



ASPECTOS ERGONÓMICOS DEL RUIDO: EVALUACIÓN

Teresa Álvarez Bayona

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

ÍNDICE

1. Nociones de acústica
 - 1.1. Ruido y Sonido
 - 1.2. Propiedades físicas
 - 1.3. Sensación sonora
 - 1.4. Tipos de ruido
 - 1.5. Medición
2. Bases anatómicas y fisiológicas de la audición
3. Efectos del ruido desde el punto de vista ergonómico
 - 3.1. Efectos auditivos del ruido
 - 3.2. Efectos extra-auditivos del ruido
 - 3.2.1. Efectos psicofisiológicos
 - 3.2.2. Efectos subjetivos
 - 3.2.3. Efectos sobre el comportamiento
 - 3.2.4. Efectos sobre la seguridad
4. Real Decreto 286/2006
5. Evaluación del riesgo por exposición a ruido en ergonomía
 - 5.1. Curvas de valoración
 - 5.2. Método SIL (Speech Interference Level)
 - 5.3. Índice de Ruido en Oficinas (IRO)
6. Medidas preventivas

Normativa legal y Normas técnicas

Bibliografía



1. NOCIONES DE ACÚSTICA

1.1. Ruido y Sonido

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, y que puede ser percibido por el oído.

En un entorno laboral, los sonidos proceden de distintas fuentes emisoras, por tanto los sonidos no van a ser puros¹ y tampoco van a seguir una armonía. Este sonido se va denomina ruido.

Se puede considerar que el ruido es un sonido molesto e indeseado. Esta definición tiene una componente de apreciación subjetiva por parte del oyente respecto a un fenómeno físicamente cuantificable.

Simplificando, se podría decir que el sonido es una vibración que el oído humano puede percibir. Si esta percepción tiene connotaciones negativas, el sonido se convierte en ruido.

Un mismo sonido puede ser considerado como agradable o desagradable por diferentes personas o incluso por una misma persona en diferentes momentos o situaciones, en función de diversos factores que se verán a lo largo del presente documento.

Diferencias del ruido con respecto a otros contaminantes

- Es un contaminante que se produce con facilidad. Necesita muy poca energía para ser emitido.
- Es complejo de medir y cuantificar.
- No deja residuos, no tiene efecto acumulativo en el medio, pero sí en el hombre.

¹ *Tono puro: Un sonido que emite en una única frecuencia*

- Su radio de acción es mucho menor que otros contaminantes: se encuentra localizado.
- Solo se percibe por un solo sentido: el oído, lo cual hace subestimar su efecto.

1.2. Propiedades físicas del sonido

Las principales propiedades que caracterizan al sonido son:

A. Presión acústica (volumen o intensidad)

Es la variación de presión, en relación con la presión atmosférica, que se produce cuando una onda sonora se propaga en un medio elástico como el aire. Es un parámetro muy útil por ser fácil de medir. Esta relacionada con la amplitud de onda (ver figura 1). Se puede clasificar los sonidos en fuertes y débiles en función de la presión acústica.

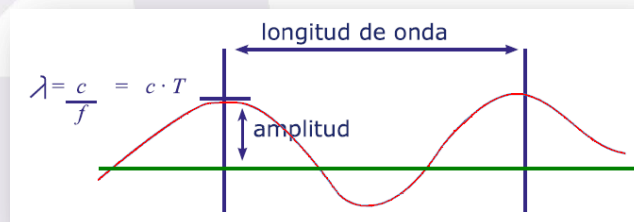


Fig. 1. Características de una onda

Para que las variaciones de la presión sean audibles, deben estar comprendidas en el rango de $20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}^2$ y 200 Pa o lo que es lo mismo, entre 20 y $200.000.000 \mu\text{Pa}$, lo que obligaría a utilizar para su cuantificación una escala de 10 millones de unidades, que resulta muy poco operativo.

² Pa- Pascal: unidad de medida equivalente a la presión uniforme que ejerce la fuerza de un newton sobre la superficie plana de un metro cuadrado.



Para solventar este problema se convierte esta escala en otra logarítmica, mediante una fórmula matemática, introduciendo el concepto de nivel de presión acústica, que se mide en decibelios (dB); así, se transforma la escala inicial de 20 millones de unidades en otra de 140 unidades en la que el *umbral de detección* (20 μPa) se hace corresponder a 0 dB y la máxima presión audible (200.000.000 μPa) corresponde a 140 dB, que a su vez es el *umbral del dolor*.

Todo esto implica que pequeñas diferencias en dB suponen en realidad un incremento importante de energía. El manejo de una escala logarítmica se debe realizar teniendo en cuenta que dos presiones acústicas de igual valor sumadas, van a resultar un nivel sonoro 3 dB superior a una de ellas. (65dB+ 65dB = 68 dB). En la figura 2 se representa un ábaco para calcular de forma aproximada la suma de dos niveles sonoros diferentes:

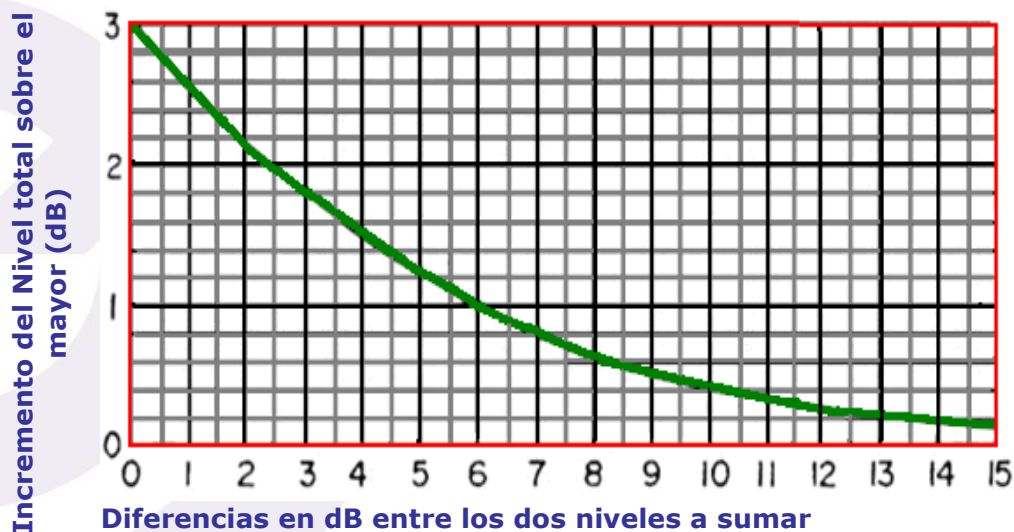


Fig. 2. Adición de Niveles Sonoros

B. Frecuencia (tono)

Es el número de variaciones de presión en un segundo, o bien el número de oscilaciones completas en una unidad de tiempo (es por tanto la inversa de la longitud de onda). Su unidad de medida es el Hertzio (Hz), que equivale a ciclos/segundo.

Así como la presión o intensidad acústica determina el volumen de un sonido, la frecuencia determina el tono: bajas frecuencias, tonos graves; altas frecuencias, tonos agudos.

El oído humano sólo es capaz de percibir sonidos cuyas frecuencias se sitúen entre 20 y 20.000 Hz y va a ser más perceptivo a unas frecuencias que a otras.

C. Reverberación

Es un concepto interesante desde un punto de vista ergonómico, pues va a influir en el grado de bienestar acústico de los trabajadores.

Cuando las ondas sonoras chocan contra un obstáculo, una parte es absorbida y otra parte se refleja, avanzando de nuevo con menor energía. Pueden volver a chocar, perdiendo más energía y avanzando de nuevo. El sonido que recibe el trabajador será la combinación entre el sonido del choque inicial y los reflejos que se siguen produciendo, aunque el foco haya dejado de emitir.

El Tiempo de Reverberación (TR) de un local, para una frecuencia dada, se define como el tiempo necesario (en segundos) para que el nivel de presión acústica disminuya 60 dB una vez suprimido el foco que lo originó. Este tiempo va a depender de la geometría del local, de sus materiales, etc.

Si el TR es muy prolongado se seguirán oyendo los sonidos anteriores cuando aparezcan los nuevos, provocando distorsiones que perjudican la inteligibilidad de la palabra. Además, tiende a producirse un aumento del nivel del ruido ambiente.

Si el TR es muy corto los sonidos suenan débiles, sobre todo si se está lejos de la fuente.

El Documento Básico HR «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación establece, en su apartado 2.2, unos valores límite para el TR:



- 1 *En conjunto los elementos constructivos, acabados superficiales y revestimientos que delimitan un aula o una sala de conferencias, un comedor y un restaurante, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que:
 - a) *El tiempo de reverberación en aulas y salas de conferencias vacías (sin ocupación y sin mobiliario), cuyo volumen sea menor que 350 m^3 , no será mayor que 0,7 s.*
 - b) *El tiempo de reverberación en aulas y en salas de conferencias vacías, pero incluyendo el total de las butacas, cuyo volumen sea menor que 350 m^3 , no será mayor que 0,5 s.*
 - c) *El tiempo de reverberación en restaurantes y comedores vacíos no será mayor que 0,9 s.**
- 2 *Para limitar el ruido reverberante en las zonas comunes los elementos constructivos, los acabados superficiales y los revestimientos que delimitan una zona común de un edificio de uso residencial o docente colindante con recintos habitables con los que comparten puertas, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción acústica equivalente, A, sea al menos $0,2 \text{ m}^2$ por cada metro cúbico del volumen del recinto.*

1.3. Sensación sonora

Como se ha comentado, el oído humano discrimina la frecuencia de la onda sonora (entre 20 y 20.000 Hz) y el nivel de presión acústica (entre 20×10^{-6} y 200 Pa). Esta discriminación no es lineal, es decir, el oído no se comporta igual frente a un aumento de presión sonora en las distintas frecuencias, sino que atenúa la sensación en las frecuencias de 20 a 1000 Hz (graves), amplifica entre 1000 y 5000 (agudas) y vuelve a atenuar a partir de 5.000 (muy agudas). Es decir, para una misma sensación sonora, se necesita más presión acústica a frecuencias bajas (< 1000) y altas (> 5000). Por ello, se ha de medir el ruido utilizando un dispositivo en la cadena de medición que permita determinar los niveles de presión acústica de forma similar a como los percibe el oído humano, es decir, se debe aplicar determinados "filtros de corrección" o que es lo mismo "escalas de ponderación". En la figura 3 se representa diferentes escalas de ponderación, siendo la escala A la empleada principalmente para evaluar el ruido en los lugares de trabajo, por ser el que más se asemeja al comportamiento del oído humano:

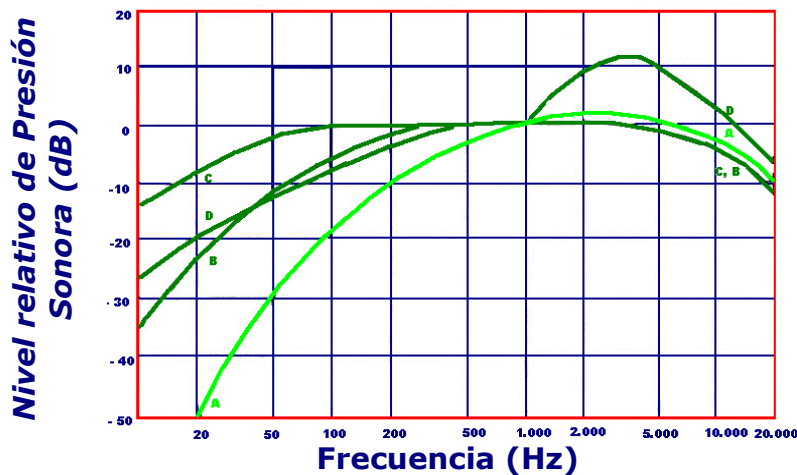


Fig. 3. Diferentes escalas de ponderación

1.4. Tipos de ruido

Atendiendo a la forma de presentación temporal, el ruido se clasifica en:

- Continuo: Si su nivel es prácticamente constante a lo largo del tiempo. (Por ejemplo el generado por un ventilador).
- Intermitente: Si el nivel sonoro varía de forma escalonada y bien definido. (Por ejemplo el ruido procedente de una sierra de cinta).
- Variable: Si su nivel sonoro varía de forma continua en el tiempo pero sin ningún patrón definido. (Por ejemplo el ruido que se genera en talleres mecánicos).
- De impacto o de impulso: El nivel sonoro presenta picos de alta intensidad y muy corta duración. (Por ejemplo el ruido producido en el momento de corte con una prensa)

1.5. Medición

A la hora de realizar una medición del ruido, se pueden emplear diferentes instrumentos:

El sonómetro mide de forma directa el nivel de presión sonora de un ruido, ya sea instantáneo (sonómetro convencional) o promediado en el tiempo (sonómetro integrador). Presenta la lectura en decibelios (dB). El sonómetro convencional sirve para medir ruido estable, mide el **Nivel de Presión Acústica Ponderado A³** (LpA), mientras que el sonómetro integrador sirve para todo tipo de ruido en puestos fijos y mide el **Nivel de Presión Acústica Equivalente Ponderado A⁴** (LAeq,T)

El dosímetro es un monitor de exposición que utiliza un micrófono y una serie de circuitos medidores de presión sonora. La dosis acumulada en el tiempo se refleja en un monitor que permite conocer el % de dosis de ruido recibido, ya sea durante toda la jornada laboral o a lo largo de un determinado número de ciclos de trabajo. Sirve para todo tipo de ruidos en puestos fijos y móviles.

Se debe tener en cuenta que, de acuerdo con la legislación, tanto los sonómetros como los sonómetros-integradores, los calibradores acústicos y los dosímetros, deben someterse al control metrológico según la **ORDEN ITC/2845/2007**, de 25 de septiembre, que establece que los nuevos sonómetros y sonómetros integradores-promediadores deben cumplir los requisitos establecidos en la norma **UNE-EN 61672:2005**, los calibradores acústicos los de la norma **UNE-EN 60942:2005** y los dosímetros los de la norma **UNE-EN 61252:1998** (y su modificación **UNE-EN 61252/A1:2003**). Todos los equipos sometidos a dicha orden deben pasar una verificación anual.

Para realizar mediciones desde un punto de vista ergonómico adquiere una importancia especial el *analizador de frecuencias*. Es una función que permite a los sonómetros-

³ **Nivel de Presión Acústica Ponderado A** (LpA): Valor del nivel de presión acústica, en decibelios, determinado con el filtro de ponderación frecuencial A, dado por la siguiente expresión:

$$L_{pA} = 10 \lg \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2$$

donde P_A es el valor eficaz de la presión acústica ponderada A, en pascuales y P_0 es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ pascuales).

⁴ **Nivel de Presión Acústica Equivalente Ponderado A** (LAeq,T): El nivel, en decibelios A, dado por la expresión:

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

donde $T = t_2 - t_1$ es el tiempo de exposición del trabajador al ruido



promediadores y dosímetros descomponer el ruido en sus diferentes frecuencias (por ejemplo en [bandas de octava](#)⁵). Es interesante porque los efectos del ruido (auditivos y extra-auditivos) sobre el ser humano no solo dependen de la presión, sino también de la frecuencia.

2. BASES ANATÓMICAS Y FISIOLÓGICAS DE LA AUDICIÓN

El oído se divide en tres partes (figura 4).

Oído externo: Está formado por el pabellón auditivo y el conducto auditivo externo. Termina en el tímpano. Transforma la onda que produce una presión, en movimiento (vibración) de la membrana del tímpano.

Oído medio: Se encuentra entre el tímpano y la membrana oval y está formado por una cadena de huesecillos móviles (martillo, yunque y estribo) que conducen la vibración hasta la ventana oval.

Oído interno: Se encuentra el caracol (o cóclea), en el que están las células ciliadas del órgano de Corti bañadas por un líquido y que enlazan con las terminales nerviosas del nervio auditivo.

El proceso de audición empieza cuando las ondas sonoras son captadas por el pabellón auditivo y llegan por el conducto auditivo externo al tímpano. Mediante vibraciones se transmiten las ondas a la cadena de huesecillos que a su vez se mueven y transmiten esta vibración. La onda acústica se transforma aquí en una vibración mecánica. Esta

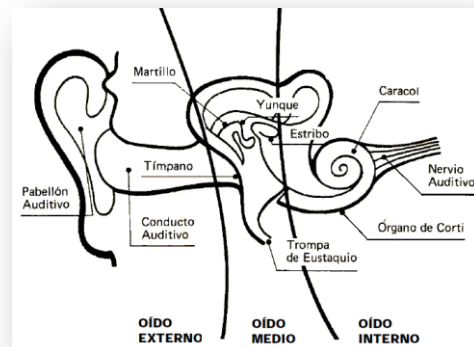


Fig. 4. Partes del oído

⁵ **Banda de octavas:** Una banda es un intervalo de frecuencias definido por una frecuencia inferior y otra superior. En acústica se suele emplear las bandas de octava en la que la frecuencia superior es el doble de la inferior.

vibración pasa por la ventana oval al caracol, cuyo líquido se mueve y estimula las células del órgano de Corti, que son de estructura nerviosa. En ese momento la vibración mecánica se convierte en un impulso eléctrico que constituye ya el estímulo nervioso. Las células de Corti enlazan con la red de nervios que llega a la superficie del cerebro (córtex auditivo). Es ahí donde se produce la interpretación de dicha señal. Por tanto el oído tiene la función de *transductor*⁶ y no discrimina las fuentes.

El proceso de percepción de un estímulo sonoro se produce de manera que el oído interno transforma la señal física (mecánica) en una señal nerviosa. Esa señal se transmite por el nervio auditivo al cerebro donde se integra y se interpreta (figura 5).



Fig. 5. Proceso de percepción

En el oído interno existen conexiones nerviosas no sólo al nervio auditivo, existen otras conexiones indirectas a otros sistemas como el Límbico, Neuroendocrino y Sistema nervioso Autónomo. Debido a estas conexiones de las vías acústicas con otros sistemas se producen efectos extra-auditivos del ruido.

⁶ *Transductor*: Dispositivo que transforma el efecto de una causa física (en este caso la presión) en otro tipo de señal (eléctrica)

3. EFECTOS DEL RUIDO DESDE EL PUNTO DE VISTA ERGONÓMICO

3.1. Efectos auditivos del ruido

El efecto más conocido y preocupante de la exposición al ruido es la pérdida de la capacidad auditiva. Este efecto depende fundamentalmente del nivel de presión acústica y del tiempo de exposición.

El estudio del efecto auditivo no va a ser tratado con detalle al no ser objeto de este documento.

Sin embargo se debe recordar que la hipoacusia producida por exposición al ruido, puede ser de dos tipos: de *conducción* y de *percepción o neurológica*.

- ▶ La pérdida conductiva se puede deber a la rotura del tímpano o a una dislocación de los huesos del oído medio. Se origina por una onda sonora de elevada energía, como por ejemplo una explosión.
- ▶ La exposición prolongada al ruido puede producir una pérdida auditiva por lesión neural en las células del órgano de Corti, originándose un daño que se puede convertir en un proceso irreversible y permanente

3.2. Efectos extra-auditivos del ruido

El ruido no sólo afecta al oído, puede producir daño en otros órganos, dando lugar a una serie de efectos extra-auditivos.

La prevención de estos efectos entra dentro del ámbito de actuación de la ergonomía y son el objeto principal de este documento.

3.2.1. Efectos psicofisiológicos

Se pueden observar efectos fisiológicos tanto *motores* (contracciones musculares), *vegetativos* (variaciones en la frecuencia cardiaca, vasoconstricción periférica, aumento de la presión sanguínea, ralentización de los movimientos respiratorios, etc.) y *electroencefalográficos*.

Las respuestas podrán ser:

- ▶ **A corto plazo:** respuestas psicofisiológicas inmediatas provocadas por cambios cualitativos o cuantitativos en el ruido. Como ejemplos está el "*reflejo de orientación*" y el "*reflejo de sobresalto*". El primero está relacionado con los procesos de atención e implica redirección de los órganos sensitivos hacia la fuente de ruido y una serie de respuestas fisiológicas, como disminución de la frecuencia cardiaca, del flujo y la presión sanguínea, y aumento de la secreción de las glándulas sudoríparas. El reflejo de sobresalto implica parpadeo, sacudida muscular y aumento de las frecuencias cardiaca y respiratoria.

Ambas respuestas son cortas y débiles y no suelen tener consecuencias importantes, pero sirven como indicadores de la capacidad del ruido para distraer la atención.

- ▶ **A largo plazo:** el ruido produce modificaciones fisiológicas que pueden afectar a la salud. Estos efectos dependen también del tipo de actividad, de las exigencias de la tarea, de las condiciones de ejecución, de la duración del trabajo con exposición al ruido y de las características de cada individuo. Los efectos se pueden clasificar en:

Efectos cardiovasculares: Son los más estudiados. Se ha comprobado que durante la exposición a ruido se produce vasoconstricción periférica y se eleva la presión diastólica. También se sabe que entre trabajadores expuestos a ruido son más frecuentes los trastornos cardiovasculares, sobre todo, la hipertensión. No obstante, los trastornos cardiacos dependen además de factores como la



reactividad vegetativa del trabajador, del carácter previsible o no del ruido, de la actividad y de otros factores.

Efectos hormonales: El ruido afecta a la secreción de las “hormonas del estrés”: catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) y hormonas corticosuprarrenales (cortisol), pero este efecto varía en función de la actividad, de la tarea y de factores físicos y psicosociales. Se ha comprobado también un incremento significativo de la Hormona del Crecimiento (GH), que es un importante marcador del estrés.

Efectos sobre el sueño: Las personas expuestas a ruido durante el día pueden sufrir alteraciones del sueño tanto sobre la calidad como cantidad del mismo. Se reduce tanto el número como la duración de los ciclos del sueño. El ruido también puede provocar el efecto contrario, inducir sueño, especialmente en el caso de ruidos de baja frecuencia, monótonos y repetitivos.

3.2.2. Efectos subjetivos

El efecto subjetivo más conocido que produce el ruido es la sensación de desagrado y molestia.

Es muy difícil establecer unos valores a partir de los cuales se produce sensación de molestia, ya que cada persona va a valorar el ruido de una manera diferente. Por ejemplo, un mismo ambiente acústico puede ser molesto para una persona y no para otra. Esta situación dificulta el estudio objetivo del problema. La valoración de los aspectos relacionados con la producción del ruido (frecuencia e intensidad) son sencillos de determinar, sin embargo otro tipo de factores que influyen sustancialmente, como son el contexto psicosocial, la actitud personal hacia la fuente de ruido, la actividad, la tarea, etc, son mucho más complicados de valorar objetivamente.

La evaluación subjetiva del ruido se realiza mediante cuestionarios y escalas de autovaloración. De la relación entre estas evaluaciones subjetivas y las características físicas del sonido surgen las *bases psicoacústicas del ruido*, que ha permitido el

desarrollo de una serie de índices acústicos cuyo objetivo es valorar el grado de molestia de una forma más objetiva (véase en el apartado 5).

Los factores más relacionados con estos efectos son:

- ▶ Intensidad: si se aumenta el nivel de un ruido, el aumento del nivel de molestias será proporcional, pero entre dos ruidos diferentes no siempre el más molesto es el de mayor intensidad.
- ▶ Frecuencia: dado que el oído humano es más sensible a las frecuencias altas, éstas se perciben como más ruidosas en igualdad de condiciones.
- ▶ Variabilidad temporal: cuando el ruido varía en el tiempo, hay menos riesgo de daños objetivos que si es constante, pero en cuanto a reacciones subjetivas, la variabilidad es en sí misma una característica molesta.
- ▶ Relación señal-ruido: cuando un ruido enmascara palabras o sonidos que el trabajador cree relevantes (señales), se considera especialmente molesto.
- ▶ Contenido informativo: si el contenido informativo es útil (ruidos que avisan de anomalías, etc.), los ruidos se consideran más aceptables que si no llevaran ninguna información.
- ▶ Predictibilidad y controlabilidad: los ruidos imprevisibles irritan más que los rutinarios o periódicos. Cuando un trabajador puede controlar la producción de un ruido está menos molesto que si no puede hacerlo.
- ▶ Actitud respecto a la fuente del ruido: un trabajador a disgusto con una máquina determinada estará especialmente molesto por el ruido de esa máquina.
- ▶ Actividad en curso: en la evaluación subjetiva influyen las exigencias de la tarea y la carga de trabajo.
- ▶ Necesidad de ruido: un ruido se considera más aceptable cuando es consecuencia inevitable de la actividad desarrollada.
- ▶ Diferencias individuales: existen diferencias interindividuales en cuanto a la sensibilidad al ruido, de forma que un mismo ambiente acústico provoca respuestas que pueden ser muy distintas en diferentes personas.

3.2.3. Efectos sobre el comportamiento

En el ámbito laboral, los efectos más estudiados del ruido sobre el comportamiento han sido los que afectan al *rendimiento* y al *comportamiento social*, especialmente a la comunicación.

► Efectos sobre el rendimiento

Los efectos del ruido sobre el rendimiento (entendido como la eficacia del sujeto en la realización de su trabajo) son complejos y afectan de distinta manera a diferentes actividades, dependiendo de factores como las características del ruido (intensidad, frecuencia, tipo, significación...), la posibilidad de previsión y control del mismo, naturaleza y exigencias de la tarea, duración, variables psicofisiológicas del individuo (sensibilidad, estado funcional, motivación...) y la presencia de otros factores ambientales molestos.

No hay efectos claramente definidos del ruido sobre el rendimiento de la tarea. Un mismo tipo de ruido podría disminuir la concentración en unos casos o ser estimulante en otros. En tareas que requieren un nivel de concentración elevado introducir un ruido puede afectar negativamente, mientras que ese mismo ruido presente en tareas monótonas o repetitivas puede resultar estimulante.

Los efectos nocivos del ruido parecen estar asociados fundamentalmente con tareas en las que los trabajadores tienen que aplicar conocimientos, pensar detenidamente y llegar a conclusiones. Esto involucra a la memoria a corto y largo plazo. Se ha demostrado (Weinstein, 1977) que en una prueba de lectura, un ruido entre 68 y 70 dB(A) impide significativamente la detección de errores gramaticales (tarea basada en el conocimiento), pero no afecta a la habilidad de detectar errores ortográficos (tarea basada en reglas).

Por lo tanto, el ruido provoca disminución de la atención y deteriora especialmente la realización de trabajos que requieren concentración, rapidez o destreza. El trabajador debe hacer un esfuerzo suplementario para aislarse del ruido, lo que se traduce en un mayor desgaste y un aumento de la fatiga mental. Aunque también hay que tener en



cuenta, que el ruido en ocasiones, puede no afectar, incluso puede ser un aspecto positivo, para el desempeño por ejemplo de tareas rutinarias o basadas en la destreza.

En general, se puede observar que el ruido casi siempre es molesto para el trabajo, y que las actividades que demandan un esfuerzo de atención más alto y más sostenido son más sensibles al ruido.

► Efectos sobre el comportamiento social

Efectos psicosociales. La mera presencia de ruido, por sí sola e independientemente de sus características, provoca un conjunto de sensaciones desagradables y molestias que pueden manifestarse en el comportamiento individual y social de los trabajadores expuestos. Si la exposición es crónica, los trabajadores se vuelven irritables, manifiestan tendencias agresivas, son menos atentos con los compañeros y poco proclives a ayudarles. Las relaciones interpersonales se hacen más difíciles, tanto por la fatiga que se genera como por el tiempo de recuperación auditiva tras el trabajo y las alteraciones de comportamiento que se pueden ocasionar. Los efectos que a este nivel se pueden producir son:

- Dificultades de comunicación, como se verá más adelante.
- Perturbaciones del reposo y descanso.
- Perturbaciones del sueño nocturno.
- Disminución de la capacidad de concentración.
- Sensación de malestar: empieza a manifestarse a partir de 35 dB(A), estando el umbral en 65 dB(A), según la Organización Mundial de la Salud.

Efectos sobre la comunicación. El ruido puede dificultar la comunicación hablada en el puesto de trabajo (la comprensión de los mensajes verbales), lo que repercute en la seguridad, el proceso productivo y las relaciones personales y profesionales. La dificultad para comunicarse con los compañeros durante la jornada laboral aumenta el aislamiento de los trabajadores y hace más penosas

las condiciones de trabajo. La interferencia del ruido en la comunicación verbal depende de los siguientes factores:

- Nivel de presión acústica (intensidad).
- Espectro del ruido existente (frecuencia).
- Tono de voz empleado.
- Distancia entre los interlocutores.
- Exigencias conversacionales de la tarea.

La comunicación en ambientes ruidosos aumenta la carga de trabajo tanto en el emisor como en el receptor: uno debe elevar la voz y el otro debe incrementar la atención para comprender el mensaje. La dificultad de comprensión aumenta cuando el trabajador debe prestar atención simultáneamente al mensaje verbal y a señales provenientes de otras fuentes.

Existen diversos métodos para establecer unos niveles máximos o recomendados de ruido que permitan mantener la comunicación dentro de unos niveles aceptables, siendo el Método SIL (Speech Interference Level) uno de los más empleados. Este método establece los niveles máximos de ruido aceptables para el rango de frecuencias conversacionales (entre 500 y 4000 Hz).

3.2.4. Efectos sobre la seguridad

Parece ser que en ambientes ruidosos los trabajos son 2 ó 3 veces más peligrosos que los efectuados en ambientes silenciosos, pero no se ha demostrado que la causa directa sea el ruido y, por lo tanto, no se puede establecer una relación causal entre ruido y accidentes.

En todo caso, el ruido es un factor potencial de riesgo para la seguridad o, al menos, favorece el error humano, pues enmascara los sonidos portadores de información útil (señales de alarma, avisos peligrosos, mensajes de advertencia de peligro...), interfiere en la comunicación y desvía la atención.



4. REAL DECRETO 286/2006

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido es el principal referente normativo vigente en España para la protección de los trabajadores frente a los efectos nocivos derivados de la exposición al ruido. Su objeto según el artículo 1 es:

"establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición".

Los conceptos básicos que se indican en esta normativa son:

- ▶ La responsabilidad de su aplicación recae sobre el empresario, tanto en lo que se refiere a la evaluación como a la adopción de medidas técnicas y organizativas a adoptar.
- ▶ El principio básico es eliminar el riesgo en el origen o reducirlo al nivel más bajo posible, basándose en los principios establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995.
- ▶ Se debe efectuar una evaluación de riesgos basada en la medición, excepto para los casos en los cuales la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma.
- ▶ Los valores de exposición son:

	Nivel Sonoro continuo equivalente A (L _{aeq})	Nivel Pico
valores límite de exposición	87 dB(A)	140 dB(C)
Valor Superior que da lugar a una acción	85 dB(A)	137 dB(C)
Valor Inferior que da Lugar a una acción	80 dB(A)	135 dB(C)

- ▶ La evaluación requiere una revisión periódica en función del nivel de ruido.
- ▶ Se debe llevar a cabo una vigilancia de la salud con control audiométrico con una periodicidad determinada.



- ▶ Se debe establecer unas pautas de utilización de protectores auditivos individuales, teniendo en cuenta las posibles excepciones.
- ▶ Se debe establecer los criterios de formación, información, consulta y participación de los trabajadores.

El cumplimiento de esta norma tiene como principal objetivo la protección de los trabajadores principalmente de los efectos auditivos. No se puede garantizar que por debajo de 80 dB(A) no se produzcan efectos extra-auditivos, como se va a comentar a continuación.

5. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A RUIDO EN ERGONOMÍA

Independientemente de la metodología de evaluación que se considere, hay que comenzar por realizar un análisis de la tarea lo más detallado posible, obteniendo el mayor número de datos en cuanto a: número de trabajadores, jornada, tipo de trabajo (necesidad de concentración, dificultad de la tarea, etc.), fuentes de ruido, distribución temporal del mismo a lo largo de la jornada, acústica del local, etc.

Los ruidos pueden provocar diferentes efectos en el organismo, así que, dependiendo del objetivo de la evaluación, se deben emplear unos métodos u otros. No va a ser lo mismo evaluar la dificultad en la concentración para realizar una tarea que evaluar la capacidad de comunicación en un entorno ruidoso.

Por tanto, el primer paso será la **identificación de las fuentes de ruido**. En general, se pueden considerar cuatro fuentes principales de ruido:

- ▶ Ruido exterior: tráfico rodado, tráfico aéreo, obras públicas, actividades comunitarias (espectáculos, manifestaciones, etc).
- ▶ Ruido de las instalaciones: ascensores, conducciones de agua, instalación lumínica y, sobre todo, el sistema de ventilación y climatización.

- ▶ Ruido de máquinas y equipos: impresoras, fotocopiadoras o cualquier otro tipo de máquina, teléfonos, ordenadores, en definitiva, equipos para la realización del trabajo.
- ▶ Ruido producido por las personas: movimiento de las personas o sus actividades (grapar, dar golpes...) y, sobre todo, las conversaciones, especialmente aquellas en las que el trabajador no está directamente implicado y que son inteligibles.

El segundo paso debería consistir en determinar qué **características del ruido, de la actividad y del individuo**, hace que se considere ese ruido molesto. Existen cuatro clases principales de variables que influyen en el grado de molestia:

- ▶ Características físicas del ruido:
 - Nivel de presión sonora.
 - Frecuencia.
 - Variabilidad.
- ▶ Características no físicas del ruido:
 - Contenido en información.
 - Predictibilidad.
- ▶ Características del individuo:
 - Actitud del trabajador.
 - Sensibilidad específica frente al ruido, edad, etc
- ▶ Actividad desarrollada:
 - Complejidad de la tarea.

5.1. Cumplimiento normativo

Una vez que se dispone de toda la información necesaria se debe proceder a determinar la metodología de la evaluación. En primer lugar, habrá que asegurarse de no sobrepasar los valores que se establecen en el RD 286/2006, bien a través de la observación de un técnico competente o bien a través de una medición. Pero como se ha comentado anteriormente, hay que tener en cuenta, que no queda demostrado que el cumplimiento de estos valores proteja frente a riesgos no auditivos, por este motivo,

la evaluación no puede finalizar en este punto, en especial si se ha detectado posibles molestias a los trabajadores. Este RD establece la metodología de evaluación, así como los valores límites, los equipos de medición y la metodología para llevar a cabo dichas mediciones.

Desde un punto de vista ergonómico no existe una normativa tan clara como en el caso anterior que indique cómo se debe llevar a cabo esta evaluación. Lo que sí está claro es que se debe evaluar. Por ejemplo, en el [RD 486/1997](#), sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en los lugares de trabajo, en su anexo III, punto 2 se establece que:

"...en la medida de lo posible, las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben constituir una fuente de incomodidad o molestia para los trabajadores".

Hay otro tipo de normativa que se debe tener en cuenta ya que desarrolla diversos criterios técnicos y facilita valores de referencia sobre confort acústico. Las más importantes son:

- ▶ [Real Decreto 1371/2007](#), de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. En el artículo 14 del Código Técnico de Edificación, se establece las exigencias básicas de protección frente al ruido proporciona los criterios acústicos para las obras de nueva construcción y reformas en los edificios ya existentes, sustituyendo los criterios de la Norma Básica de la Edificación NBE CA-88. Los valores definidos en el DB-HR aseguran el cumplimiento de las exigencias básicas y proporcionan soluciones técnicas de reducción del ruido con los valores necesarios de atenuación de los aislamientos, así como el sistema de verificación acústica de las edificaciones.
- ▶ [Real Decreto 1367/2007](#), de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.



En los anexos II y III de este real decreto se indican valores de **niveles de inmisión**⁷ que no deben superarse para dar cumplimiento a los objetivos de calidad acústica y que se considerarán valores admisibles de referencia para evitar la existencia de molestias y alteraciones en el sueño.

- ▶ Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) actual.

Este reglamento recomienda unos valores para los sistemas de aire acondicionado, los cuales suelen ser una de las principales causas de molestias por ruido. En su artículo 11.4 sobre *Bienestar e higiene*, establece que:

"en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de las instalaciones térmicas estará limitado".

La instrucción técnica IT 1.1.4.4 sobre *Exigencia de calidad del ambiente acústico* se remite al cumplimiento de lo establecido en el documento DB-HR, en cuyo apartado 3.3.2.2 denominado *Equipos situados en recintos protegidos*, establece el nivel de potencia acústica (L_w) máximo de un equipo que emita ruido, como puede ser el caso de un sistema de aire acondicionado. Este nivel de potencia no debe superar los valores del nivel sonoro equivalente estandarizado, ponderado A, $L_{Aeq,T}$ establecido para cada tipo de recinto (tabla 1):

⁷ *Nivel de Inmisión: nivel acústico medio existente durante un período de tiempo determinado, medido en un sitio determinado*



Uso del Edificio	Tipo de Recinto	$L_{Aeq,t}$ dB(A)
Sanitario	Estancia	35
	Dormitorios y Quirófanos	30
	Zonas Comunes	40
Residencial	Dormitorios y estancias	30
	Zonas comunes y servicios	50
Administrativo	Despachos profesionales	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura y Conferencias	35
	Zonas Comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura y Conferencias	35
	Zonas Comunes	50
Cultural	Cines y Teatros	30
	Sala Exposiciones	45
Comercial		50

Tabla 1. Valores de nivel sonoro continuo equivalente estandarizado ponderado A ($L_{Aeq,T}$) del RITE

5.2. Cuestionarios subjetivos

Los cuestionarios de tipo subjetivo resultan útiles como primera aproximación. En este tipo de cuestionario el trabajador manifiesta su conformidad o disconformidad con una serie de factores, pudiendo ponerse ya de manifiesto la existencia de determinadas quejas, fuentes de ruido molestas, el número de afectados, los periodos y horarios especialmente problemáticos, etc. En muchas ocasiones, un cuestionario de este tipo será suficiente, puesto que la información que de él se obtenga marcará el camino a

seguir. Sin embargo, otras veces esta información no bastará para detectar el problema, por lo que se deberá recurrir a otro tipo de herramientas, que incluirían la medición objetiva de una serie de parámetros. El INSHT dispone de un cuestionario denominado "*Ruido: Evaluación y Acondicionamiento ergonómico*", muy útil en este punto.

Además de estos cuestionarios y criterios técnicos, existen diversos métodos de evaluación, desarrollados por distintos autores y basados en aspectos diferentes, de los cuales se van a describir con detenimiento, por ser los más utilizados en ergonomía, los siguientes:

- ▶ Curvas de valoración (NR, NC/PNC, RC).
- ▶ Método SIL (Speech Interference Level).
- ▶ Índice de Ruido en Oficinas (IRO).

5.3. Curvas de valoración

Son una familia de métodos basados en unas curvas que se han obtenido mediante pruebas subjetivas realizadas a colectivos de personas ocupadas en diferentes actividades. Así, en función del tipo de actividad que se esté realizando, se eligen las curvas que delimitan las condiciones de **confortabilidad acústica** y cuyos valores no deben ser superados por los niveles medidos.

a. Curvas NR

Uno de los criterios más utilizados son las curvas NR (Noise Rating), desarrolladas en la norma UNE 74022-81 que actualmente está anulada, lo que no ha impedido que siga teniendo un uso muy extendido.

Las curvas NR (figura 6) son una familia de curvas de las cuales seleccionaremos una u otra en función de parámetros como el tipo de actividad o el local.

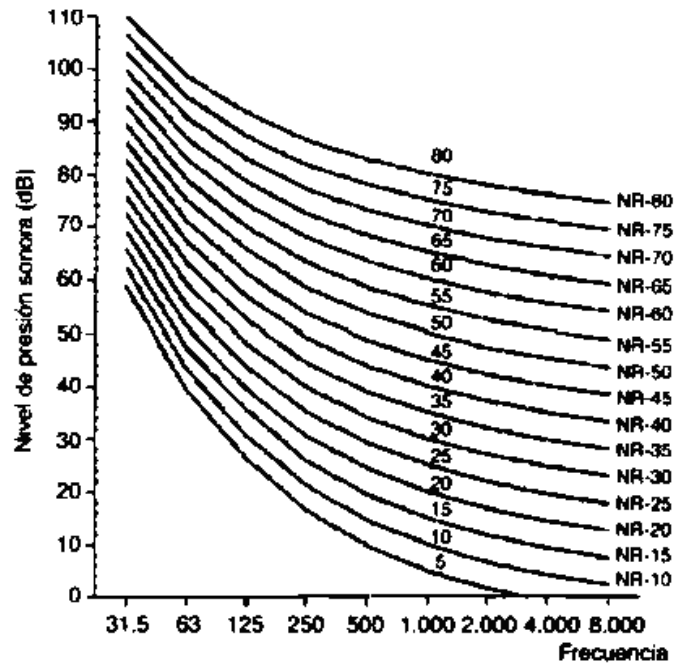


Fig. 6. Curvas NR

La siguiente tabla (tabla 2) representa algunos ejemplos de actividades o locales y las curvas NR que se deberían seleccionar:

Local-actividad	Intervalo de curvas NR
Talleres	60-70
Oficinas mecanizadas	50-55
Gimnasios, salas de deporte, piscinas	40-50
Restaurantes, bares y cafeterías	35-45
Despachos, bibliotecas, salas de justicia	30-40
Cines, hospitales, iglesias, pequeñas salas de conferencias	25-35
Aulas, estudios de televisión, grandes salas de conferencias	20-30
Salas de concierto, teatros	20-25
Clínicas, recintos para audiometrías	10-20

Tabla 2. Intervalo de curvas NR aceptables

Para aplicar este método se debe obtener el análisis de frecuencias del ruido objeto de estudio. Se intercala esas frecuencias en el gráfico de curvas NR y se elige una curva NR como criterio de referencia. Se compara el espectro del ruido con la curva referencia y si alguna frecuencia del espectro está por encima de la curva de referencia, posiblemente habrá molestias. Este método, nos da información sobre las frecuencias que se deberán atenuar para reducir las molestias del ruido, que serán aquellas que quedan por encima de la curva de referencia.

Si el ruido fuera de tipo impulso, se debe realizar una serie de correcciones teniendo en cuenta el contenido del espectro de frecuencias y la duración de la exposición.

b. Curvas NC y PNC

Las curvas NC (Noise Criteria) fueron las primeras en utilizarse (1957), pretendiendo originalmente relacionar el espectro de un ruido con la perturbación que producía en la comunicación verbal. Tenía en cuenta los niveles de interferencia verbal y los niveles de sonoridad. Así, este método presentaba ciertas limitaciones en la evaluación de ruidos con espectros centrados en la zona de frecuencias bajas o altas, por lo que se desarrollaron en el año 1971 las curvas PNC (Preferred Noise Criteria), que corrigen y modifican las curvas NC, principalmente en ese aspecto.

c. Curvas RC y RC Mark II

Las curvas RC (Room Criteria) (1981) consideran criterios de enmascaramiento de comunicación de discurso y la vibración inducida por ruido en frecuencias bajas, incluyen bandas de octava por debajo de los 16 Hz. Más tarde, los años de experiencia mostraron la necesidad de ciertos refinamientos en la técnica RC, dando lugar al método RC Mark II, que proporciona información útil tanto sobre el nivel de presión sonora como sobre el carácter subjetivo de un espectro sonoro, diferenciando por ejemplo la molesta sensación de retumbo, zumbido o pitido.

5.4. Método SIL (Speech Interference Level)

Este método constituye un método simple para estimar o evaluar la inteligibilidad verbal en los casos de **comunicación directa** en un ambiente ruidoso

Hasta la publicación de la norma UNE-EN ISO 9921:2004, el método SIL (Speech Interference Level) establecía la distancia recomendable que debía existir entre emisor y receptor para evitar la pérdida de información por el ruido ambiente existente. Con la modificación contemplada en esta norma, el método SIL ya no recomienda distancias óptimas, sino que es una estimación de las interferencias producidas por el ruido ambiental durante una comunicación oral así como una evaluación de la inteligibilidad verbal.

La interferencia en la comunicación verbal depende de los siguientes aspectos:

- ▶ Nivel sonoro en las frecuencias de la comunicación verbal (500, 1000, 2000 y 4000 Hz) durante el intervalo de comunicación.
- ▶ Tono de voz a emplear (esfuerzo vocal)
- ▶ Distancia entre emisor y receptor
- ▶ Contenido de la tarea

El nivel de interferencia verbal del ruido en el oído del oyente (L_{SIL}) es la media aritmética de los niveles de presión sonora en las bandas de octava para las frecuencias conversacionales de 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz:

$$L_{SIL} = \left[\frac{1}{4} \sum L_{N,oct,j} \right] \text{dB (A)}$$

Siendo $L_{N,oct,j}$ es la presión sonora de octava del ruido ambiente en el oído del oyente, en la banda de octava "j".

El $L_{S,A,1m}$ es el nivel de presión sonora ponderado A equivalente del diálogo a una distancia de 1 m frente a la boca del hablante. Es por tanto un valor teórico

relacionado con el esfuerzo vocal del emisor medido a una distancia de un metro de éste (tabla 3).

Esfuerzo del emisor	$L_{S,A,1m}$
Relajado	54
Normal	60
Elevado	66
Alto	72
Muy Alto	78

Tabla 3. Clasificación según el esfuerzo vocal del emisor

La norma también define unos parámetros de corrección en función de: la calidad verbal, el uso de la protección auditiva por parte del receptor, las distancias, el conocimiento del idioma entre el emisor y receptor, todos ellos son parámetros que deben tenerse en cuenta para la evaluación.

Para las distancias mayores de 1m se obtiene otro parámetro, el nivel de presión sonora ponderado A equivalente del diálogo en el oído del oyente ($L_{S,A,L}$), a partir de la siguiente expresión:

$$L_{S,A,L} = L_{S,A,1m} - 20 \log \left[\frac{r}{r_0} \right] \text{dB (A)}$$

Siendo r : distancia emisor-receptor.
 r_0 : distancia emisor-receptor de referencia (1m).

Una vez obtenidos estos dos parámetros (L_{SIL} y $L_{S,A,L}$), el índice de inteligibilidad (SIL) se calcula con la expresión:

$$SIL = L_{S,A,L} - L_{SIL}$$

El resultado obtenido se compara con la tabla 4.

Evaluación de la inteligibilidad	SIL
Mala	<3
Escasa	3 < SIL < 10
Suficiente	10 < SIL < 15
Buena	15 < SIL < 21
Excelente	> 21

Tabla.4. Criterio SIL

Un índice SIL mayor de 10 dB(A) indica una suficiente inteligibilidad de la comunicación.

5.5. Índice de Ruido en Oficinas (IRO)

Es un método útil para evaluar las molestias producidas por el ruido en oficinas, donde los ruidos generados se deben a distintas fuentes, con espectros de frecuencias y características de emisión heterogéneos. Para su determinación es necesario conocer el nivel de presión acústica existente y su variabilidad temporal.

Este índice se basa en un estudio realizado por B. Hay y M.F. Kemp en 1972 del ruido en su conjunto, característico de este tipo de trabajo: personas hablando, teléfonos sonando, actividad de trabajo normal, sistemas de ventilación y climatización en marcha y ruido procedente del exterior, incluido el tráfico. El resultado de dicho estudio proporciona el porcentaje de insatisfacción en relación con las mediciones realizadas en ese ambiente.

Una vez obtenido los valores de presión acústica, se puede calcular el IRO mediante la siguiente ecuación:

$$IRO = L_{90} + 2,4 (L_{10} - L_{90}) - 14$$

Siendo:

L_{10} = nivel de presión acústica (dB A) que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de observación.

L_{90} = nivel de presión acústica (dB A) que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de observación.

En la tabla 5 se muestran los porcentajes de insatisfechos para diferentes combinaciones de L_{10} y $(L_{10} - L_{90})$.

L_{10}	Porcentaje de Insatisfechos para los valores $(L_{10} - L_{90})$								
	7	8	9	10	11	12	13	14	15
55	14	17	20	22	25	28	31	34	37
56	16	19	22	24	27	30	33	36	39
57	18	21	23	26	29	32	35	38	40
58	20	23	25	28	31	34	37	40	42
59	22	25	27	30	33	36	39	42	44
60	24	27	29	32	35	38	41	44	46
61	26	29	31	34	37	40	43	46	48
62	28	30	33	36	39	42	45	47	50
63	30	32	35	38	41	44	47	49	52
64	32	34	37	40	43	46	49	51	54
65	34	36	39	42	45	48	51	53	56

Tabla 5. Porcentaje de insatisfechos con el ruido de las oficinas

En la figura 7 se muestra la relación entre el porcentaje de insatisfechos y el índice de ruido en oficinas (IRO), lo que apoya la teoría de que la variabilidad temporal del ruido es uno de los factores que más influye en el grado de molestia manifestado por los trabajadores.

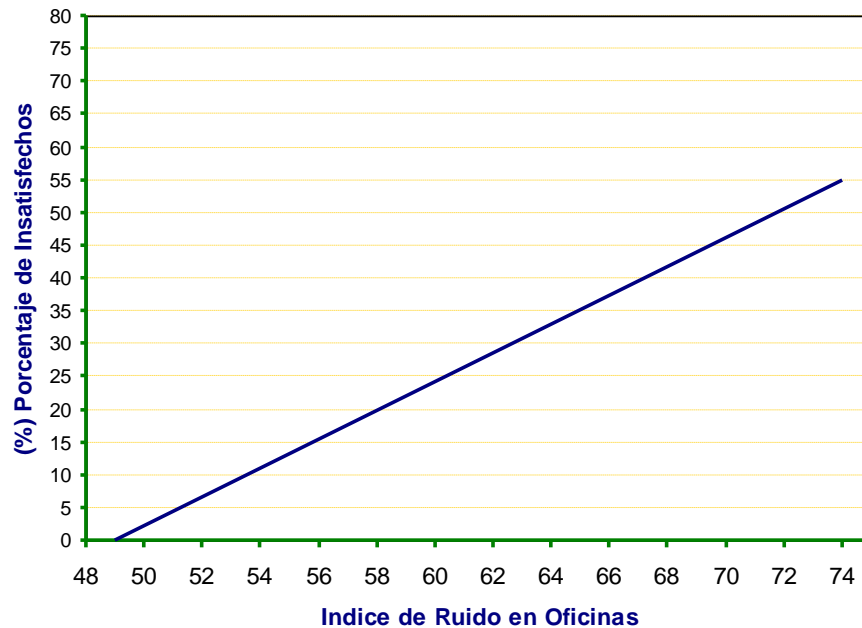


Fig. 7. Relación entre el porcentaje de insatisfechos y el índice de ruido en oficinas.

6. MEDIDAS PREVENTIVAS

El R.D. 286/2006 establece en su artículo 4, una serie de disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición al ruido. Como primera medida se encuentra la eliminación del ruido en su origen o la reducción al nivel más bajo posible. Se cumple de esta manera los principios generales de prevención del artículo 15 de la Ley 31/1995.

Algunas medidas que se pueden emplear son:

- ▶ métodos de trabajo diferentes que reduzcan la necesidad de exponerse al ruido.
- ▶ La elección de equipos de trabajo adecuados que generen el menor nivel de ruido posible, habida cuenta del trabajo al que están destinados.
- ▶ La concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo.



- ▶ La información y formación adecuadas para enseñar a los trabajadores a utilizar correctamente el equipo de trabajo con vistas a reducir al mínimo su exposición al ruido.
- ▶ La reducción técnica del ruido:
 - Reducción del ruido aéreo, por ejemplo, por medio de pantallas, cerramientos, recubrimientos con material acústicamente absorbente, etc.
 - Reducción del ruido transmitido por cuerpos sólidos, por ejemplo, mediante amortiguamiento o aislamiento.
- ▶ Programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo.
- ▶ La reducción del ruido mediante la organización del trabajo:
 - Limitación de la duración e intensidad de la exposición.
 - Ordenación adecuada del tiempo de trabajo.

Además de todo esto, del citado Real Decreto se desprenden una serie de acciones a realizar bajo la responsabilidad del empresario, en función del nivel de exposición sonora al que se encuentren sometidos sus trabajadores. Independientemente de la superación o no de los niveles que dan lugar a acción, la mejora de la calidad acústica estará relacionada con: la disminución o eliminación del nivel de ruido o en el alejamiento de los focos emisores.

Alguna de las medidas que se pueden adoptar en función de las principales fuentes generadoras de ruido son:

- ▶ Ruido exterior: selección apropiada de los materiales de construcción, del diseño del aislamiento y, en especial, del tipo de ventanas.
- ▶ Ruido de las instalaciones (principalmente del sistema de ventilación): uso de conexiones aislantes y silenciadores en los conductos, instalación de materiales absorbentes de ruido en el encamisado de los conductos, uso de elementos



antivibratorios o bloques de inercia para evitar la transmisión de las vibraciones a la estructura, modificación del tamaño o modelo de los difusores y las rejillas de retorno del aire, etc.

- ▶ Ruido de los equipos de trabajo: sustituyendo los equipos por otros que emitan menos ruido, encerrando la fuente de ruido mediante carcasas recubiertas de material absorbente. También se puede aislar la fuente, por ejemplo, reuniendo los equipos ruidosos en un local especial en el que no haya personas habitualmente.
- ▶ Ruido de las personas: insonorización de locales, tratamiento acústico de techos, paredes y suelos, apantallamiento de los espacios, etc.

Se ha de tener en cuenta la importancia que los aspectos subjetivos tienen frente a un contaminante como el ruido por lo que, a la hora de aplicar medidas preventivas, no se pueden olvidar las medidas de tipo organizativo y psicosocial que, en ocasiones, pueden resultar las únicas viables, especialmente si el problema se encuentra en niveles de ruido bajos pero molestos.



NORMATIVA LEGAL

- ▶ Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Boletín Oficial del Estado, 2006, n 60, pp. 9842- 9848.
- ▶ Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Boletín Oficial del Estado, 1997, n 97 pp. 12918- 12926.
- ▶ Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Boletín Oficial del Estado, 2007, n 207, pp. 35931- 35984.
- ▶ Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado 2007, n 254, pp. 42992- 43045.

NORMAS TÉCNICAS

- ▶ Norma UNE-EN ISO 9921:2004. "Ergonomía. Evaluación de la comunicación verbal"
- ▶ Norma UNE 74022:1981. "Valoración del ruido en función de la reacción de las colectividades" (anulada).

BIBLIOGRAFÍA

- ▶ ASHRAE. (2005). *Fundamentals Handbook Chapter 7: Sound and vibration*. ASHRAE
- ▶ GÓMEZ-CANO ALFARO, M. (2007) *Cuestionarios: Ruido: evaluación y acondicionamiento ergonómico*. Madrid: INSHT, 35 p. ISBN 978-84-7425-728-1. C0004
- ▶ GÓMEZ-CANO HERNÁNDEZ, M. (1994) *Aspectos ergonómicos del ruido. Condiciones de Trabajo y Salud*. En: *Salud y Trabajo*. nº 102, pp 33-40.
- ▶ NOGAREDA CUIXART, S et al (2008), *Ergonomía*, 4º ed, Madrid: INSHT. ISBN 84-7425-653-4
- ▶ BERNAL DOMINGUEZ, F et al. (2006), *Higiene*, 4º ed, Madrid: INSHT. ISBN 84-7425-603-8
- ▶ GONZÁLEZ TRAVÉS, C Y GÓMEZ-CANO ALFARO, M. (2007) *NTP 794: Evaluación de la comunicación verbal. Método SIL*. INSHT. FD-2795. Disponible en Web: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/786a820/794%20web.pdf>
- ▶ GONZÁLEZ TRAVÉS, C (2007) *NTP 795: Evaluación del ruido en ergonomía. Criterio RC Mark II*. INSHT. FD.2798. Disponible en Web: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/786a820/795%20web.pdf>
- ▶ HERNÁNDEZ CALLEJA, A (1998) *NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas*. Disponible en Web: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_503.pdf.
- ▶ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (2008) *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido: Real decreto 286/2006, de 10 de marzo. BOE nº 60, de 22 de marzo*. Madrid, INSHT 101 p., ISBN 978-84-7425-756-4, NIPO 211-08-017-8, GT.118. Disponible en Web:



http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/guia_tecnica_ruido.pdf

- ▶ SEBASTIÁN GARCÍA, O. (1999). *Efectos del ambiente físico de trabajo sobre las personas: respuestas psicofisiológicas, subjetivas y de comportamiento*. Madrid: INSHT. 79p. ISBN: 84-7425-548-1, NIPO: 211-99-009-X.
- ▶ VILLANUEVA RIO, M (2001) *Curso de Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales. Ergonomía y Psicosociología Aplicada. U.D. 6: Aspectos ergonómicos del ruido. Evaluación*". INSHT. Madrid.