

## NTP 205: Ultrasonidos: exposición laboral

Ultrasons: exposition professionnelle  
Ultrasounds: Occupational exposure

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

### Redactor:

Manuel Gómez-Cano Hernández  
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

### Objetivo

El objeto de esta Nota Técnica de Prevención es dar a conocer a los diferentes colectivos que tengan que abordar un problema por exposición laboral a ultrasonidos, cuales son los riesgos que se pueden presentar, así como de los distintos métodos de evaluación descritos en la actualidad, indicar aquellos que se consideran desde el punto de vista práctico más apropiados para por último pasar a enumerar algunas medidas generales de control.

### Introducción

La exposición laboral a ultrasonidos no ha tenido hasta hace relativamente pocos años un eco importante debido a dos causas fundamentales, una su poca aplicación en procesos industriales y otra a que los que se utilizaban eran de baja potencia y por lo tanto en un principio no implicaban un riesgo apreciable para la salud. Sin embargo las últimas innovaciones tecnológicas han hecho que se haya aumentado considerablemente su campo de aplicación, debiéndose considerar entonces los posibles riesgos que pueden presentar para las personas expuestas.

Aunque hoy en día los riesgos son teóricamente conocidos se siguen realizando numerosas investigaciones sobre ello sin que hasta la fecha se haya podido establecer una respuesta exacta sobre cuáles son los límites seguros de exposición y los posibles daños producidos.

### Conceptos físicos de ultrasonidos

El oído humano es capaz de detectar los sonidos comprendidos en un margen de frecuencia entre 20 y 20.000 Hz. Los sonidos emitidos en un rango superior al ya citado y que no son percibidos por el oído humano como sonidos,

se conocen con el nombre de ultrasonidos. Ahora bien este tipo de sonidos puede llevar aparejados una serie de armónicos de frecuencias comprendidas dentro del rango de audición, por lo que al estudiar los efectos sobre la salud producidos por los ultrasonidos se suele hacer no sólo aisladamente, sino en el conjunto de sonidos agudos y muy agudos (generalmente a partir de 10 KHz) y ultrasonidos en un sentido físico más estricto (de frecuencia superior a 20 KHz).

Los ultrasonidos, como movimiento ondulatorio que son, tienen básicamente las mismas propiedades físicas que las ondas sonoras, pero en base a su mayor frecuencia y por tanto menor longitud de onda se difractan en menor medida que las ondas sonoras audibles así como son más fácilmente reflejadas por superficies planas y son más rápidamente absorbidas por el aire y en consecuencia no son transmitidas a muy largas distancias.

La velocidad de propagación de los ultrasonidos en el aire a la temperatura ambiental es igual a la de los sonidos audibles, considerándose un valor del orden de 343 m/s., en tanto que su velocidad de propagación en un medio líquido como es el agua es mayor, pudiéndose considerar aproximadamente un valor de 1.500 m/s.

Todas estas propiedades van a tener gran importancia tanto a la hora de evaluar como controlar un problema de exposición laboral a ultrasonidos.

### Fuentes de generación y aplicaciones

Aunque existen fuentes de generación natural o procesos que puedan producir en su operación cierto tipo de ultrasonidos, vamos a considerar únicamente aquellos que son producidos para su aplicación en procesos u operaciones industriales caracterizados por estar comprendidos en unos rangos de frecuencia e intensidad de lo KHz a 10 MHz. y  $10^{-3}$  a  $10^5$  W/cm<sup>2</sup> respectivamente.

A la hora de clasificar las fuentes de generación de ultrasonidos parece apropiado realizarla en función de su frecuencia pudiéndose establecer entonces tres grandes grupos a saber:

- **Baja frecuencia** (comprendidos entre 10 y 100 KHz) siendo los que desde el punto de vista industrial tienen mayores aplicaciones.
- **Media frecuencia** (de un rango de 100 KHz a 10 MHz) de uso en aplicaciones terapéuticas.
- **Alta frecuencia** (abarca desde 1 MHz a 10 MHz) estando sus aplicaciones principales en fines médicos y aparatos de control no destructivo.

Dado que la mayoría de los usos industriales así como los problemas planteados para la salud se producen en el rango de baja frecuencia se va a centrar el estudio de esta Nota en los producidos en este rango.

En lo que respecta a sus aplicaciones en la Tabla 1, se resumen algunas de las más comunes, así como los intervalos de frecuencia e intensidad utilizados.

| APLICACION  | FRECUENCIA (KHz) | RANGO INTENSIDAD (W/cm <sup>2</sup> ) |
|---|------------------|---------------------------------------|
| SEÑALES SUBMARINAS DE BAJA FRECUENCIA                 | 16 - 20          | -                                     |
| REACCIONES EN AEROSOLES Y AGITACION                   | 16 - 20          | -                                     |
| APARATOS DE CONTROL ULTRASONORO, APERTURA DE PUERTAS. | 25               | -                                     |
| SOLDADURA   | 16 - 20          | 3 - 32                                |
| LIMPIEZA INDUSTRIAL Y DESENGRASE                      | 20 - 25          | < 6                                   |
| SOLDADURA DE PLASTICOS                                | 20               | 1.000                                 |
| SOLDADURA DE METALES                                  | 10 - 60          | 10.000                                |
| MECANIZACION  | 20               | variable                              |
| EXTRACCION  | 10               | 500                                   |
| ATOMIZACION   | 20 - 300         | variable                              |
| MEDIDA DE ESPESORES                                   | 300              | -                                     |
| TRABAJOS BIOLOGICOS EXPERIMENTALES                    | 750              | -                                     |

## Efectos sobre la salud

Los efectos que pueden producir una exposición a ultrasonidos pueden diferenciarse en función de cuál sea su vía de transmisión a saber:

- Por **contacto** principalmente manifestada en las manos, en las operaciones de limpieza y desengrase.
- Por **vía aérea** tanto en las operaciones señaladas como en el resto de la mayoría de operaciones de uso industrial.

La exposición laboral a ultrasonidos transmitidos por contacto y que se manifiestan en el organismo como alteraciones funcionales del sistema nervioso, dolores de cabeza, vértigo, fatiga, modificaciones de reflejo, turbulaciones vasomotoras, periféricas, pueden causar un daño de calentamiento de la piel e incluso de los huesos o daños celulares con destrucción de las propias células por un fenómeno de cavitación.

Respecto a la exposición por vía aérea a ultrasonidos puede producir efectos biológicos que se manifiestan en el desarrollo anormal de las células, efectos hematológicos, efectos genéticos y sobre el sistema nervioso, con una sintomatología semejante a la manifestada en la exposición por contacto. Asimismo no es de desechar el posible desplazamiento de la audición debido a las componentes sonoras que pueden acompañar a los ultrasonidos.

## Sistemas de medida

A la hora de abordar un problema de medición de niveles de exposición de ultrasonidos habría que considerar cuál es su camino de transmisión bien sea por vía aérea o por contacto.

La medición de los niveles de ultrasonidos transmitidos por vía aérea se realizan en la actualidad con sonómetros o medidores de ultrasonidos capaces de medir con fiabilidad los niveles de presión sonora expresados en dB en el rango de frecuencia de generación de éstos con la particularidad de que dichas mediciones deben ser efectuadas en tercios de banda de octava, así como que el micrófono utilizado deba tener una respuesta lo más plana posible en el rango de frecuencia a estudiar.

Habría que considerar que los sonidos agudos y muy agudos del orden de 10 KHz y mayores, también deberían ser medidos en base a la similitud de efectos que tienen sobre el organismo humano, mediciones que se deben efectuar con un medidor de nivel de presión

sonora con un filtro de bajo paso y respuesta en la escala de ponderación A.

Con respecto a la medición de los ultrasonidos transmitidos por contacto el problema se hace más complejo al deberse considerar como parámetros de medida la potencia o la intensidad acústica parámetros difícil en la práctica de cuantificar.

No obstante actualmente se suele medir la intensidad de forma puntual mediante la utilización de equipos de muestreo unidos a micrófonos piezoeléctricos en miniatura.

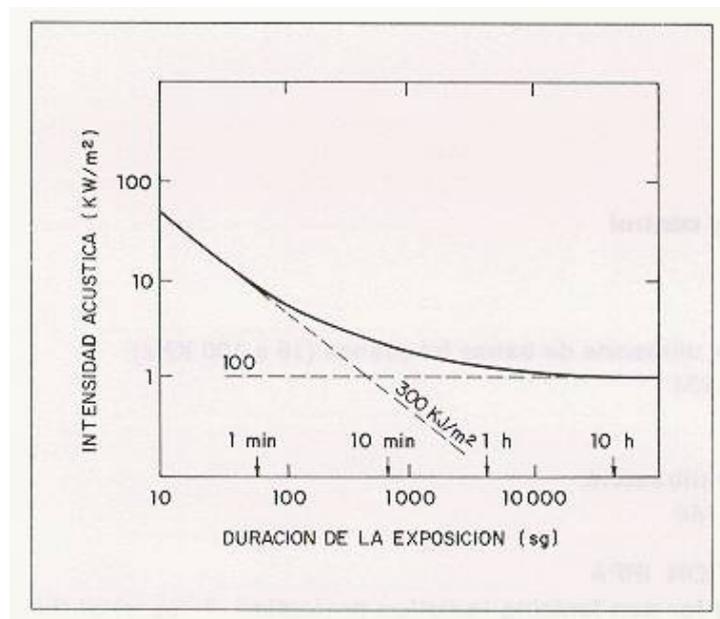
## Límites de exposición

Aunque en la actualidad existen diversidad de criterios más o menos coincidentes para valorar una exposición laboral a ultrasonidos vamos a referirnos a aquellos que por su aplicación práctica nos parecen más apropiados.

Límites de exposición a ultrasonidos transmitidos por contacto

Utilizaremos el criterio citado por Nyborg en 1978 que establece para diferentes tiempos de exposición los niveles de intensidad acústica máximos recomendables por debajo de los cuales considera que las personas expuestas no sufrirán efectos biológicos considerados como peligrosos.

Este criterio, que queda reflejado en la figura 1, considera con independencia del tiempo de exposición  $100 \text{ mW/cm}^2$  como el valor límite umbral por debajo del cual no se aprecian efectos biológicos, así como considera que se deben evitar exposiciones a intensidades mayores de  $10 \text{ W/cm}^2$ .

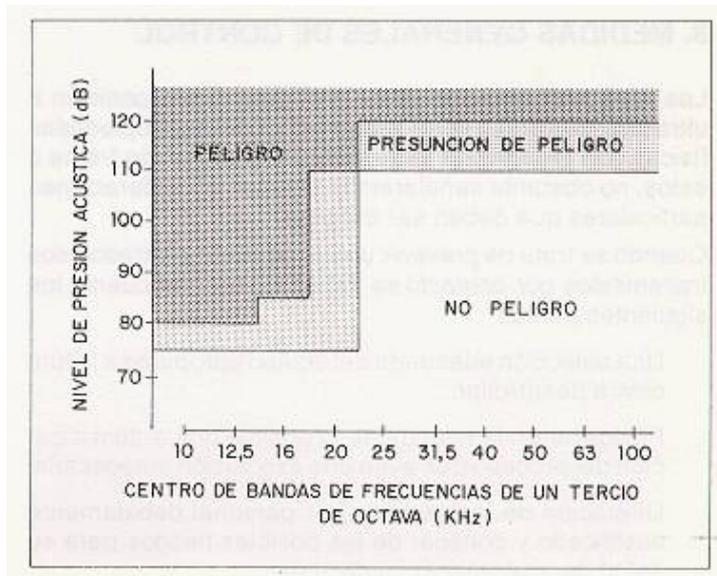


**Fig. 1: Límites de exposición por contacto propuestos por Nyborg en 1978**

## Límite de exposición a ultrasonidos por vía aérea

Referente a los límites de exposición a ultrasonidos por vía aérea existen reglamentaciones o recomendaciones en varios países que pudieran tener ciertas similitudes.

Ante lo extenso y poco operativo que resultaría el considerar algunas de estas recomendaciones por separado, parece lo más acertado el considerar para la práctica de las valoraciones un criterio provisional que aunara éstas, recogiendo las pequeñas discrepancias existentes entre todas ellas. Este criterio, al estado de situación del año 1985, queda recogida en la figura 2, y en él se observa para un tiempo de exposición de 8 h/día ó 40 h/semana, los niveles de presión acústica expresados en dB aconsejados para los diferentes centros de bandas de frecuencia de un tercio de octava.

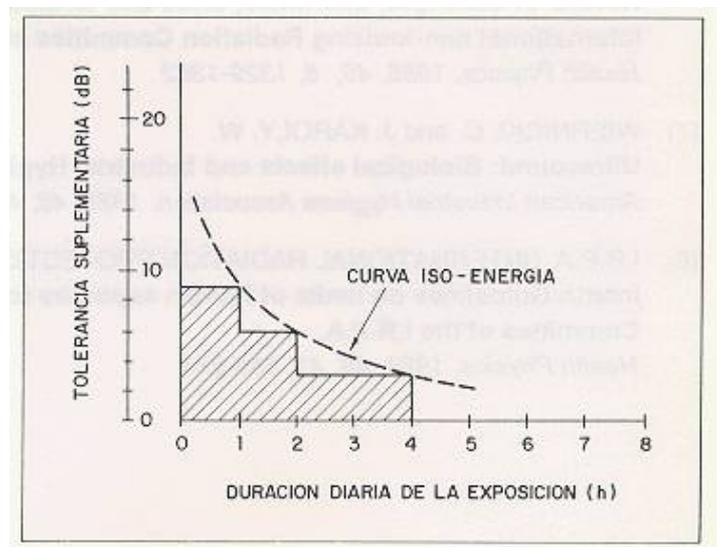


**Fig. 2: Límites máximos recomendados para exposición a ultrasonidos aéreos de baja frecuencia. Criterio provisional. Situación 1985**

Un análisis más exhaustivo de dicho criterio nos permite exponer la existencia de:

- Una zona por encima de los límites más elevados propuestos y en la cual es prácticamente seguro que existe peligro de sobreexposición.
- Una zona situada por debajo de todos los límites más bajos propuestos y en la que se puede decir que es prácticamente seguro que no hay peligro de sobreexposición.
- Una zona intermedia entre las dos anteriores en la que ante la ausencia de otra información se puede presumir una presunta sobreexposición.

Para exposiciones diferentes a 8 horas diarias se puede aceptar la proposición de corrección al criterio dado anteriormente y propuesto por la I.R.P.A. que queda reflejado en la figura 3.



**Fig. 3: Tolerancias suplementarias aceptables para exposiciones continuas a ultrasonidos aéreos de baja frecuencia. Situación 1985**

Dicho criterio basado en el principio de la isoenergía (misma energía acústica percibida en el transcurso de la jornada) incrementa a los niveles indicados anteriormente una cierta cantidad de intensidad en función de la disminución de la exposición diaria, incrementando para exposiciones de muy corta duración un máximo de 9 dB.

## Medidas generales de control

Las medidas generales de control para una exposición a ultrasonidos son en base a la similitud de las propiedades físicas con los sonidos semejantes a la actuación frente a estos, no obstante señalaremos algunas consideraciones particulares que deben ser tratadas.

Cuando se trata de prevenir una exposición a ultrasonidos transmitidos por **contacto** se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- Una selección adecuada del equipo apropiado a la función a desarrollar.
- Posibilitar en la medida de lo posible una automatización del proceso que evite una exposición innecesaria.
- Utilización de los equipos por personal debidamente cualificado y conocer de los posibles riesgos para su salud de un contacto inadecuado.
- Colocación de una señalización conveniente de las zonas donde existan focos o equipos emisores de ultrasonidos.
- Colocación de tapas a los equipos cuando no sea necesario su funcionamiento.

Cuando se trate de ultrasonidos transmitidos por vía aérea se deberán tener en consideración además de las medidas semejantes de lucha contra el ruido las siguientes:

- Efectuar guías o normas de trabajo.
- Colocar de encerramientos parciales o totales, pantallas o absorbedores para reducir los ultrasonidos.
- Alejamiento del foco productor.
- Reducción del tiempo de exposición.
- Utilización de protección personal para el aparato auditivo.

## Bibliografía

(1) HILL, C.R., HAAR, G.

**Non-ionizing radiation protection**

Copenhage. W. H. O. Regional Publications europeais Series, nº 10, 1982

(2) LOPEZ GARCIA, VICTORIANO

**Acústica**

Madrid. Index, 1970

(3) ACTOR, W.I.

**Exposure to Industrial ultrasound: hazards, appraisal y control**

Journal Occupational Medicine, 1983, 33, 107-113

(4) DAMONGEOT, A. et ANDRE, G.

**Limites de exposition aux sons aigus (8 a 16 Kz) et aux ultrasons de basse fréquence (16 a 100 KHz)**

Cahiers de notes documentaires, 1985, 3 trim., 120, 317-334

(5) DAMONGEOT, A et ANDRE G.

**Emissiona sonoras et ultrasonores lors du sodage par ultrasons.**

Cahiers de notes documentaires, 1986, 2º trim., 123, 151-166

(6) INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION. IRPA

**Review of concepts, quantities, units and terminology for non-ionizing radiation protection. A report of the International non-ionizing Radiation Committee of the International Protection Association**

Health Physics, 1985, 49, 6, 1329-1362

(7) WIERNICKI, C. and J. KAROLY, W.

**Ultrasound: Biological effects and Industrial Hygiene Concerns**

American Industrial Hygiene Association, 1985, 46, 46, 488-496

(8) I.R.P.A. (INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION)

**Interin Guidelines on limits of human exposure to air-borne ultrasound. International Non-ionizing Radiation Committee of the I.R.P.A.**

Health Physics, 1984, 46, 41, 969-974