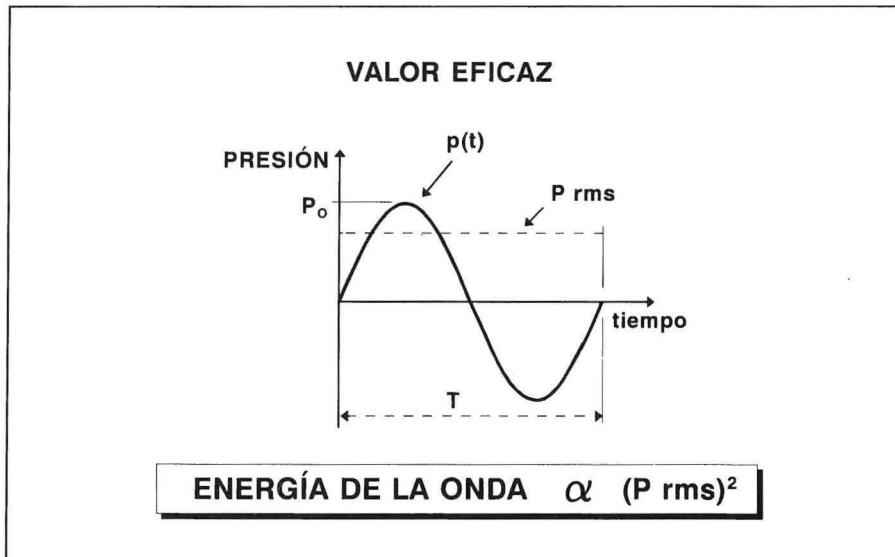
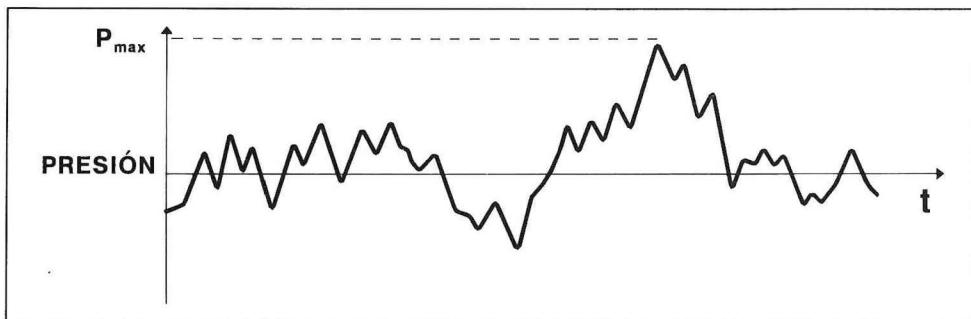


Figura 6
Valor pico



Sensación sonora

El oído humano es capaz de detectar variaciones de presión acústica comprendidas entre $20 \mu\text{Pa}$ ¹ y $200.000.000 \mu\text{Pa}$ y de frecuencia entre 20 y 20.000 Hz (figura 7).

Si la cuantificación de la presión acústica se hiciera en Pa, deberíamos utilizar una escala de 20.000.000 de unidades, lo que supone muy poca operatividad.

Mediante la utilización de una fórmula matemática de tipo logarítmico convertimos esta escala en otra llamada *nivel de presión acústica*, que se mide en dB.

El decibelio se define mediante la expresión:

$$\text{dB} = 10 \log (\mathbf{P}/\mathbf{P}_0)^2$$

Siendo:

P: Valor de la presión acústica en Pa

P₀: Presión de referencia = $20 \mu\text{Pa}$

Como vemos, no es un valor absoluto sino que se relaciona siempre con un valor de referencia, $20 \mu\text{Pa}$, al que se le hace corresponder el valor de 0 dB.

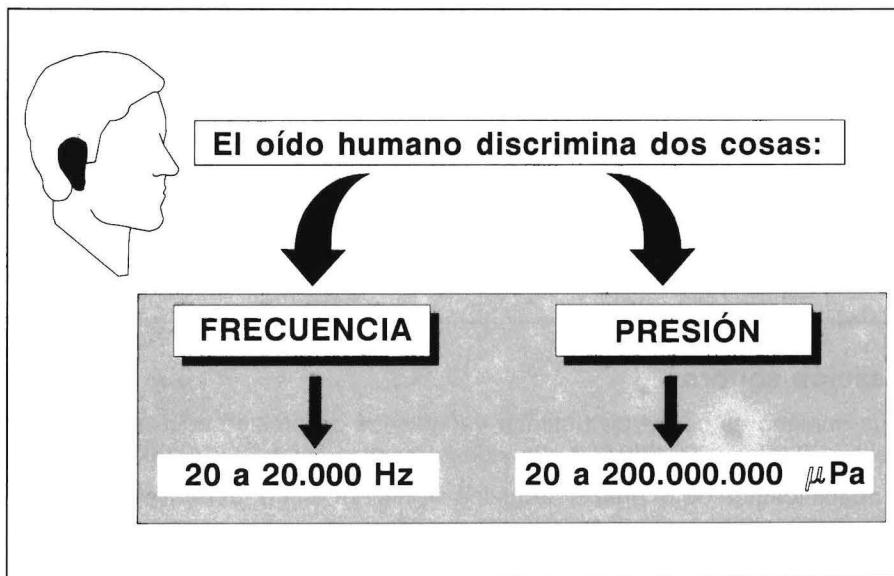
Así, vemos que el rango queda reducido a una escala comprendida entre 0 dB (umbral de audición) y 140 dB (umbral de dolor), como se representa para diferentes ruidos en la figura 8.

Como consecuencia de la propia definición de **dB** nos encontramos que, para sumar dos o más valores de nivel de presión acústica en dB, no podemos utilizar la suma aritmética normal.

Es necesario, por tanto, conocer que, pequeñas diferencias en la medida de un ruido expresadas en dB, representan un aumento importante de energía de dicho ruido y por tanto de su posible agresividad.

¹ Un PASCAL (Pa) es una unidad de presión ($1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$), un micropascal (μPa) es igual a 10^{-6} Pa .

Figura 7
Discriminación realizada por el oído



Así, a modo de ejemplo, el aumento en 3 dB en el nivel de ruido implica duplicar la energía de la onda (figura 9).

Por lo tanto, además de las peculiaridades del sistema auditivo de la persona que escucha y de factores subjetivos, hay dos variables físicas fundamentales que modulan la sensación sonora que nosotros percibimos ante un ruido: nivel de presión sonora y frecuencia.

Una de las principales características de nuestro oído es que discrimina de forma no lineal, o lo que es lo mismo, el oído humano tiene un comportamiento desigual con el aumento de la presión sonora a las distintas frecuencias, atenuando las frecuencias de 20 a 1000 Hz, amplificando de 1000 a 5000 Hz y volviendo a atenuar de 5000 Hz en adelante.

Como vemos en la figura 10, cada curva indica los valores del nivel de presión acústica y de frecuencia que corresponden a una misma sensación sonora.

Así, vemos que tenemos la misma sensación, con una onda de frecuencia 1000 Hz y 40 dB de nivel de presión, que con otra onda de frecuencia 31,5 Hz y 77 dB de nivel de presión acústica.

Está característica de "no linealidad" del oído humano es la que obliga a que, cuando se vaya a medir el ruido, sea necesario un dispositivo que permita determinar los niveles de presión acústica de forma similar al modo de percibirlos de un oído humano.

Figura 8
El decibelio

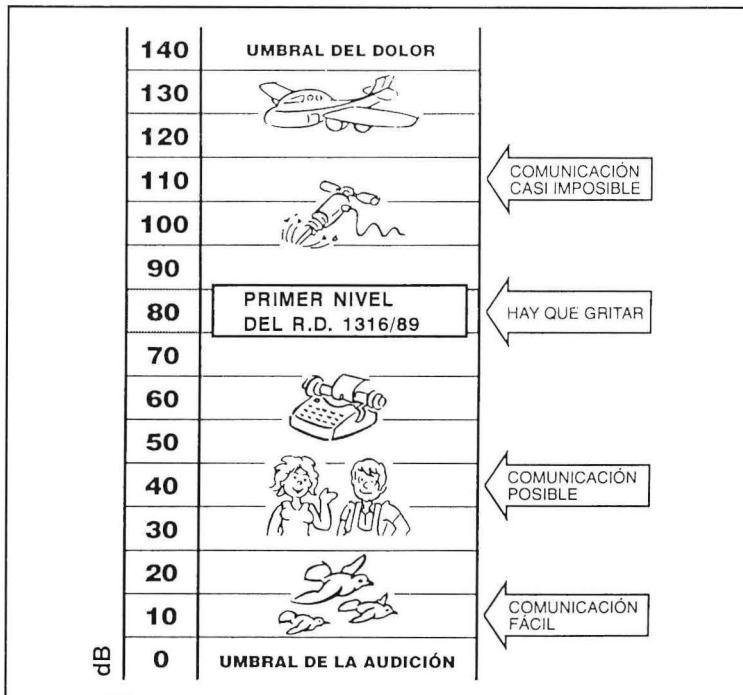


Figura 9
Suma de decibelios

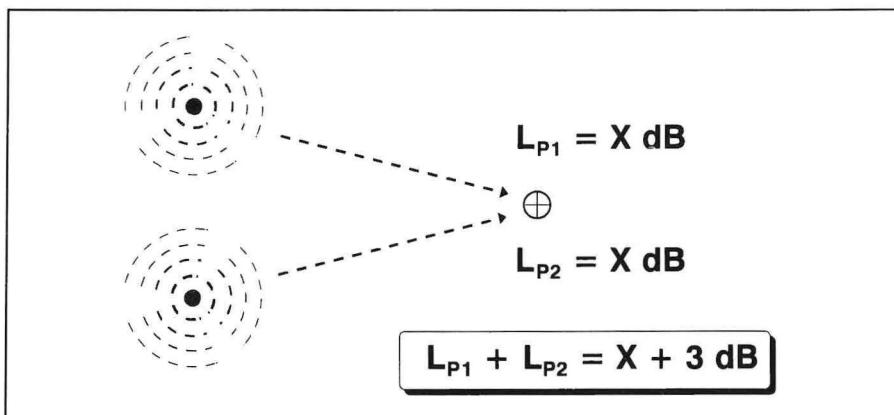
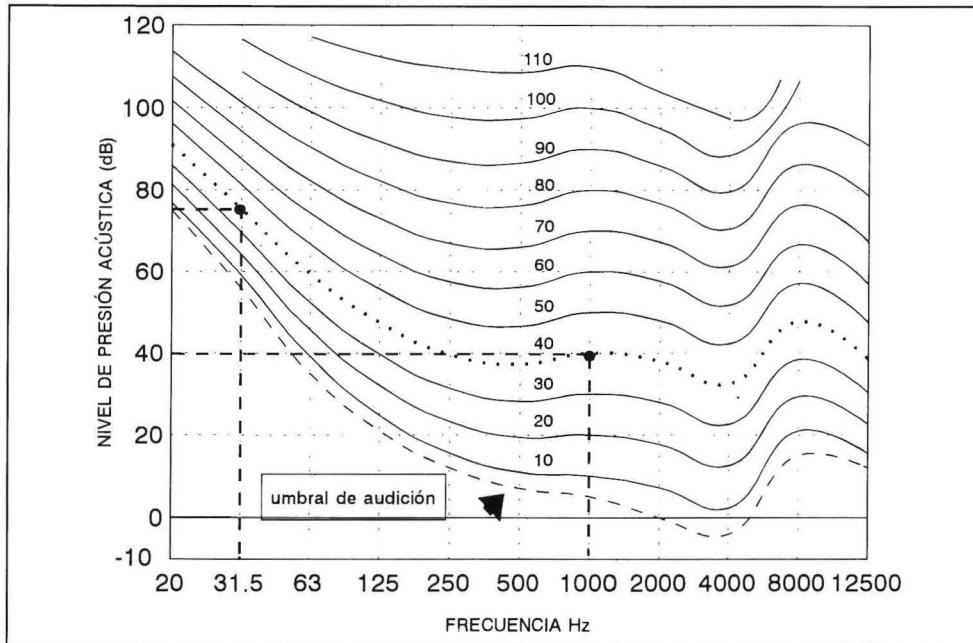


Figura 10
Curvas de igual sensación sonora



Escala de ponderación A

El comportamiento del oído, basándose en las curvas de igual sensación sonora, hace que se introduzcan, en los aparatos de medición de presión sonora, filtros de corrección, que aproximen la respuesta a las del oído humano.

La escala A está pensada como atenuación similar al oído humano y es la única que recoge el R.D. 1316/89 a la hora de evaluar el ruido en un lugar de trabajo. El resto de escalas de ponderación (C,B) se utilizan para otros tipos de ruido y otros efectos. Cuando se utiliza la escala A, el nivel de presión acústica se mide en dBA (figura 11)

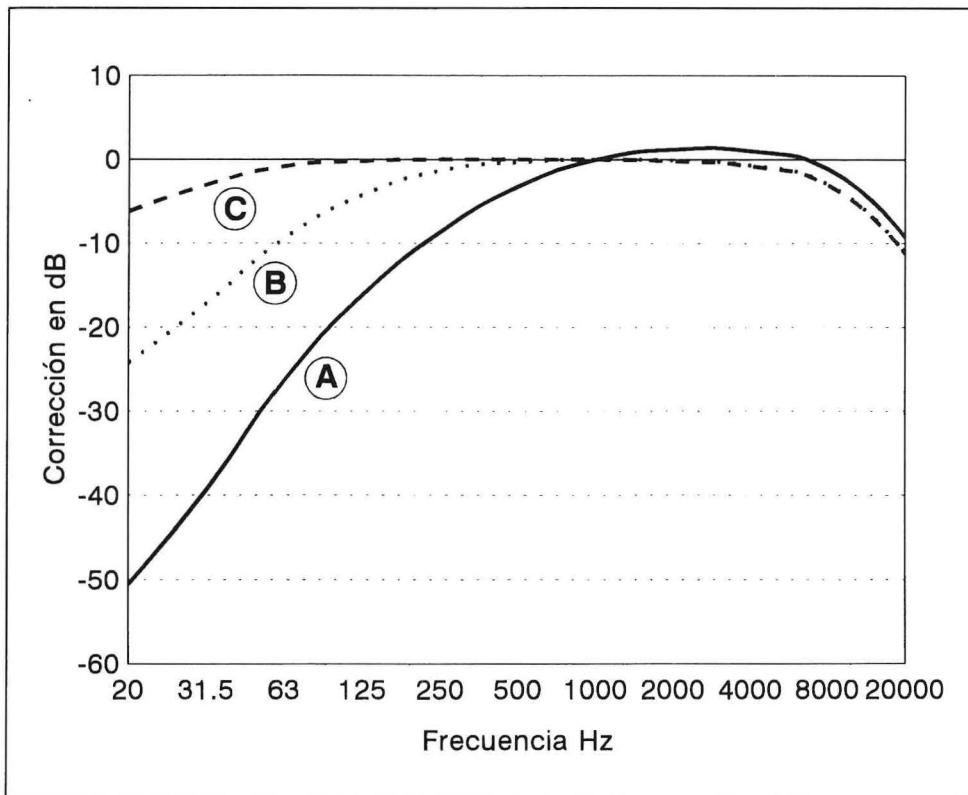
Tipos de ruido

Dependiendo de su variación en el tiempo, los ruidos se dividen en :

Ruido estable

Aquel con nivel prácticamente constante que presenta fluctuaciones menores de 5 dB, durante el período de observación. (Definido en el R.D. 1316/89 en el Artículo 7º del Anexo I).

Figura 11
Escalas de ponderación en frecuencia



Ruido fluctuante

Durante la observación, este ruido varía continuamente sin apreciarse estabilidad.

Puede ser:

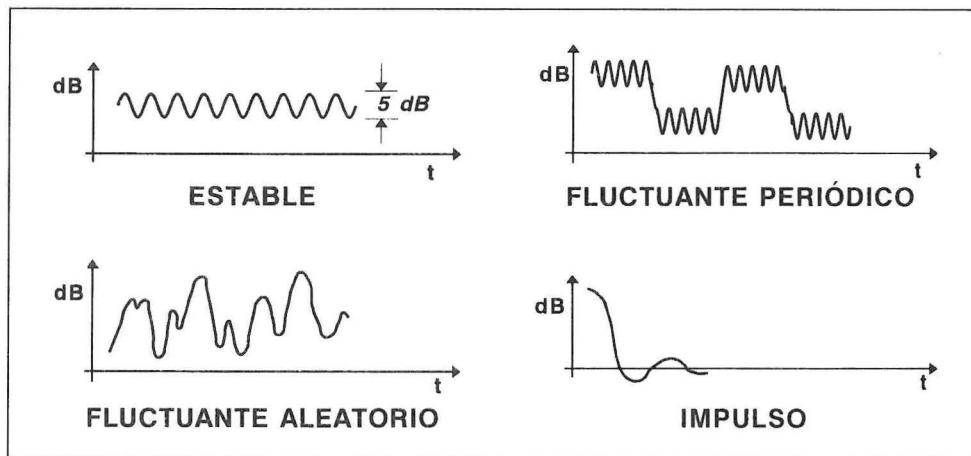
Ruido fluctuante periódico: con una cadencia cíclica.

Ruido fluctuante aleatorio: varía constantemente de una manera aleatoria.

Ruido impulsivo

Se caracteriza por un ascenso brusco de ruido y una duración total del impulso menor de un segundo, y el tiempo transcurrido entre máximos ha de ser igual o superior a un segundo.

Figura 12
Tipos de ruido



3. UNIDADES Y MAGNITUDES DE MEDIDA

A continuación se describirán una serie de unidades y magnitudes de medida para la exposición laboral a ruido, necesarias para comprender el contenido de la legislación que se comentará en apartados posteriores.

Nivel de presión acústica ponderado A L_{pA}

Es el nivel de presión acústica en dB, cuya presión eficaz se ha medido a través de un filtro de ponderación A según la Norma UNE-20464-90. Es útil para ruido estable.

Nivel de pico, L_{MAX}

Es el nivel correspondiente a la presión máxima instantánea, midiéndose sin ninguna ponderación de frecuencia, es decir, en dB.

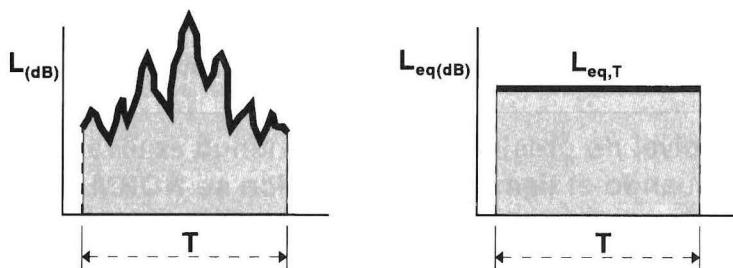
Nivel continuo equivalente, $L_{eq,T}$

La gran mayoría de ruidos en los lugares de trabajo tienen niveles de presión acústica variables. Lo que se pretende con el $L_{eq,T}$ es poder asignar al ruido variable un único valor que refleje el nivel de un ruido constante que tuviese la misma energía que el ruido variable en el período de tiempo estudiado.

A nivel gráfico sería considerado como aquella figura que, con un solo valor, representase igual área bajo la curva (igual energía). A nivel matemático sería representado por una "integración".

Figura 13
Representación del nivel continuo equivalente

Valor que refleja aquel nivel de ruido constante que tiene la MISMA ENERGÍA que el ruido variable en un período de tiempo determinado



Con esta magnitud se introduce un concepto muy importante a la hora de medirlo, que es la correcta determinación del tiempo de exposición, siendo éste un parámetro bastante difícil de conocer en determinados puestos de trabajo.

Nivel continuo equivalente ponderado A, $L_{Aeq,T}$

Es el nivel de presión acústica continuo equivalente cuando la presión acústica se mide a través de un filtro de ponderación A, es decir, en dBA.

Figura 14
Parámetros de nivel continuo equivalente en dBA

- ➡ NIVEL EN dBA
- ➡ TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Nivel diario equivalente, $L_{Aeq,d}$

Es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, cuando el tiempo de exposición se refiere a una jornada de trabajo de 8 horas.

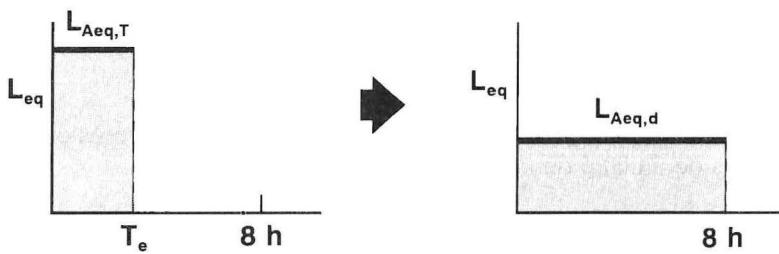
Es el parámetro más importante de la legislación española, que nos permite tener una serie de valores comparables a la hora de evaluar la exposición al ruido, es decir, "hablar el mismo idioma", para tener todos el mismo criterio de comparación.

Figura 15

Nivel diario equivalente cuando el tiempo de exposición es T_e

Es el nivel de presión acústica continuo equivalente en dBA cuando el tiempo de exposición se NORMALIZA a una jornada de trabajo de 8 h

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T_e}{8}$$



En la figura 15 podemos observar que, si el tiempo de exposición es menor que el tiempo de referencia de 8 horas, el nivel equivalente diario también es menor. Es como si la misma dosis de ruido se tuviese que repartir en más tiempo y que durante ese tiempo el ruido fuese insignificante a la hora de "sumarlo logarítmicamente".

La normativa española (R.D. 1316/1989) establece 3 niveles de exposición en términos de $L_{Aeq,d}$ (80 dBA, 85 dBA, y 90 dBA) que se compararán con los valores medidos en los mismos términos (figura 16).

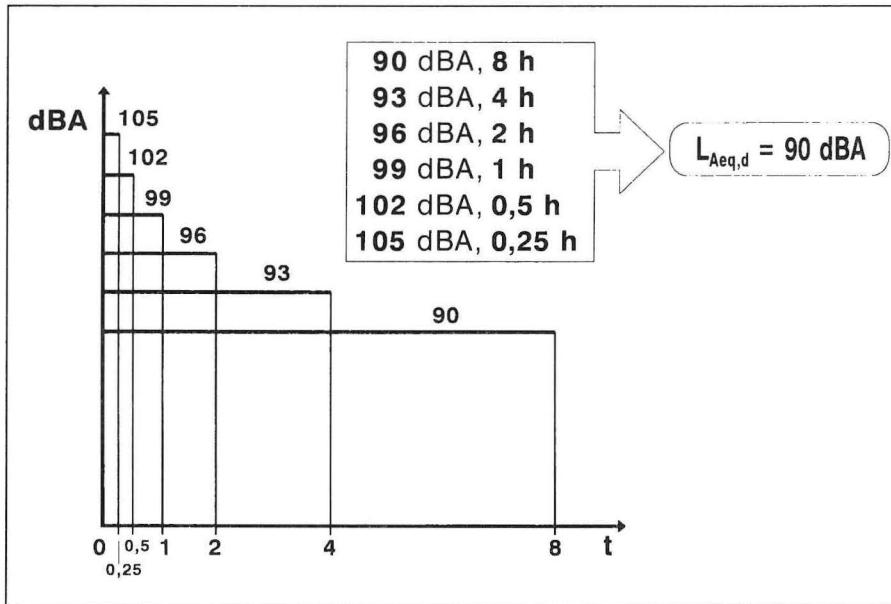
Nivel semanal equivalente, $L_{Aeq,s}$

Existen puestos en los que hay una gran variación entre los $L_{Aeq,d}$ de cada día de trabajo, en estos casos se puede utilizar el nivel semanal equivalente calculado por la suma "logarítmica" de los niveles correspondientes a cada uno de los 5 días de

trabajo. Únicamente se puede utilizar esta magnitud en las condiciones del Art. 4 del R.D. 1316/1989, con la previa comunicación a la autoridad laboral competente.

Figura 16

Diferentes niveles de ruido con diferentes tiempos de exposición,
todos ellos con un nivel diario equivalente de, $L_{Aeq,d}$ de 90 dBA



4. FISIOLOGÍA AUDITIVA

Las vibraciones producidas por la onda sonora son percibidas por el oído. El oído humano se divide en tres partes:

Oído externo

Formado por el pabellón auditivo y el conducto auditivo externo y termina en la membrana timpánica. Tiene una función de recepción y conducción de la onda sonora.

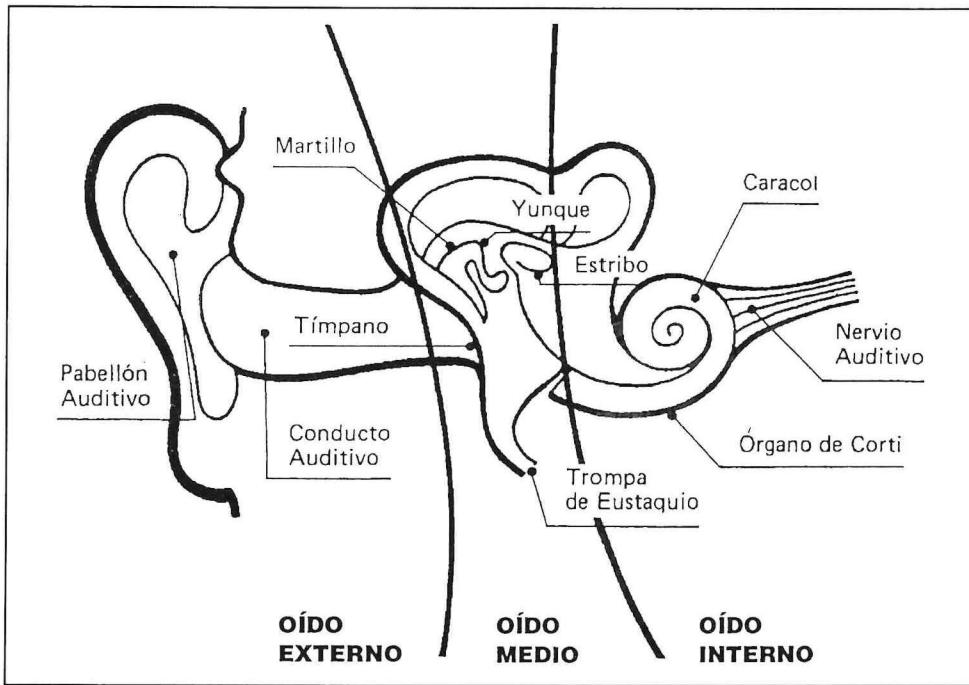
Oído medio

Es la zona comprendida entre la membrana timpánica y la ventana oval que comunica con el oído interno. Entre ambas se encuentra la cadena de huesecillos: martillo, yunque y estribo que son móviles y conducen la vibración a la ventana oval, transformando las ondas acústicas en vibraciones mecánicas.

Oído interno

Tiene apariencia de caracol, y en él se encuentran la células ciliadas en un medio líquido, estas células están enlazadas con el nervio acústico.

Figura 17
Esquema del oído humano



Las ondas sonoras son captadas por el pabellón auditivo que las hace converger en el conducto auditivo externo. Las ondas chocan con el tímpano que recoge las variaciones de presión, las cuales son transmitidas al sistema de huesecillos (martillo, yunque y estribo), estos huesecillos son móviles y constituyen un amplificador del sonido. La vibración pasa a la ventana oval que contacta con el oído interno, en donde se encuentra el caracol, lleno de líquido, que baña a un conjunto de células que forman el Órgano de Corti. Estas células son el verdadero órgano receptor, son células nerviosas y según las zonas donde se encuentran recogen diferentes tonos; son las encargadas de la traducción de la excitación mecánica en un impulso nervioso, que llega al cerebro a través del nervio acústico, con el que están enlazadas.

El daño que se origina con el exceso de ruido se produce concretamente en estas células ciliadas, primero perdiendo los cilios, posteriormente degenerándose si el ruido persiste.

5. EFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD

Se han propuesto diferentes mecanismos para explicar la relación entre exposición al ruido y efectos negativos para la salud, siendo el caso de la pérdida de la audición una relación de causalidad directa.

Otro mecanismo consiste en la existencia de un proceso intermedio entre la exposición al ruido y la aparición de sus efectos. El ruido actuaría como agente estresante, el cual a su vez puede determinar con el tiempo alteraciones permanentes de la salud. En este segundo mecanismo es especialmente importante la inespecificidad de los efectos, que pueden aparecer asociados a otros muchos factores causales, y la intervención decisiva de un componente subjetivo en la reactividad individual frente al ruido como agente estresante (alteraciones fisiológicas y psicológicas que dependen, claro está del estado físico y psíquico del propio individuo).

Así, los efectos del ruido los podemos clasificar en auditivos y no auditivos.

Efectos auditivos del ruido

Un ruido brusco e intenso (explosión, disparo,...) puede provocar una disminución de la capacidad auditiva, pudiendo llegar a producir una rotura del tímpano.

Los ruidos menos intensos, pero más persistentes, pueden producir daños auditivos.

Cuando existe una exposición a niveles de ruido altos en un corto período de tiempo, se produce una fatiga auditiva; pero con el descanso, al cabo de unas horas, se recupera la capacidad auditiva normal. A este fenómeno se le ha llamado "desplazamiento temporal del umbral auditivo".

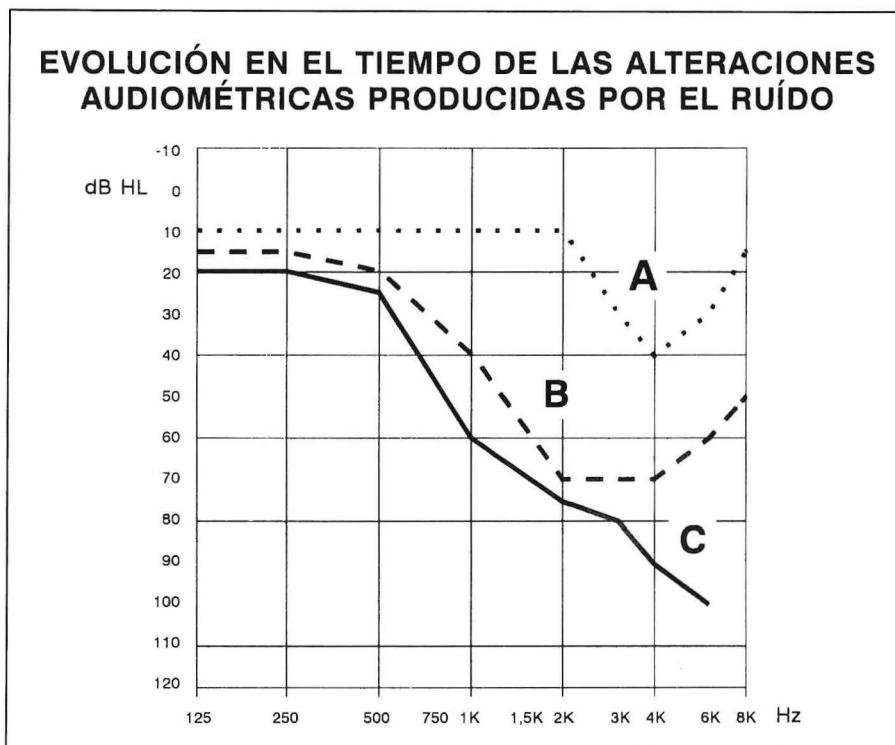
El problema se produce cuando la exposición a esos niveles sonoros excesivos se repite de manera que el oído no tiene tiempo de recuperarse entre una exposición y la siguiente. Si esta situación se mantiene durante un tiempo prolongado, llega a aparecer una lesión irreversible en el oído, lo que se denomina "desplazamiento permanente del umbral auditivo", hipoacusia producida por el ruido y, más coloquialmente, sordera.

Esta alteración de la audición se produce lentamente, esto se debe a que estos niveles excesivos de ruido han ido lesionando las células nerviosas del oído interno. Las primeras en dañarse suelen ser las encargadas de detectar los ruidos agudos de frecuencia próxima a los 4000 Hz, extendiéndose progresivamente la lesión al resto de frecuencias. Somos conscientes de la lesión cuando ésta afecta a las frecuencias conversacionales.

La hipoacusia por ruido normalmente es bilateral y simétrica, y no suele evolucionar al cesar la exposición, siendo irreversible pues las células dañadas no se reproducen.

Figura 18

Evolución en frecuencias e intensidad de la pérdida auditiva



En la figura 18 se muestra la evolución de la pérdida auditiva con el tiempo de exposición al ruido. La pérdida comienza en las altas frecuencias (A) extendiéndose progresivamente a las frecuencias conversacionales (B y C).

Para conocer el estado auditivo del individuo se realizará un prueba llamada audiometría, que se comentará en apartados posteriores.

A nivel legal, el R.D. 1995/1978 de 12 de mayo, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el Sistema de la Seguridad Social, es donde se encuentra tipificada la hipoacusia o sordera producida por el ruido como enfermedad profesional, en el apartado de enfermedades producidas por agentes físicos.

Indica que ésta se puede contraer en trabajos en los que los trabajadores estén sometidos a ruidos continuos de un nivel sonoro equivalente o superior a 80 dBA, durante ocho horas diarias o cuarenta horas semanales y aporta una lista abierta de actividades donde se puede dar una hipoacusia.

Efectos no auditivos del ruido

Existen otros efectos del ruido, que muchas veces no se relacionan con él, pero que son igualmente preocupantes, ya que la exposición a niveles altos de ruido tiene efectos sobre la mayoría de órganos del cuerpo humano, pudiendo alterar la salud de las personas expuestas. En la mayor parte de estos efectos no se ha encontrado una relación clara dosis-respuesta que pueda establecer a partir de qué niveles se pueden producir una serie de efectos que, en muchos casos, dependen a su vez del estado físico y psíquico de los trabajadores.

Reacciones fisiológicas

El ruido parece favorecer la aparición de situaciones de estrés, al cual se le relaciona con numerosas enfermedades cardiovasculares (hipertensión, vasoconstricción) alteraciones del aparato digestivo (aumento de úlceras gástricas) y del sistema endocrino, etc.

Interferencia del sueño

Estudios realizados con trabajadoras de la industria textil muestran que las trabajadoras expuestas a niveles de ruido altos padecen significativamente más insomnio que las que no lo están.

Interferencia en actividades mentales y psicomotoras

El ruido interfiere en actividades mentales como leer, estudiar, o simplemente en la concentración necesaria para realizar determinadas tareas. Ello se debe a la creación de un fondo acústico monótono que produce somnolencia, además de producir una sobrecarga de estímulos.

Molestias

Se pueden dar *molestias* a niveles inferiores a 75 dBA como nivel equivalente diario, que es el valor considerado por la comunidad científica internacional como aquél por debajo del cual no existe riesgo identificable de pérdidas auditivas.

Paradójicamente, personas expuestas a niveles elevados de ruido dicen "acostumbrarse" al ruido, pero, más que una ventaja, ello indica que el organismo se ha "rendido" ante un elemento agresivo presente en su medio, en este caso el ruido. De todas formas, el hecho de estar "acostumbrado" no evitará la aparición de cualquiera de los otros efectos perjudiciales revisados anteriormente.

En el caso de las molestias ocasionadas por el ruido sí se ha observado una relación entre los parámetros acústicos (Intensidad y Frecuencia) y el grado de molestia.

Interferencia en la comunicación y recepción de señales acústicas, aumentando el riesgo de accidentes

La inteligibilidad de la palabra es un factor importante a considerar en el diseño de entornos de trabajo. En muchas tareas es imprescindible la comunicación oral,

o mediante sistemas electroacústicos como teléfonos, interfonos, sistemas de megafonía, etc.

La presencia de niveles de ruido elevados dificulta la comunicación oral con los compañeros u otras personas, repercutiendo negativamente en el trabajo realizado. Se ha observado que en los trabajadores expuestos a ruidos elevados son más frecuentes las alteraciones de garganta y de laringe (debido a que deben forzar su voz para hacerse entender). Además, la imposibilidad de comunicarse durante la jornada aumenta el aislamiento de los trabajadores y las condiciones de trabajo son más penosas.

También es importante la interferencia del ruido de fondo con la recepción de señales acústicas de peligro o advertencia al poder enmascarar las mismas por ser de frecuencias similares; esto conlleva que se puedan producir accidentes laborales.

6. MARCO NORMATIVO SOBRE RUIDO

Antes de comenzar con el análisis del marco normativo del ruido conviene definir una serie de conceptos (figura 19):

Emisión de ruido: Radiación sonora de una fuente.

Inmisión de ruido: Impacto del ruido en un punto determinado. En nuestro caso sería un puesto de trabajo.

Exposición al ruido: Impacto del ruido en el trabajador.

Normativa de inmisión de ruido

Es aquella que establece la manera de evaluar el riesgo de exposición al ruido durante el trabajo. Es a la vez una normativa de inmisión y de exposición, pues hace referencia al ruido en los puestos de trabajo, estando ocupados estos puestos por trabajadores expuestos a ruido.

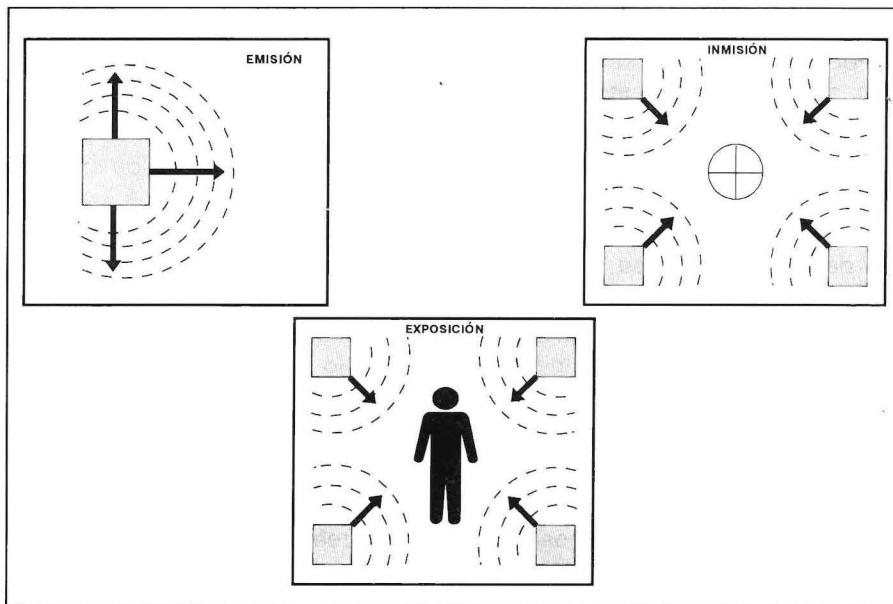
Directiva del Consejo 86/188/CEE de 12 de mayo de 1986 relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos debidos a la exposición al ruido durante el trabajo. Ha sido transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico mediante el R.D. 1316/1989 de 27 de octubre (BOE de 2 de noviembre de 1989).

El R.D. constituye la norma reguladora fundamental sobre el ruido en el lugar de trabajo. Básicamente regula:

- La inmisión de ruido.
- La medición del ruido existente en el lugar de trabajo y su comparación con unos niveles de exposición.
- La evaluación de la función auditiva de los trabajadores.

- La información, formación y consulta a los representantes de los trabajadores.
- La declaración de ruido.

Figura 19
Emisión, Inmisión, Exposición



Como vimos, el R.D. 1316/1989 es el resultado de la aplicación de la Directiva 86/188/CEE, pero al ser una Directiva de mínimos nada ha impedido que se hayan tomado valores más restrictivos (establece el primer nivel de acción en 80 dBA, valor más restrictivo que el de la Directiva: 85 dBA).

Este R.D. entró en vigor el día 1 de enero de 1990 y tiene por OBJETO la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido durante el trabajo en particular, *frente a las pérdidas de audición*.

El CAMPO de APLICACIÓN se extiende a todos los trabajadores por cuenta ajena, cualquiera que sea la modalidad o duración de su contrato, siendo también aplicable a los socios trabajadores de las Cooperativas de trabajo asociado, con la única excepción de las tripulaciones de los medios de transporte aéreo y marítimo.

La RESPONSABILIDAD de velar por la protección de los trabajadores recae en el *empresario* que tendrá una serie de OBLIGACIONES con carácter general que son:

- Reducir al nivel más bajo *técnica y razonablemente posible* los riesgos derivados de la exposición al ruido, actuando en el *origen del mismo* y aplicándolo a las instalaciones y operaciones existentes.

- Tener en cuenta esta reducción del ruido en la concepción y construcción de nuevos Centros de trabajo y en la *modificación* de los existentes, incluida la *adquisición de nuevos equipos de trabajo*.
- Dar cumplimiento a las *obligaciones específicas* consignadas en esta norma.

Evaluación de la exposición al ruido

La necesidad de determinar la exposición de los trabajadores al ruido es fundamental para establecer si se superan los límites o niveles fijados en el R.D. y, por lo tanto, si estamos o no ante una situación aceptable. Así, el proceso de evaluación debe comprender las siguientes *actuaciones*:

- *Evaluación inicial* en los puestos de trabajo existentes en la fecha de entrada en vigor de esta norma.
- *Evaluaciones adicionales* cada vez que se cree un nuevo puesto de trabajo o alguno de los existentes se vea afectado por modificaciones que supongan una variación significativa de la exposición de los trabajadores al ruido.
- *Evaluaciones periódicas* según se superen los diferentes criterios de evaluación (80 , 85 ó 90 dBA o el nivel de pico de 140 dB). No será necesaria la evaluación inicial de los puestos de trabajo en aquellos en los que el nivel diario equivalente o el nivel pico sea manifiestamente inferior a 80 dBA y 140 dB, respectivamente.

Medición

La evaluación del riesgo de exposición al ruido se realizará basándose en la medición de los parámetros que nos ayuden a determinar cómo es la situación para poder posteriormente priorizar una serie de actuaciones preventivas.

El R.D. indica *qué* parámetros han de medirse, *cómo* se han de realizar esas mediciones y *con qué* instrumentación.

Las mediciones del ruido deberán ser representativas de las condiciones de exposición al mismo y deberán permitir la determinación del *Nivel Diario Equivalente* y el *Nivel de Pico*. En los anexos del R.D. se determinan más detalladamente los criterios a utilizar con esta finalidad. Cuando las características de un puesto de trabajo impliquen una variación significativa de la exposición al ruido entre distintas jornadas de trabajo, se podrá utilizar para la evaluación de dicha exposición el *Nivel Semanal Equivalente*.

Instrumentos de medida

Dentro de los equipos de medición, su elección dependerá de los datos que se desean obtener, así como del tipo de ruido que se desea medir.

El Anexo III del R.D. hace referencia al *tipo* de instrumentación y a las condiciones de aplicación. Así, una condición es que los instrumentos deberán ser verificados, mediante un calibrador acústico, antes y después de cada medición.

Sonómetros. En su concepción es un instrumento que responde ante un sonido de una forma aproximada a como lo haría el oído humano y que da medidas objetivas y reproducibles. La parte más importante es el micrófono que "traduce" la energía sonora en energía eléctrica.

Mide de forma directa el nivel de presión sonora de un fenómeno acústico, presentando una lectura en dB con un nivel de referencia de 20 µPa.

Los sonómetros tienen una ponderación temporal que determina la velocidad de respuesta del mismo frente a variaciones de presión sonora.

- SLOW 1000 msg (Respuesta lenta)
- FAST 125 msg (Respuesta rápida)
- IMPULSE ... 35 msg (Respuesta impulso)

Los *sonómetros convencionales* podrán emplearse únicamente para la medición del Nivel de Presión Acústica Ponderado A (L_{pA}) del ruido estable. La lectura promedio se considerará igual al Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado A ($L_{Aeq,T}$) de dicho ruido, pudiéndose calcular el Nivel Diario Equivalente ($L_{Aeq,d}$) a partir de éste.

Deben cumplir las prescripciones establecidas por la norma CEI-651 (UNE-20-464) para los aparatos de tipo 2, disponiendo por lo menos de la característica "SLOW" y ponderación frecuencial A.

Los *sonómetros integradores* podrán emplearse para la medición del Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado A ($L_{Aeq,T}$) de cualquier tipo de ruido, para después calcular el Nivel Equivalente Diario ($L_{Aeq,d}$). Deben cumplir la CEI-804 (UNE-20-493) para aparatos del tipo 2.

Dosímetros. El dosímetro es un monitor de exposición que acumula el ruido constante, usando un micrófono y circuitos similares a los medidores de presión sonora; la diferencia es que son portátiles y los puede llevar el trabajador. La señal es acumulada en un condensador una vez que ha sido transformada en energía eléctrica.

Llevan incorporado un sistema lector en el que se expresa la dosis acumulada en el tiempo que ha estado en funcionamiento. Los más modernos nos dan directamente el $L_{Aeq,T}$ y el $L_{Aeq,d}$.

Los dosímetros europeos basados en la normativa internacional (ISO) relacionan el nivel sonoro continuo equivalente diario con la dosis recibida diariamente. El criterio ISO considera que incrementos del doble de energía acústica suponen aumentos de tres decibelios en el nivel de presión sonora.

Los dosímetros se podrán utilizar para medir el Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado A ($L_{Aeq,T}$) de cualquier tipo de ruido, especialmente en puestos de trabajo móviles. Deben cumplir las normas CEI-651 (UNE-20-464) para los aparatos de tipo 2 y CEI-804 (UNE-20-493).

Medición del Nivel de Pico. Los instrumentos para medir el nivel de pico deben tener una constante de tiempo en el ascenso no superior a 100 microsegundos.

Si se dispone de un sonómetro con ponderación frecuencial A y característica "IMPULSE" podrá considerarse que el Nivel de Pico no ha superado los 140 dB cuando el Nivel de Presión Acústica Ponderado A sea inferior a 130 dBA, según CEI-651 (UNE-20-464).

En el siguiente cuadro se dan los tipos de instrumentos, los tipos de ruido con los que se pueden utilizar y las condiciones de utilización de los mismos.

Figura 20

Instrumentos de medida y condiciones de funcionamiento

SONÓMETROS

- Ruido Estable (< 5 dB entre L_{\max} y L_{\min})
- Miden nivel de presión sonora L_p (dBA)
- CEI 651 (UNE 20-464-90)

SONÓMETROS INTEGRADORES

- Todo tipo de ruido en puestos fijos
- $L_{Aeq, T}$
- CEI 804 (UNE 20-493-93)

DOSÍMETROS

- Todo tipo de ruido en puestos fijos y móviles
- % Dosis
- CEI 804 (UNE 20-493-93) y CEI 651 (UNE 20-464-90)

Plan de actuación

A partir de cada nivel de exposición, el R.D. establece una serie de actuaciones periódicas, siendo éstas más exigentes si el nivel es más elevado. En la figura 21 se resumen las actuaciones a realizar que *ayudarán a planificar* acciones preventivas, de una manera periódica, priorizando determinadas acciones según en el nivel en que nos encontramos. Todo esto ayuda a cumplir los principios en donde se apoya la Prevención de Riesgos Laborales en España y que es la Ley 31/1995, ya citada previamente en la presentación de este documento.

Figura 21
Acciones a realizar según el R.D.1316/1989

	EVALUACIÓN	M. PREVENTIVAS	CONTROL F.A.	PROTECTORES	OTRAS MEDIDAS
$L_{Aeq,d}$ $L_{máx}$ 90 dBA 140 dB			1 año	<ul style="list-style-type: none"> • Uso obligatorio • Señalización 	<ul style="list-style-type: none"> • Programa medidas • Delimitación
	1 año	***	3 años	Suministro obligatorio a todos los trabajadores	
	3 años <ul style="list-style-type: none"> • Crear o modificar • Inicial 		5 años <ul style="list-style-type: none"> • Inicial 	Suministro a los que lo soliciten	
85 dBA	*** Información y Formación adecuada en:		<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación exposición y riesgos para su salud - Utilización de Protección Auditiva - Medidas preventivas adoptadas - Resultado control médico auditivo 		
80 dBA					

Participación y consulta

Los órganos internos competentes en materia de seguridad e higiene y los representantes de los trabajadores tienen derecho a estar presentes en el desarrollo de las evaluaciones y a ser informados sobre el resultado de las mismas y sobre las medidas preventivas que deberán adoptarse.

Información sobre los equipos de trabajo

El Art. 10 del R.D. indica que los equipos de trabajo que se comercialicen deberán ir acompañados de una información sobre el ruido que producen cuando se utilizan en la forma y condiciones previstas por el fabricante. Dicha información deberá permitir que se pueda estimar el nivel de ruido a que van a estar expuestos los trabajadores que los utilicen o que estén en sus proximidades y debe incluir el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, siempre que dicho nivel sea superior a 80 dBA, o el nivel de pico, si éste supera los 140 dB.

Protección auditiva

Los protectores serán proporcionados por el empresario en número suficiente y serán elegidos por éste en consulta con los órganos internos competentes en seguridad e higiene y los representantes de los trabajadores.

Los protectores auditivos deberán ajustarse a lo dispuesto en la normativa general sobre medios de protección personal, adaptarse a los trabajadores que los utilicen proporcionando la suficiente atenuación, de tal forma que se consiga que la exposición al ruido en el interior del oído sea inferior a un nivel equivalente diario de 90 dBA y a un nivel de pico de 140 dB y, siempre que sea técnica y razonablemente posible, inferior a un nivel de 85 o de 80 dBA.

El uso obligatorio de protectores auditivos deberá señalizarse conforme al R.D. 1403/1986 sobre señalización de seguridad en los centros de trabajo, donde la señal de obligación de utilización de protección auditiva tiene color de seguridad azul (figura 22).

En el caso de operaciones especiales, la autoridad laboral podrá conseguir exenciones a la obligatoriedad de su uso, contemplando, claro está, la protección del trabajador con otras medidas.

Figura 22

Señalización de protección auditiva obligatoria R.D. 1403/1986

SEÑALES DE OBLIGACIÓN					
SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SÍMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROTECCIÓN OBLIGATORIA DEL OÍDO	A simple line drawing of a person's head facing right, wearing over-the-ear headphones or earplugs.	BLANCO	AZUL	BLANCO	A circular symbol containing the same icon as the table cell, indicating the recommended color scheme for the safety sign.

Registro y documentación

El R.D. 1316/1989, en total consonancia con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, trata el tema de la documentación. De esa manera impone al empresario la obligación de registrar y archivar los datos obtenidos en las evaluaciones de la exposición al ruido y de los controles médicos de la función auditiva de los trabajadores. En dicho registro, perfectamente identificados, se deben encontrar los resultados de las evaluaciones ambientales de los puestos de trabajo y del control de la función auditiva, indicando si se utiliza la protección auditiva, tiempo de utilización de la misma y datos sobre la formación de los trabajadores.

Los datos del control médico sólo se podrán utilizar como base de orientación para mejorar el ambiente de trabajo y con fines médico-laborales, y siempre respetando su carácter *confidencial*.

Por otra parte, el empresario está obligado a mantener los archivos durante al menos treinta años. Al finalizar los períodos de conservación o en el caso de cese de actividad sin sucesión, la empresa lo notificará a la autoridad laboral competente con una antelación de tres meses, dándole traslado durante este tiempo de toda la documentación.

El empresario deberá facilitar el acceso a estos archivos a:

- Inspección de Trabajo y Seguridad Social
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
- Organismos competentes de las Comunidades Autónomas.
- Órganos internos competentes de Seguridad e Higiene.
- Representantes de los trabajadores.

Lo hará respetando siempre el carácter médico confidencial, en cuyo caso el acceso se limitará al personal médico que lleve la vigilancia de la salud de los trabajadores.

Control de la función auditiva

El control de la función auditiva tiene por objeto la prevención de las pérdidas de la capacidad auditiva que pudieran sufrir los trabajadores expuestos. El procedimiento para realizarlo y los requisitos que se han de cumplir vienen establecidos en el Anexo IV del R.D. 1316/1989.

Este control de la función auditiva se realizará siempre bajo responsabilidad de un médico, aunque puede estar asistido en las pruebas y exámenes que se realicen por otras personas competentes en la materia.

El control comprende una serie de reconocimientos que se encuentran resumidos en la figura 23.

Además, pueden realizarse otros reconocimientos adicionales que se consideren de interés y que incluirán una otoscopia y una audiometría.

En la *anamnesis* se deben recoger las exposiciones anteriores a ruido, antecedentes otológicos, antecedentes familiares de sordera, tratamiento con fármacos oto-tóxicos, *handicap* auditivo del sujeto en el ámbito familiar y social, y sobre todo la pérdida producida por la edad que siempre se deberá tener en cuenta para no distorsionar los resultados obtenidos.

La *otoscopia* comprende una inspección del conducto auditivo externo, en busca de signos de infecciones externas, eczemas y tapones, y una inspección de la membrana timpánica en busca de posibles perforaciones, coloración anómala, etc.

El control audiométrico constará, como mínimo, de una *audiometría de tonos puros* para la determinación de umbrales de audición por conducción aérea, según la norma ISO 6189-1983 (UNE 74-151-92). La audiometría cubrirá la frecuencia de 8000 Hz y el nivel sonoro ambiental permitirá la medición de un nivel umbral de audición de 0 dB, según la norma ISO 389-1975 (UNE 74-020-91).

Figura 23

Control de la función auditiva según el R.D. 1316/1989



El test audiométrico deberá ser realizado con un equipo que cumpla como mínimo con las especificaciones de los audiómetros de clase 4, tal como se especifica en la Norma CEI 645-79 (UNE 20-641-81).

El audiómetro deberá estar calibrado conforme al cero normal de referencia especificado en la norma ISO 389-197. La calibración se deberá realizar, al menos, cada 2 años. Además, se deberán realizar controles periódicos cada 50 audiometrías o cada vez que se cambie el emplazamiento.

El ruido ambiente en la sala audiométrica puede enmascarar los tonos dando como resultados umbrales peores a los reales. La Norma ISO 6189-1983 da unos valores que no se deben sobrepasar, cuando el umbral de audición más bajo a medir es de 0 dB.

Con todo esto podemos decir que el éxito de la vigilancia audiométrica en la prevención de la sordera profesional depende de su capacidad para provocar acciones específicas. Para ello no basta con que las audiometrías midan de forma exacta la audición de los trabajadores, sino que es necesario definir de forma clara qué cambios en el umbral auditivo van a determinar acciones concretas como cambios de puesto de trabajo o declaración de enfermedad profesional, ya que estas actuaciones son el fin último de la monitorización médica.

Resumen del R.D. 1316/1989

A continuación se destacan los aspectos del R.D. 1316/1989 en consonancia con la actual Ley de Prevención de Riesgos Laborales:

- La responsabilidad de la aplicación del contenido del R.D. recae en el empresario.
- El principio básico es reducir los riesgos en el origen al nivel más bajo técnica y razonablemente posible.
- Establece una *evaluación de riesgos* basada en la *medición* del ruido.
- Establece una revisión *periódica* de las evaluaciones.
- Establece la vigilancia médica para el control de la función auditiva inicial y periódica.
- Establece unos niveles de exposición, a partir de los cuales deben realizarse planes y programas preventivos, es decir, marca las pautas para la *planificación de la prevención* frente a este agente físico.
- Establece que el fabricante deberá informar sobre el ruido emitido por sus máquinas y equipos.
- Establece criterios de formación, información y participación de los trabajadores.

Normativa de emisión aplicable a ruido en máquinas

Analizando la situación desde la perspectiva de prevención en el origen, las Directivas de Seguridad en el producto para el establecimiento del Mercado Único aportan requisitos esenciales para que un producto sea "seguro" y, en relación con la emisión de ruido, podemos destacar dos grupos de Directivas básicas:

- *Directiva del Consejo 89/392/CEE de 14 de julio de 1989*, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las máquinas y transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico interno mediante el *R.D. 1435/1992 de 27 de noviembre*, del mismo nombre.

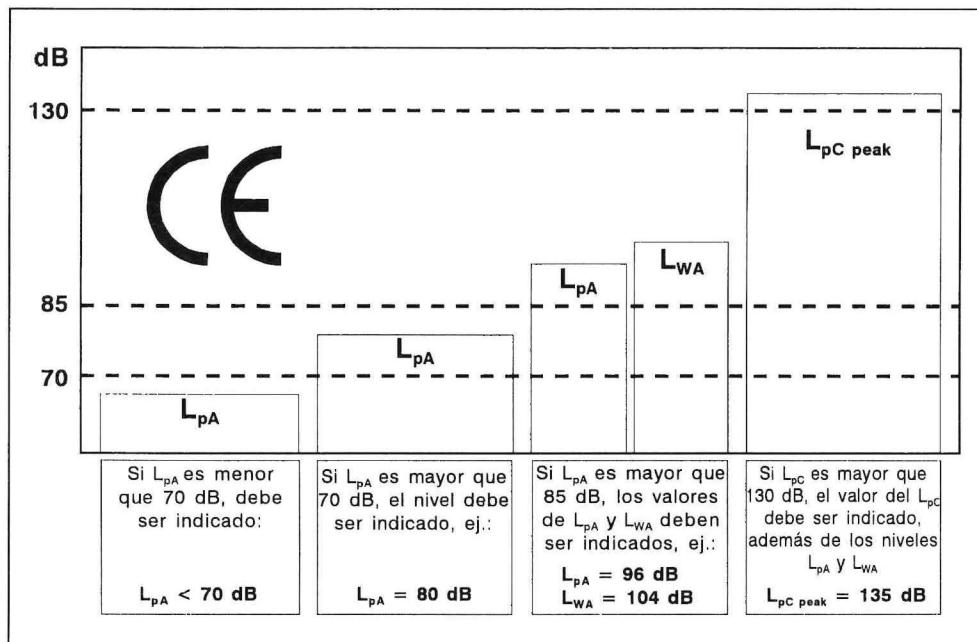
Reconoce al ruido como un peligro de las máquinas y por tanto exige con carácter general que éstas deban estar construidas de forma tal que los riesgos que resulten de la emisión del ruido se reduzcan al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta el progreso técnico (Art. 1.5.8.) del Anexo I.

Con carácter específico el Art. 1.7.4. del Anexo I establece la obligación por parte del fabricante de que en el manual de instrucciones figure la *declaración del ruido aéreo* emitido por la máquina (figura 24).

El fabricante está obligado a declarar el ruido emitido por sus máquinas por lo que el empresario que las adquiere puede calcular, a priori, cómo variará el nivel de inmisión de ruido en su fábrica cuando las instale, además de poder elegir la máquina "más silenciosa" dentro de las que se fabriquen y posean idénticas características técnicas. Esto llevará a que los fabricantes diseñen máquinas cada

vez más silenciosas, siendo esta característica un elemento diferenciador en la calidad de los productos.

Figura 24
Declaración de la emisión de ruido



- Una serie de 19 Directivas relativas a la determinación y limitación de potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de Obras Públicas y que han sido transpuestas a nuestro derecho interno a través del *R.D. 245/1989 de 27 de febrero*, y que a su vez ha sido modificado por la O.M. de 17 de noviembre de 1989 y la O.M. de 18 de julio de 1991.

Estos dos grupos de Directivas establecen la necesidad y obligación de cuantificar los niveles de ruido emitidos por las máquinas que deben realizarse con unos criterios uniformes para que puedan ser comparables, por lo que se han elaborado una serie de normas técnicas que, no siendo obligatorias, hacen que, si se siguen, se consiga una presunción de conformidad con los requisitos esenciales de las directivas.

Normativa sobre protección auditiva

- *Directiva del Consejo 89/686/CEE de 21 de diciembre*, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre Equipos de Protección

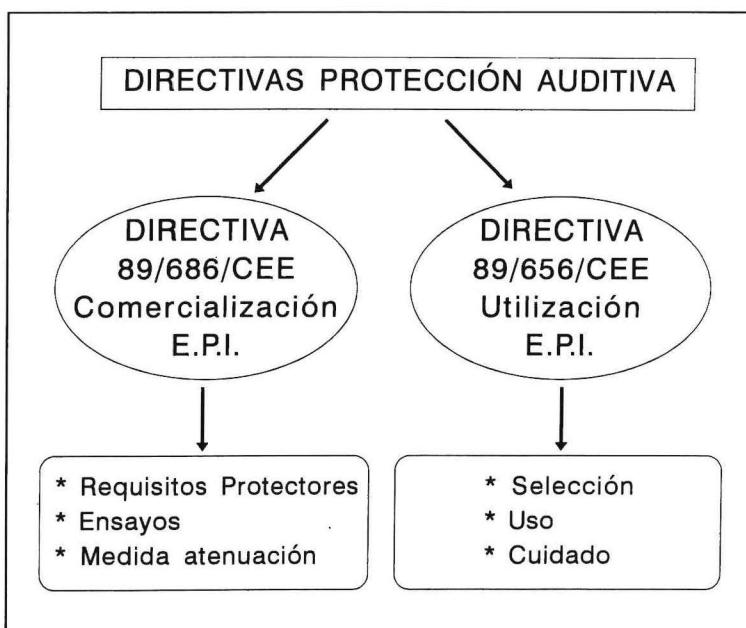
Individual (EPI). Ha sido traspuesta a nuestro ordenamiento jurídico mediante el R.D. 1407/1992 de 20 de noviembre. Este R.D. ha sido modificado por el R.D. 159/1995 de 3 de febrero y por la O.M de 16 de mayo de 1994. Hace referencia a los requisitos que los EPI deben cumplir para su comercialización y establece el procedimiento de certificación. En el punto 3.5 de su Anexo II, indica que los protectores auditivos deberán atenuar los niveles sonoros percibidos por el usuario, hasta un nivel tal que no superen los valores límites de exposición diarios descritos en la Directiva 86/188/CEE. Igualmente deberán llevar una información sobre la atenuación acústica que proporcionan.

Sólo podrán comercializarse los protectores auditivos que lleven el marcado CE y vayan acompañados de una declaración del fabricante indicando que el protector cumple los requisitos esenciales fijados en la Directiva y que han sido comprobados por un Organismo Acreditado para ello de acuerdo con normas armonizadas.

Según la O.M. de 16 de mayo de 1994, desde el 30 de junio de 1995 todo protector que se comercialice ha de llevar el correspondiente marcado CE.

- *Directiva del Consejo 89/656/CEE de 30 de noviembre, relativa a las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de EPI.*

Figura 25
Directivas sobre Protección Auditiva

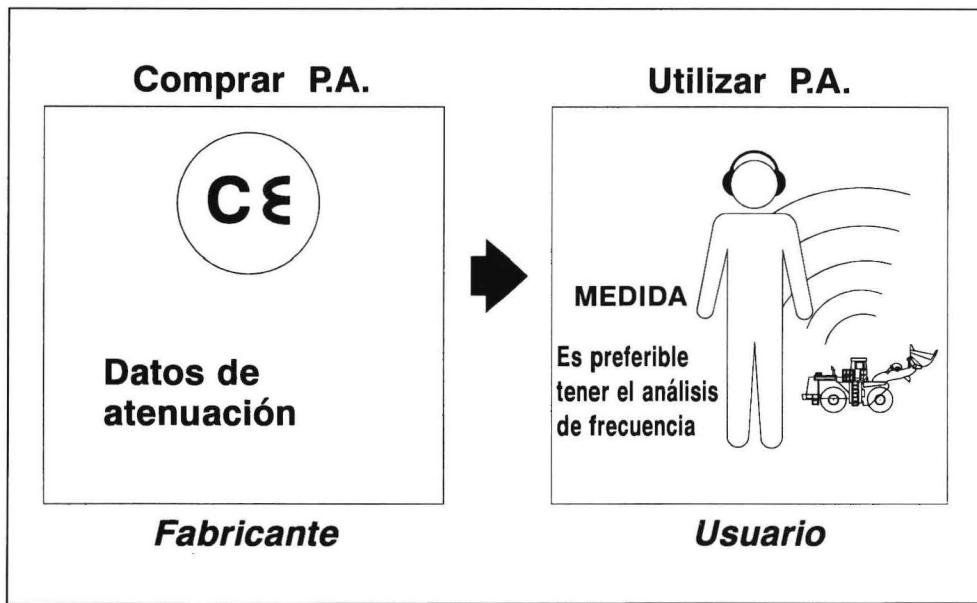


Esta Directiva deriva de la Directiva 89/391/CEE y, por lo tanto, al estar ya transpuesta esta última mediante la Ley 31/1995, en una fecha próxima contaremos en nuestro derecho interno con la transposición de la Directiva 89/656/CEE.

Dicha Directiva establece entre otras cosas las condiciones y criterios de selección, uso y mantenimiento de los protectores auditivos, que deben lograrse a través de guías de utilización específicas.

Figura 26

Requisitos a tener en cuenta para comprar y elegir un protector auditivo según la atenuación que produzca



7. CONTROL DEL RUIDO

Las medidas del control del ruido a adoptar dependen de cada situación a estudiar, aportando soluciones a veces tan simples como cerrar puertas o aberturas innecesarias o mantener adecuadamente las máquinas. En otras ocasiones, el problema va más allá, y se necesita diseñar cerramientos complejos o incluso rediseñar partes de la máquina en cuestión para que sea menos ruidosa.

Desde el punto de vista de la prevención, lo prioritario es que el trabajador esté expuesto al menor ruido posible, o al menos que éste se encuentre dentro de los límites del Real Decreto 1316/1989. Para ello se pueden adoptar tanto medidas técnicas, encaminadas a disminuir el ruido, como medidas organizativas, destinadas a disminuir la exposición al ruido del trabajador.

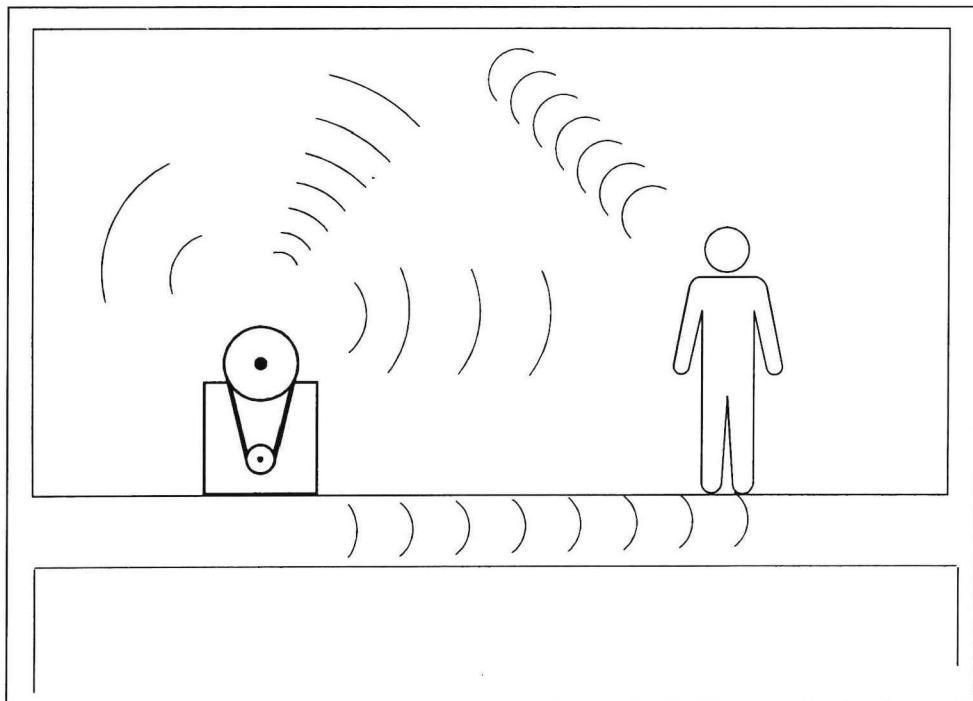
Medidas técnicas

Las medidas técnicas posibles para controlar el ruido se suelen agrupar en tres clases

- Medidas de control en la fuente.
- Medidas de control en el medio.
- Medidas de control en el receptor o trabajador.

Es prioritario controlar el ruido en su origen, es decir, en la fuente, ya que de esta manera se elimina el problema en su totalidad. Si esto no es posible o es insuficiente, se deberá tratar de controlar el ruido en su camino de transmisión de fuente a receptor. Como último recurso, si las medidas anteriores no han dado resultado, deberemos concentrarnos al menos en reducir el ruido que llega al receptor.

Figura 27
Situación sin ninguna medida de control



Control del ruido en la fuente

Como se ha dicho en el apartado anterior, con este tipo de medidas se trata de eliminar o reducir el ruido que emite la máquina. Entre ellas se pueden destacar, por orden de prioridad:

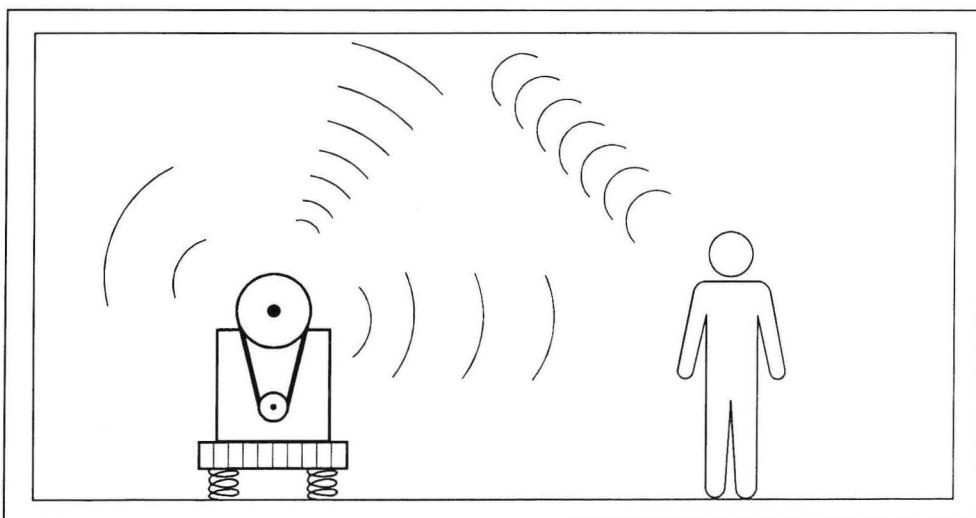
- **Diseño y compra de máquinas con bajo nivel de ruido.** Aunque pueda parecer obvio, es importante destacar que, si la máquina no hace ruido, no existirá problema de control. Por tanto, una mejora en la calidad de diseño acústico de las máquinas, dentro de lo posible, será la mejor medida de control del ruido. En este aspecto, la declaración del ruido emitido por las máquinas según establece el R.D. 1435/1992 es un paso importante para alcanzar el objetivo de reducir el nivel de ruido en la fuente, diseñando máquinas cuya emisión sea la más baja posible, teniendo en cuenta el progreso técnico y la disponibilidad de medios de reducción de ruido.

- **Mantenimiento adecuado de las máquinas.** Es sabido que las máquinas viejas suelen producir más ruido que las nuevas; aunque a veces se puede corregir por medio de una lubricación adecuada, sustitución de piezas gastadas o defectuosas, eliminación de ruidos innecesarios, limpieza, etc, al mismo tiempo se alarga la vida de la máquina.

- **Sustitución de materiales.** Siempre que sea posible, se pueden sustituir materiales radiantes de ruido por otros que no lo sean. Por ejemplo, para máquinas que operen con cargas pequeñas, se pueden sustituir los engranajes de metal por otros de plástico.

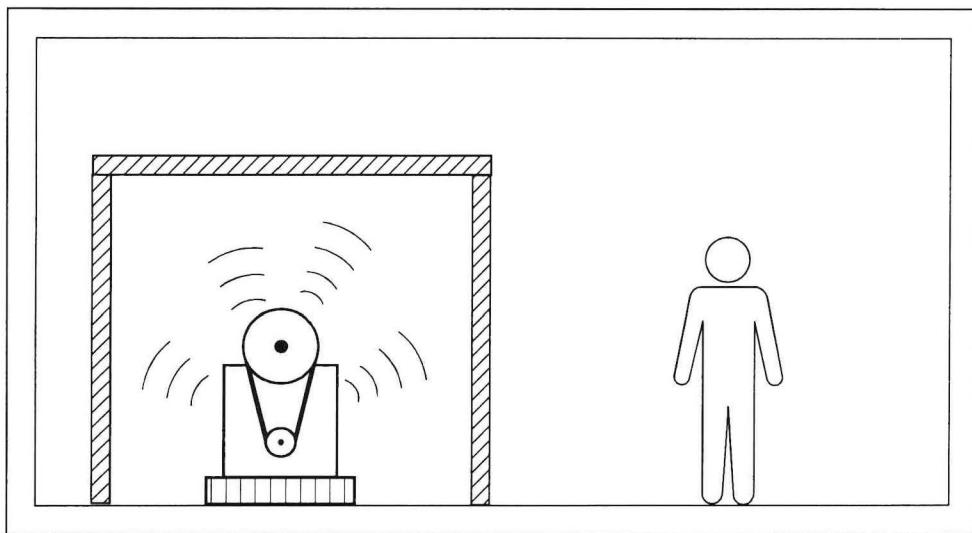
- **Eliminación de vibraciones.** Las vibraciones de las máquinas son en muchos casos una fuente importante de ruido, sobre todo cuando éstas se transmiten a superficies radiantes. Para su eliminación se pueden utilizar elementos antivibratorios que amortigüen la vibración.

Figura 28
Utilización de elementos antivibratorios



- Cerramientos totales o parciales con materiales aislantes. Si no es posible eliminar el ruido producido por la máquina, ésta puede ser una medida útil, teniendo siempre en cuenta que el cerramiento puede favorecer el calentamiento de aquella, por lo que se deberán adoptar medidas adicionales de ventilación. También se debe destacar que las aberturas en los cerramientos, por pequeñas que sean, pueden disminuir mucho la efectividad de éstos.

Figura 29
Cerramiento total de una máquina



Control del ruido en el medio de transmisión

Podemos ver en la figura 30 que, cuando una onda sonora choca contra un objeto, una parte de la energía de esa onda es absorbida por el objeto, otra se transmite a través de él y otra es reflejada.

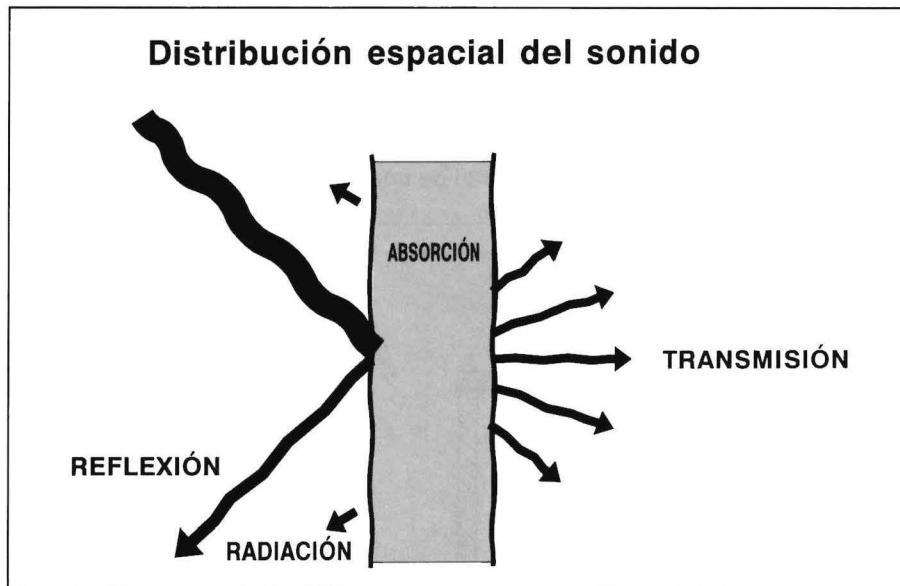
En principio, el ruido se puede transmitir por dos "caminos": el aire y las estructuras conectadas con la máquina emisora. Para cada uno de estos medios se podrán aplicar una serie de medidas.

Ruido aéreo es el ruido transmitido por el aire que llega al trabajador, bien directamente desde la fuente, o bien debido a las reflexiones en paredes, suelo, techo u objetos que encuentra a su paso. Para disminuir este tipo de ruido se suele emplear:

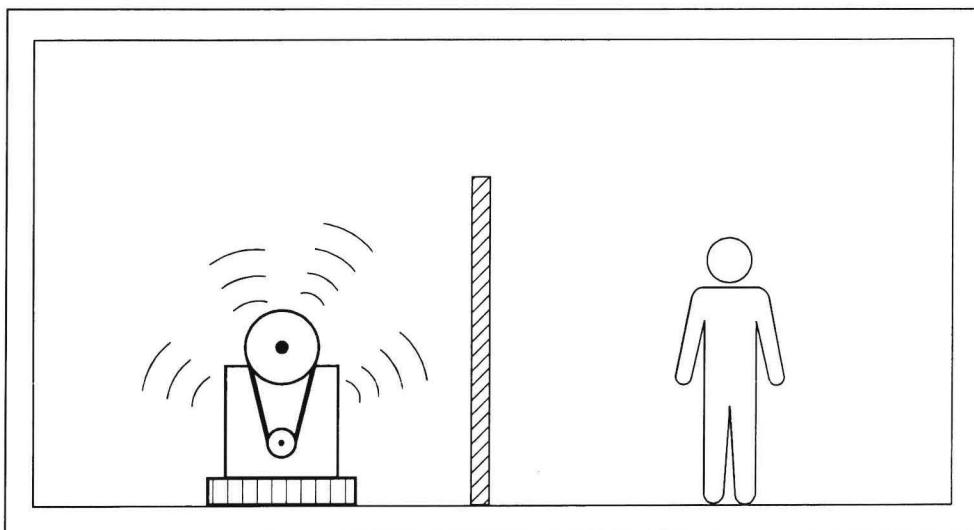
- Colocación de pantallas acústicas. Disminuyen el ruido directo que llega al trabajador. Sobre ellas hay que decir que resultan bastante útiles para el ruido de altas frecuencias, pero son menos eficientes para bajas frecuencias.

Figura 30

Comportamiento de una onda sonora cuando choca contra una superficie

**Figura 31**

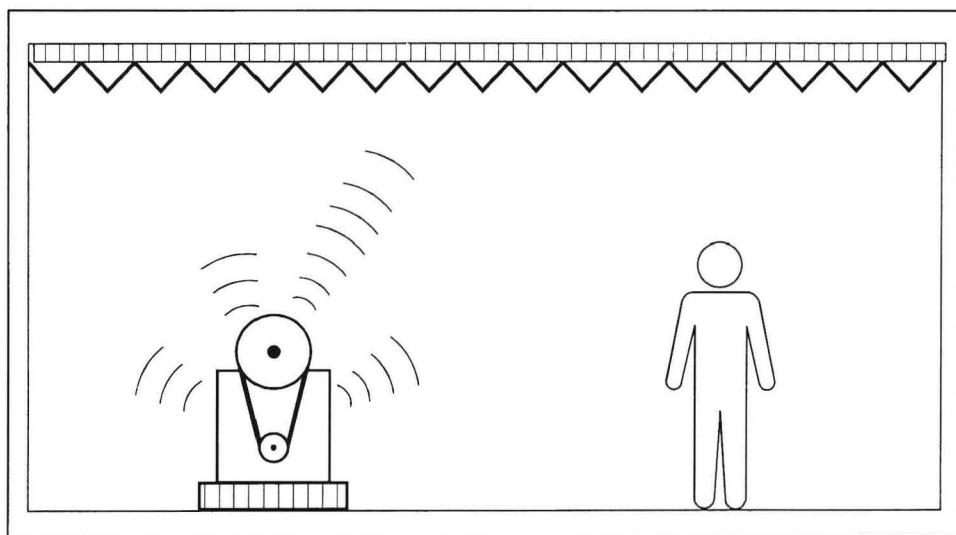
Colocación de una pantalla absorbente



- **Distribución adecuada de máquinas.** De esta manera se puede limitar la cantidad de ruido que recibe el trabajador a la que emite su máquina, influyendo el ruido de las otras máquinas lo menos posible. Es conveniente alejar las máquinas de paredes y objetos reflectantes, ya que esto hará que disminuyan las reflexiones y por tanto también disminuirá el nivel de ruido.

- **Colocación de materiales absorbentes en techos y paredes.** Así se reducen las reflexiones. Conviene escoger adecuadamente este material dependiendo de las condiciones de trabajo.

Figura 32
Tratamiento acústico de techos



Ruido transmitido por las estructuras. Es aquel ruido que se transmitirá a través de las estructuras sólidas y se deberán aislar las estructuras entre sí o lograr un aislamiento de las máquinas al suelo, mediante conexiones flexibles (figura 33).

Control del ruido en el receptor

Es la solución última a aplicar, y las posibilidades fundamentales son:

- **Construcción de cabinas insonorizadas** en las que el operario pase la mayor parte del tiempo de su trabajo. Como es evidente, esta solución no tiene sentido cuando se trata de procesos no automatizados en que los que el operario debe estar controlándolo constantemente. Por otra parte puede generar problemas sociales, debido a la falta de comunicación con otras personas, y al posible aislamiento que esta medida puede suponer (figura 34).

Figura 33
Aislamiento de estructuras del suelo

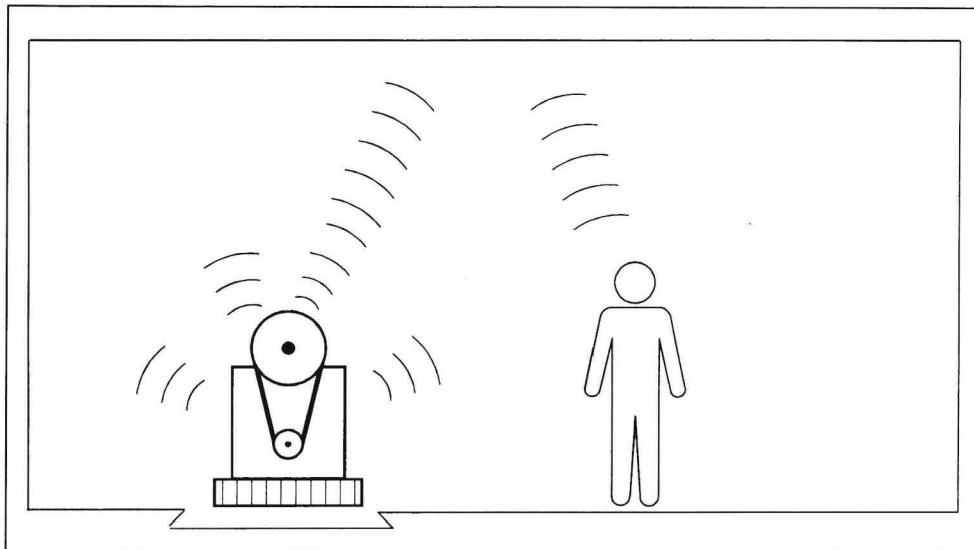
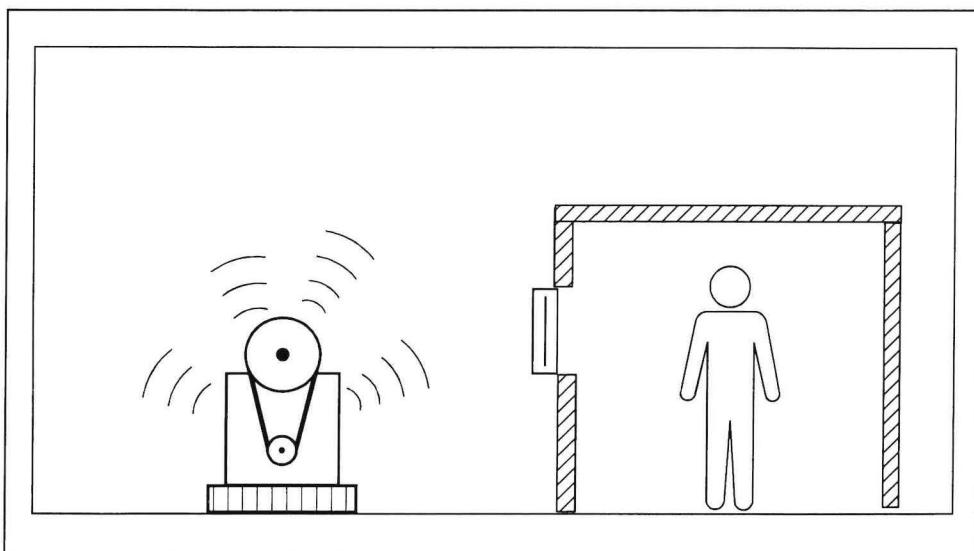


Figura 34
Cabinas insonorizadas para los operarios



- **Utilización de protectores auditivos.** Esta alternativa, desde el punto de vista preventivo, debe tener un carácter temporal y complementario, mientras se adopten otra serie de medidas técnicas y organizativas para reducir el nivel de ruido soportado por los trabajadores. La protección auditiva es necesaria, e incluso obligatoria, cuando los niveles de ruido son altos.

Un protector auditivo es un elemento de protección individual utilizado para disminuir el nivel de ruido que percibe un trabajador situado en un ambiente ruidoso. Se puede clasificar en varios grupos:

a) Orejeras. Es un protector auditivo que envuelve totalmente el pabellón auditivo. Están formadas por los *casquetes*, que son unas piezas de plástico duro que cubren y rodean la oreja, y el *arnés*, que sujeta y presiona los casquetes contra la cabeza.

b) Tapones. Es un protector auditivo que se inserta en el conducto auditivo externo, obturándolo. Existen tapones de varios materiales entre los que destacan los de espuma plástica, silicona, plástico y goma flexible. En este tipo de protectores es muy importante realizar una limpieza frecuente, para evitar el riesgo de infecciones.

c) Orejeras con cascós. En determinadas situaciones de trabajo donde es necesaria una protección de la cabeza, se utilizan cascós que cubren toda la cabeza asociados a orejeras para evitar la transmisión del ruido.

d) Protectores activos. Incorporan un sistema electrónico que detecta el ruido en el exterior del protector y genera un ruido en su interior que cancela parcialmente el ruido incidente. Actualmente están en fase de estudio, aunque se han adoptado medidas similares en las turbinas de alguna central eléctrica y en la fabricación de automóviles.

Hay que destacar la importancia que tiene la formación y las instrucciones que se deben dar a los trabajadores para que éstos se encuentren motivados para la utilización de estos protectores, ya que, si se reduce el tiempo de utilización, se reduce su eficacia, como se puede observar en la figura 35. Así, el protector tipo A proporciona una atenuación de 30 dB si se utiliza durante un tiempo de 8 horas, disminuyendo su atenuación a 4 dB si el tiempo de utilización es de 5 horas (figura 35).

Medidas organizativas

Con este tipo de medidas no se pretende disminuir el ruido físicamente, sino disminuir la exposición al ruido del trabajador.

Como hemos visto, el Nivel Equivalente Diario que recibe un trabajador no depende sólo del nivel ruido, sino también del tiempo de exposición.

Entre algunas medidas organizativas podemos mencionar las que siguen:

- **Reubicación local de trabajadores.** Esta medida consiste en alejar de las zonas ruidosas a los trabajadores que no sean imprescindibles en ellas, restringiendo el paso a dichas zonas.

Figura 35

Reducción de la eficacia de tres protectores auditivos al disminuir el tiempo de utilización de los mismos

HORAS DE UTILIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN AUDITIVA		8 h	7 h	6 h	5 h
ATENUACIÓN (dB)	TIPO A	30	9	6	4
	TIPO B	20	9	6	4
	TIPO C	10	7	5	3,5

- **Reubicación temporal de trabajadores.** Consiste en realizar las labores de mantenimiento, limpieza y otras similares cuando las máquinas estén paradas, si bien muchas veces no es posible.
- **Rotación de puestos.** En la medida de lo posible se puede hacer rotar a los trabajadores en tareas ruidosas y poco ruidosas, con lo que conseguimos disminuir la exposición recibida.
- **Pausas sin ruido.** La pausas para desayuno, comida, etc, deben hacerse en lugares sin ruido, con lo que además de reducir la exposición el oído puede recuperarse en parte durante estas pausas.
- **Formación e información.** Para conseguir que las medidas de control puestas en marcha lleguen a buen fin es necesario informar y formar a la plantilla a todos los niveles. Se trata de concienciar a los trabajadores de los riesgos existentes y formarlos para que estos riesgos no se conviertan en un daño (figura 36).

8. PLAN DE PREVENCIÓN FRENTE AL RUIDO

La protección de la salud de los trabajadores es un deber social. En la actualidad el factor humano se está convirtiendo en el eje de las nuevas políticas de calidad total, por lo que este potencial humano es necesario mantenerlo adecuadamente.

Por otra parte, como hemos visto, existe obligación legal de proteger a los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

A la hora de diseñar un plan frente al ruido, al igual que en cualquier plan, nos hacemos varias preguntas:

Figura 36
Esquema del control del ruido



¿Quién está implicado en el plan?

Antes de poner en marcha cualquier plan de prevención, es necesaria una voluntad de la dirección de la empresa de abordar el problema y llegar a soluciones, ya que este plan costará medios humanos y económicos. Es necesaria una política de mejora de las condiciones de trabajo, debiendo asignar unos presupuestos y unos medios materiales y humanos, para la consecución del plan. Después del compromiso de la Dirección en el Plan estarán inmersos todos las personas de la empresa y externas a la misma relacionadas con la Prevención.

¿Objetivos del plan?

Los objetivos de un plan de prevención frente al ruido pueden quedar exclusivamente en cumplir con lo establecido en el R.D. 1316/1989 (en total concordancia con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales) o incluso mejorar lo establecido por el R.D. 1316/1989 acudiendo a otras normas y recomendaciones.

¿Análisis de la situación?

Para contestar preguntas sobre si existe problemática relacionada con el ruido es necesario realizar una medición del ruido en la empresa ya que, según el Artículo 4º del R.D. 1316/1989, la Evaluación del Riesgo de exposición al ruido se hará sobre la base de la medición del mismo.

Una herramienta muy útil para discriminar las zonas ruidosas puede ser la confeción de un mapa de ruido que, aun no siendo obligatorio, nos puede ayudar a

señalar las zonas que necesitan protección auditiva, a localizar fuentes, puestos ruidosos, etc. La realización de este mapa de ruido indica que hay una sensibilización frente al problema del ruido, además de dar una visión global de los niveles de ruido.

¿Quién ha de estar presente en la medición de los puestos de trabajo?

Conviene que estén presentes aquellas personas que están relacionadas con ese puesto de trabajo:

- Técnico de Seguridad e Higiene.
- Responsable Técnico de la zona.
- Médico de empresa.
- Representante legal de los trabajadores.

Legalmente tienen derecho a estar presentes, en las evaluaciones, los órganos internos competentes en seguridad e higiene y los representantes de los trabajadores.

Figura 37

Personas implicadas en un plan de prevención frente al ruido



¿Cómo se han de recoger los datos de la medición de ruido?

Es necesario que los datos sobre la medida de ruido y los controles médicos de la función auditiva se recojan de una forma sistematizada, uniforme y homogénea, en soportes documentales conocidos por todos los implicados ya que, legalmente, se han de tener archivados durante 30 años.

¿Qué datos necesitamos sobre la exposición al ruido de los trabajadores?

En cuanto a este apartado conviene indicar el puesto de trabajo que ocupa el trabajador, las tareas que realiza y los datos relativos a la protección auditiva (si la utiliza, cuánto tiempo, si está formado, si ha sido consultado en la elección y el modelo que utiliza, etc).

¿Cómo evaluar la situación?

Para evaluar los riesgos de exposición al ruido contamos con el R.D. 1316/1989, que nos da todas las pautas para realizar una correcta evaluación; aunque, si lo que se quiere es proteger de otros efectos distintos de la pérdida de audición, nos tendremos que referir a criterios contenidos en normas técnicas (SIL, NR, etc); estos criterios caen fuera del campo de este documento.

¿Debemos informar al trabajador?

Deberemos informar como mínimo de lo estipulado en el R.D. 1316/1989 y que sería:

- Evaluación de su exposición al ruido, y los riesgos potenciales para su audición.
- Las medidas preventivas adoptadas, con especificación de las que deban ser adoptadas por el propio trabajador.
- La utilización de protectores auditivos.
- Los resultados del control médico de su audición.

Puede también ser conveniente ampliar esa información, mediante carteles, informes personales y otros medios.

¿Debemos informar a los representantes de los trabajadores?

Además de la obligación de información, establecida en el R.D. 1316/1989, se puede llegar mucho más lejos, y no limitarse a dar una información obligada, sino que conviene consultar, discutir y llegar a soluciones pactadas para conseguir una implicación de todos los estamentos de la empresa, lo que aumentará la eficacia de nuestro plan de lucha contra el ruido.

¿Qué debe contener nuestro plan de formación?

Es necesario formar a los trabajadores sobre los riesgos derivados de la exposición al ruido. Cuando exista una política de reducción de los niveles de ruido, será necesario realizar un plan de formación que deberá contener: objetivos, destinata-

rios, formadores, metodología, medios materiales, plazos y, por supuesto, seguimiento de la eficacia del mismo.

¿Qué medidas hemos de adoptar?

Serán variables dependiendo de la situación concreta de la empresa, como hemos visto en el apartado de control de ruido: organizativas y/o técnicas.

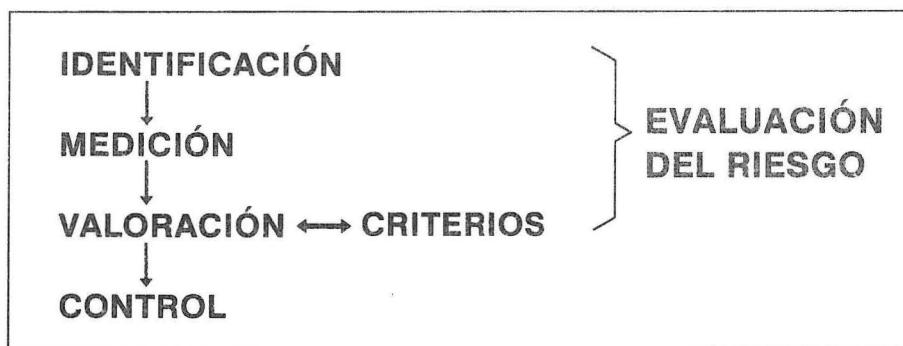
¿Es necesario evaluar el plan?

En todo plan de lucha contra el ruido será necesario comprobar si los objetivos que hemos planteado se han cumplido y en qué medida, para poder corregir los errores que se hayan cometido. Para ello es preciso definir una serie de indicadores que permitan comparar la situación de partida y la situación final.

Hay que tener en cuenta que este plan es un proceso continuo, y que requiere un esfuerzo continuado. En muchos casos, por motivos tecnológicos y/o económicos puede resultar difícil o incluso imposible solucionar el problema en un plazo muy corto por lo que el plan requerirá revisiones continuas, adaptación al progreso técnico y, en algunos casos, un proyecto de inversiones económicas.

Si lo representamos en un esquema, vemos que existen una serie de procesos que debemos realizar, a fin de que nuestro plan de prevención funcione adecuadamente.

Figura 38
Esquema de actuaciones en un plan de prevención



9. BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, J., ÁLVAREZ, C., PORTELA. J. AUDIPRO: Control del ruido. Selección de protectores auditivos. AIP (1994) INSHT.
- ALONSO, J., ÁLVAREZ, C., MELGAR, M., MORENO, A. GADER: Guía para la aplicación del Real Decreto 1316/89. AIP (1996) INSHT.
- ÁLVAREZ, C., GÓMEZ-CANO, M., LEZCANO, M. Control del ruido. marco normativo para la selección de protectores auditivos. Salud y Trabajo nº 110 (1995) INSHT.
- ÁLVAREZ, C. El Ruido. FDN-2. (1996) INSHT.
- ARNÁIZ, M. Ruido emitido por las Máquinas. FDN-9. (1996) INSHT.
- CAPARRÓS, J.A. El ruido en el trabajo. (1995) Escuela de Relaciones Laborales. U.C.M.
- FLORES, P. Manual de Acústica: ruidos y vibraciones. (1990) GYC.
- Fundación MAPFRE. Manual de Higiene Industrial. (1991). MAPFRE.
- GAYNES, E., GOÑI, A. Hipoacusia laboral por exposición al ruido: evaluación clínica y diagnóstico. NTP-287 (1993) INSHT.
- GIL-LOYZAGA P. y PUJOL,R. Fisiología de la audición. (1992) Interamericana-Mc Graw Hill.
- GÓMEZ-CANO, M. Aspectos ergonómicos del ruido. Salud y Trabajo nº 102. (1994) INSHT.
- GUASCH, J. y otros. Higiene Industrial. (1994) INSHT.
- INSHT. Conceptos básicos en la prevención de riesgos laborales: Ruido y vibraciones. El Empresario nº205. (1995). CEPYME.
- JACQUES, J. Etiquetage informatif du bruit des machines industrielles. Réglementation. Cahiers de notes documentaires nº 138. (1990). INRS.
- LANAS P.M. Conocimiento, evaluación y control del ruido. (1991) APA.
- LÓPEZ, G., El ruido en el trabajo. (1992) INSHT.
- LÓPEZ, G. Una visión actual de la estrategia comunitaria en la lucha contra el ruido en el lugar de trabajo. Salud y Trabajo nº 90. (1992) INSHT.

- MOLINÉ, J.L., SOLÉ, M.D. Audiometría tonal líminal. NTP-284 (1993) INSHT.
- VILAS, J. Audiometrías. NTP-85 (1983) INSHT.
- WERNER, A., MÉNDEZ, A. SALAZAR, E. El Ruido y la Audición. (1990). AD-HOC.
- Gabinet de Salut Laboral del País Valenciano. Guía Sindical de Salud Laboral nº 7: Ruido. (1993) CCOO.

10. BIBLIOGRAFÍA NORMATIVA

- Real Decreto 1316/1989 de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.(B.O.E. nº 263 de 2.11.89, B.O.E nº 295 de 9.12.89 y B.O.E. nº 126 de 26.6.90).
- Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.(B.O.E. nº 311 de 28.12.92 y B.O.E nº 47 de 24.2.93).
- Real Decreto 1435/1992 de 27 de noviembre, relativo a la aproximación de las legislaciones de los estados sobre máquinas. (B.O.E. nº 297 de 11.12.92).

