

Confort acoustique: le bruit dans les bureaux
Acoustic comfort: noise in offices

Redactora:

Ana Hernández Calleja
Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Introducción

El ruido es uno de los agentes contaminantes más frecuente en los puestos de trabajo incluidos los de tipo no industrial, por ejemplo, las oficinas. Es cierto que en estos ambientes rara vez se presenta el riesgo de pérdida de capacidad auditiva, pero también es cierto que el ruido, aun a niveles alejados de los que producen daños auditivos, puede dar lugar a otros efectos como son: alteraciones fisiológicas, distracciones, interferencias en la comunicación o alteraciones psicológicas. Estos efectos son difíciles de valorar y, en la práctica, cualquier evaluación de la exposición a ruido en oficinas debería empezar por conocer el grado de molestia expresado por los trabajadores de la oficina.

El primer paso en el análisis de un problema de ruido en una oficina debería ser la identificación de la fuente de ruido crítica. Para ello, los trabajadores serán las principales fuentes de información. Es frecuente que las quejas por ruido estén relacionadas con una fuente concreta, por lo que las mediciones y las acciones correctoras se deberían centrar en esa fuente, ya que cualquier acción tomada sobre otras fuentes, probablemente, no conseguiría una mejora sustancial.

El segundo paso debería consistir en determinar qué aspectos hacen que un ruido sea considerado molesto. En algunas ocasiones, el problema se limita a la existencia de niveles de presión sonora excesivamente elevados, por lo que la medición del nivel de ruido continuo equivalente podría ser suficiente; en otras, será necesario conocer el espectro de frecuencia del ruido; pero en la mayor parte de las ocasiones, las mediciones del ruido deberán ser complementadas con el estudio de aspectos no físicos para determinar el grado de molestia que ocasiona el ruido, por ejemplo, el tipo de tarea, el grado de distracción que supone el ruido, su contenido en información o la actitud de las personas frente al ruido.

Fuentes de ruido

En cualquier lugar existe ruido que llega hasta las personas desde varias fuentes y a través de varias vías. El ruido emitido por una fuente se propaga en todas las direcciones y, en su camino, puede llegar directamente al receptor, ser parcialmente absorbido, transmitido y/o reflejado por los obstáculos que se encuentra en su camino.

El nivel de presión sonora que existe en un recinto depende de las fuentes de ruido y de las características acústicas y geométricas del local.

En una reflexión una fracción de la energía acústica es siempre absorbida, lo que disminuye la cantidad reflejada. Esta fracción se conoce como el coeficiente de absorción del sonido α . En la práctica, se toma un valor medio de α en función de la superficie y los materiales del local, por ejemplo, $\alpha = 0,15$ para despachos amplios con poco mobiliario o $\alpha = 0,4$ para locales muy tranquilos con muchas superficies absorbentes, por ejemplo: cortinas y moquetas.

El nivel global de ruido en un espacio es la resultante del ruido que llega al receptor directamente desde las fuentes y el que llega después de haberse reflejado una o varias veces. A esta fracción del ruido se le

denomina “reverberación”. La reverberación es menor en los locales con coeficientes de absorción elevados.

En general, se pueden considerar cuatro fuentes de ruido: el procedente del exterior, el de las instalaciones del edificio, el de los equipos de oficina y el producido por las personas.

Ruido exterior

Entre las fuentes de ruido exteriores, la más importante es el tráfico rodado. La potencia de la fuente sonora es proporcional a la densidad del tráfico y a la velocidad de circulación y, si el entorno es urbano, la existencia de edificios a ambos lados de la calle puede aumentar el nivel del sonido debido a las reflexiones que se producen entre las fachadas de los edificios.

Otras fuentes de ruido exterior son: el tráfico aéreo, las obras públicas o las actividades comunitarias (espectáculos, manifestaciones, etc.).

Ruido de las instalaciones del edificio

Las instalaciones del edificio que se pueden considerar fuentes de ruido son: los ascensores, las conducciones de agua, la instalación lumínica; pero sobre todo el sistema de ventilación y climatización.

El ruido en los sistemas de ventilación se puede clasificar en tres categorías principales:

- El ruido mecánico de las partes en rotación del ventilador, cojinetes, correas, etc., así como de piezas poco rígidas o mal montadas. El ruido mecánico se propaga a través de los conductos o de la estructura del edificio a las paredes y techos, y de allí al aire.
- El ruido producido por los torbellinos de aire debido a defectos aerodinámicos en el diseño de los ventiladores. Este tipo de ruido también se genera en el choque del aire con las rejillas de salida, los codos o las baterías de climatización.
- El ruido de rotación que es producido por los ventiladores y proviene del trabajo efectuado por la hélice sobre el aire. El ruido de rotación se caracteriza porque toda la energía está concentrada en tonos puros.

Ruido de los equipos de oficina

Entre estos equipos se incluyen las impresoras, el teléfono, los ordenadores o las fotocopiadoras. Los niveles de ruido medidos varían dependiendo de su funcionamiento y de sus características, por ejemplo, las impresoras láser emiten un ruido apenas medible, mientras que las máquinas de escribir o las impresoras matriciales pueden generar niveles de 70 dBA.

Ruido producido por las personas

Uno de los aspectos que más molestias ocasionan son las conversaciones, sobre todo en las que no se está directamente implicado, pero que resultan inteligibles.

Otras fuentes de ruido son el movimiento de las personas o sus actividades (grapar, dar golpes, etc.).

Respuesta subjetiva al ruido

El ruido provoca una gran variedad de efectos, así como de respuestas posibles, es quizá esta gran variabilidad lo que hace difícil predecir el grado de molestia causado por un ruido a un grupo de personas.

La figura 1 muestra la relación entre cuatro clases de variables que influyen en el grado de molestia.



Fig. 1: Relaciones entre sonoridad y molestias con los factores que afectan a la respuesta subjetiva al ruido.

Nivel de presión sonora

En general, el nivel de presión sonora es el elemento determinante de las molestias cuando se trata de una fuente de ruido considerada crítica.

Al evaluar el nivel de aceptabilidad del ruido generado por una fuente, éste debe ser relacionado con el ruido de fondo existente.

Los estudios para conocer el grado de dependencia entre el nivel de presión sonora y la respuesta de molestia han sido realizados, en su mayor parte, con fuentes individuales de ruido. Los resultados no han permitido establecer un nivel de ruido aceptable para una oficina, aunque existe cierto consenso en considerar que cuando el nivel de ruido excede de 50 dBA se produce un incremento notable de las quejas.

No hay estudios sobre la relación entre la molestia causada por fuentes individuales de ruido y la molestia global en los puestos de trabajo. Algunos estudios han demostrado que la molestia global es igual a la molestia máxima causada por una fuente de ruido cuando las demás causan bastantes menos molestias. Esta es la razón por la que es recomendable buscar siempre la fuente crítica y actuar sobre ella. En algunos casos, cuando las diversas fuentes se consideran igualmente molestas, ocurre un cierto efecto sumatorio de molestias, lo que hace que el nivel global de ruido sea el factor que se debe tener en cuenta a la hora de tomar medidas contra el ruido.

Frecuencia

Las curvas de igual sonoridad describen las distintas sensibilidades auditivas del hombre frente a los sonidos de diferentes frecuencias. La máxima sensibilidad se encuentra entre 500 y 5.000 Hz; la sensibilidad decrece rápidamente en los extremos del espectro de frecuencias.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es la presencia de tonos puros, que son comunes en el ruido generado por las máquinas de oficina. Se ha comprobado en repetidas ocasiones que estos tonos puros son más molestos cuando son audibles y también se ha comprobado que la molestia es mayor cuando estos

tonos se producen en las frecuencias más altas.

Variación temporal

Hay varios estudios que demuestran que un ruido muy variable en el tiempo aumenta el grado de malestar. Algunos autores manifiestan que la desviación estándar del nivel de ruido es mejor predictor del grado de molestia que el nivel equivalente de ruido.

Contenido en información

Cuanto mayor sea el contenido en información no deseada de un ruido, éste se percibirá como más molesto.

Algunos sonidos distintos de las conversaciones también pueden contener información, por ejemplo, pueden informar de que algo va mal en una máquina, o ir asociados a sucesos tanto agradables como desagradables.

Predictibilidad de un ruido

En teoría, cualquier factor que puede provocar estrés tiene un efecto menor si se puede predecir y controlar, ya que permite, por una parte, estar preparado para el evento y, por otra parte, tener períodos de relajación. Aplicado al ruido, éste debería causar menos molestias cuanto más predecible fuera.

Actitud

La respuesta al ruido está influenciada por la actitud de las personas frente a las fuentes de ruido. Cuando por alguna razón se está a disgusto en o con el trabajo, cualquier ruido generado por él será percibido como más molesto.

Actividad

El grado de molestia depende de la tarea; es cierto que un ruido es más molesto cuanto más interfiere en la tarea y cuanto más compleja sea ésta.

Valoración del confort acústico

Para conocer y valorar el malestar de una persona o de un colectivo frente al ruido, sería necesario crear una escala que relacionara la respuesta subjetiva de las personas con los valores que alcanzan las características físicas del ruido.

A continuación se analizan brevemente los diferentes índices de valoración de ruido y su aplicabilidad a la valoración de las molestias producidas por el ruido.

Nivel de presión sonora

Es el nivel de presión sonora sin ponderar en todo el rango de frecuencias audibles (20 a 20.000 Hz).

Representa el valor instantáneo del nivel de presión sonora. Este índice no proporciona información sobre la variabilidad del ruido, ni sobre su composición espectral.

Nivel de presión sonora ponderado (ponderación A)

Son los valores de presión acústica en todo el rango de frecuencias a los que se aplica la curva de ponderación A para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

De la misma forma que el anterior, este índice sólo nos proporciona información sobre el nivel de presión sonora.

Nivel sonoro continuo equivalente

Es el nivel en dBA de un ruido de nivel constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía sonora que el ruido real considerado, durante un período de tiempo T.

$$L_{Aeq} = 10 \log [1/T \cdot (\sum T_i \cdot 10^{L_i/10})]$$

donde:

L_i = Nivel de presión sonora (dBA) en el período "i"

T_i = Duración del período "i"

T = Período de tiempo total

En el tabla 1 se muestran los niveles sonoros continuos equivalentes de ruido aéreo, que se recomienda no sobrepasar en los locales.

Tabla 1. Niveles sonoros continuos equivalentes de ruido aéreo (NBE-CA-82)

TIPO DE EDIFICIO	LOCAL	L_{Aeq} (dBA) (8 - 22 h)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	40
	Servicios	50
	Zonas comunes	50
Administrativo y de oficinas	Despachos profesional.	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Sanitario	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	30
	Zonas comunes	50
Docente	Aulas	40

	Salas de lectura	35
	Zonas comunes	50

Nivel sonoro diario equivalente

Es el índice utilizado para la valoración de la exposición al ruido y que figura en el Real Decreto 1316/1989 sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido. Está definido por la ecuación:

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

donde:

T =	Duración diaria de la exposición (horas)
$L_{Aeq,T}$ =	Nivel de presión sonora equivalente en el período de tiempo T (dBA)

Este índice proporciona información sobre el nivel de exposición al ruido del trabajador. Es útil para valorar el riesgo de pérdida de la capacidad auditiva, pero no da información sobre otras características del ruido.

Nivel de interferencia conversacional (PSIL)

Con este método se valora la capacidad de un ruido estable de interferir en la conversación entre dos personas en un entorno libre de superficies reflectantes que pudieran reforzar las voces de las personas.

El índice PSIL es la media aritmética de los niveles de presión sonora en las bandas de octava con centro en 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz. El índice proporciona las distancias máximas a las que se puede mantener una conversación inteligible, con voz normal o con voz muy alta en función de los diferentes valores obtenidos del índice PSIL (ver tabla 2). Este método está recogido en la norma ISO 3352/74.

Tabla 2. Valores indicativos del índice PSIL

PSIL (dB)	Distancia máxima a la que se considera satisfactoriamente inteligible una conversación normal (m)	Distancia máxima a la que se considera satisfactoriamente inteligible una conversación en voz muy alta (m)
35	7,5	15
40	4,2	8,4
45	2,3	4,6
50	1,3	2,6
55	0,75	1,5
60	0,42	0,85

65	0,25	0,50
70	0,13	0,26

Este método es útil para la valoración de ruidos estables y continuos.

Curvas de valoración NR (Noise Rating)

Estas curvas establecen límites aceptables de confortabilidad en diferentes espacios en los que existen unos niveles de ruido de fondo estables. El método permite asignar al espectro de frecuencias de un ruido, medido en bandas de octava, un solo número NR (según método recogido en las normas ISO R-1996 y UNE 74-022), que corresponde a la curva que queda por encima de los puntos que representan los niveles obtenidos en cada banda del ruido medido.

En la figura 2 se muestran las curvas NR de evaluación de ruido. En el tabla 3 figuran los valores recomendados del índice de NR para diferentes locales.

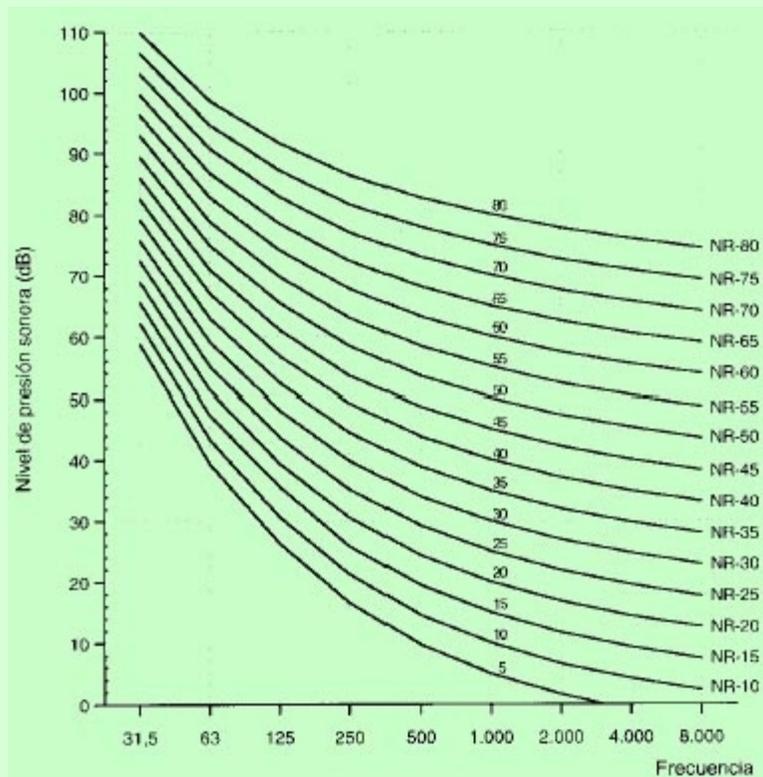


Fig. 2: Curvas NR (Noise Rating) de evaluación de ruido

Tabla 3. Valores recomendados del índice NR para diferentes locales

Tipos de recintos	Rango de niveles NR que pueden aceptarse
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

Este método, al igual que otros índices similares como son las curvas NC o PNC, es útil para la valoración de ruidos estables y continuos.

Tiempo de reverberación (Tr)

El tiempo de reverberación para una frecuencia dada es el tiempo, en segundos, necesario para que después de que cese la emisión de ruido, el nivel de presión sonora disminuya 60 decibelios.

En el tabla 4 se recogen los tiempos de reverberación recomendados, para distintos locales habitables de diversos tipos de edificios.

Tabla 4. Tiempos de reverberación (NBE-CA-82)

Tipo de edificio	Local	Tiempo de reverberación (s)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	£ 1
	Dormitorios	£ 1
	Servicios	£ 1
	Zonas comunes	£ 1,5
Administrativo y de oficinas	Despachos	£ 1
	Oficinas	£ 1
	Zonas comunes	£ 1,5
Sanitario	Zonas de estancia	0,8 £ T £ 1,5
	Dormitorios	£ 1
	Zonas comunes	1,5 £ T £ 2
Docente	Aulas	0,8 £ T £ 1,5

	Salas de lectura	0,8 £ T £ 1,5
	Zonas comunes	1,5 £ T £ 2

El tiempo de reverberación es un índice útil para la evaluación de la “calidad acústica” de un local. Los locales con superficies muy reflectantes presentan tiempos de reverberación elevados, lo que implica dificultades en la comunicación.

Índice de ruido en oficinas (IRO)

El IRO está inspirado en los siguientes índices: nivel de contaminación sonora e índice de ruido de tráfico, utilizados para la valoración del ruido de las fuentes exteriores, en concreto del tráfico rodado. El interés de estos índices, además de la información que pueden proporcionar acerca del grado de aislamiento acústico necesario para los edificios, radica en que son útiles para la valoración de ruidos generados por distintas fuentes, con distintos espectros y características de emisión. Para su determinación es necesario conocer el nivel de presión sonora y su fluctuación en el tiempo. Esta descripción encaja con el tipo de ruido que existe en las oficinas.

El índice de ruido en oficinas está basado en los resultados obtenidos en un estudio realizado por B. Hay & M. F. Kemp (1972), en nueve oficinas diáfanas con aire acondicionado, en las que trabajaban un total de 624 personas.

Los autores, además de hacer un estudio estadístico del ruido típico de una oficina (conversaciones, teléfonos, tareas, aire acondicionado, etc.), piden la opinión sobre el ruido a los ocupantes. Para ello se sirven de una escala de satisfacción de valores de siete puntos, siendo el 1 muy satisfactorio y el 7 muy insatisfactorio. Toman las respuestas marcadas 5, 6 y 7 para medir los porcentajes de insatisfacción y los relacionan con los valores de las mediciones realizadas (L_{10} y L_{90}), según la siguiente ecuación:

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

donde:

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

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

Las mediciones se llevaron a cabo durante el período normal de trabajo (8,30 a 16,45 horas) y corresponden al ruido total en las oficinas: personas hablando, teléfonos sonando, actividad de trabajo normal, sistema de ventilación y climatización en marcha y el ruido procedente del exterior. En el tabla 5 se muestran los porcentajes de insatisfechos para diferentes combinaciones de L_{10} y ($L_{10} - L_{90}$).

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

L_{10} (dBA)	Porcentaje de insatisfechos para los valores ($L_{10} - L_{90}$) (dBA)								
	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

En la figura 3 se muestra la relación entre el porcentaje de insatisfechos y el índice de ruido en oficinas (IRO), el cual confirma la teoría de que la variabilidad del ruido es uno de los factores que mayor incidencia tiene en el grado de malestar manifestado por las personas frente al ruido.

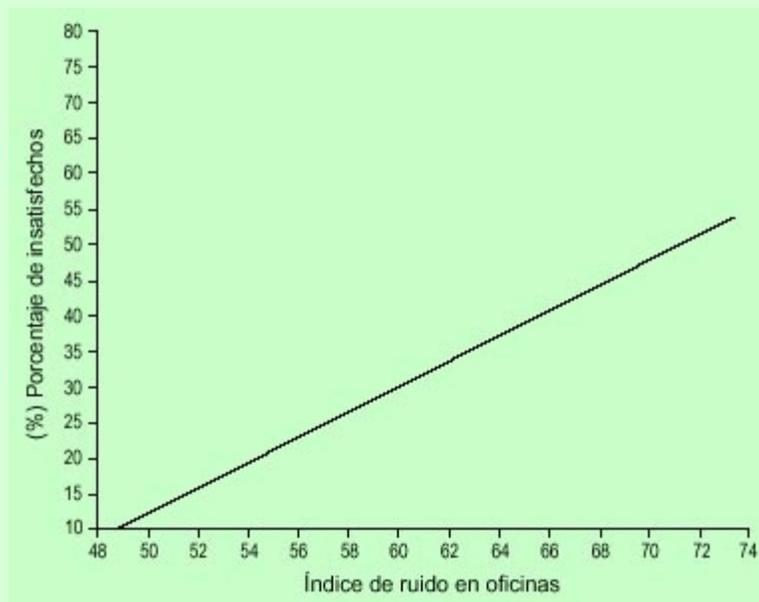


Fig. 3: Relación entre el porcentaje de insatisfechos y el índice de ruido en oficinas

Medidas de control del ruido

Las medidas de control aplicables siguen los mismos principios preventivos que las que se aplican en la prevención del daño auditivo, es decir, son más eficaces las actuaciones sobre la fuente generadora de ruido que las que se realizan sobre el medio de transmisión del ruido, y éstas, más eficaces que las que se aplican al receptor.

Ruido exterior

En este caso, la mejor forma de tratar este problema será evitar la transmisión del ruido al interior de los espacios con la selección apropiada de los materiales de construcción, el diseño del aislamiento y, en especial, la selección del tipo de ventanas.

Ruido de las instalaciones

Es posible conseguir una reducción del ruido procedente del sistema de ventilación y climatización aplicando medidas tales como: el uso de conexiones aislantes en los conductos, el encamisado de los conductos con materiales absorbentes de ruido, la instalación de silenciadores en los conductos, el uso de elementos antivibratorios o bloques de inercia para evitar la transmisión de las vibraciones a la estructura. Otra medida con la que se pueden obtener buenos resultados consiste en la modificación del tamaño o modelo de los difusores y las rejillas de retorno del aire.

En términos generales, el ruido del sistema de ventilación en las oficinas no debería superar los 35 dBA; cuando la tarea exija un alto grado de concentración, los niveles recomendados son de 30 dBA.

Ruido de los equipos de trabajo

En muchos casos es posible solucionar el problema sustituyendo los equipos por otros que emitan menos ruido. También es posible evitar la transmisión del ruido encerrando la fuente de ruido, por ejemplo, utilizando carcasas recubiertas de material absorbente para impresoras, o aislando la fuente, por ejemplo, reuniendo las impresoras en un local especial en el que no haya personas de forma habitual.

Ruido de las personas

El principal aspecto generador de molestias son las conversaciones, en particular cuando éstas son inteligibles.

En los despachos es posible garantizar la reducción del ruido de las conversaciones de las áreas adyacentes mediante la insonorización del local.

En oficinas de tipo abierto, las medidas deben estar dirigidas al control de la propagación del ruido, esto se puede conseguir mediante el tratamiento acústico del techo, paredes y suelos.

En estos espacios se puede lograr una mejora adicional apantallando los espacios. El grado de reducción del ruido al otro lado de la pantalla depende de la distancia entre la pantalla y la persona que habla y las características de la pantalla, el tamaño, la absorción y la transmisión de ruido. Cuanto mayor sea su superficie y su absorción acústica, cuanto más próxima esté a la persona que habla y cuanto menores sean las aberturas entre las pantallas y el suelo, mejor será el efecto atenuante de las mismas.