

El ruido, agente contaminante

Los párpados nos sirven de persiana natural para evitar que la luz hiera nuestros ojos; pero no existe un equivalente corporal para neutralizar el ruido que agrede impunemente nuestros oídos. Problema notable en la civilización actual, que ha multiplicado los instrumentos materiales para el bienestar humano, pero potenciando su malestar. El autor nos sumerge en ese mundo acústico descontrolado, ponderando la dimensión física, personal y social, y sugiriendo medidas protectoras contra la agresividad del ruido, factor contaminante de nuestra convivencia ciudadana.

Andrés Lara Sáenz*

LA sociedad actual, con la creciente cantidad de medios tecnológicos a su disposición, ha logrado numerosos avances que redundan en un indudable mejor nivel de vida material. Sin

* Dr. Ing. ICAI, profesor de Investigación CSIC, presidente de honor de la Sociedad Española de Acústica. Madrid.

embargo, no todo son ventajas. Uno de los inconvenientes más generalizados es la creciente presencia del ruido acústico, que constituye un agente contaminante omnipresente y del que no es fácil sustraerse.

Las concentraciones urbanas e innovaciones en materiales y estructuras en la construcción han favorecido un aumento de densidad de población con la proliferación de la edificación en vertical, y el consiguiente hacinamiento poblacional que conlleva una mayor interferencia social.

Los actuales edificios, con livianos elementos constructivos de separación, tanto verticales como horizontales, y múltiples fuentes de servicios y electrodomésticos, amén de la propia actividad humana, constituyen causa de molestias y conflictividad.

Esto en cuanto a los ruidos internos en los propios edificios. Pero el ambiente exterior, «la calle», está aún más contaminado con diversas fuentes de ruido, entre las que destaca como más generalizada el tráfico rodado (del orden del 80 por 100). Otras fuentes de ruido menos generalizadas, pero con notoria influencia puntual, lo constituyen en su caso los ruidos de tráfico aéreo y/o ferroviario, lugares o locales públicos de reunión, bares, verbenas, anuncios, sirenas, colegios, etc. Todos estos ruidos «externos» afectan no sólo al viandante sino, lo que es más importante, se introducen, más o menos atenuados, en los edificios, afectando a las muy distintas y variadas actividades normales del ser humano.

En consecuencia, el hombre actual se encuentra de una forma casi permanente sometido a diferentes tipos de niveles de ruidos que interfieren en su vida de relación, trabajo, ocio y descanso, y que en mayor o menor grado afectan a su salud, en el aspecto más amplio de bienestar sicosomático, y a la conducta de las personas. La Organización Mundial de la Salud define la salud como: «Estado de completo bienestar, físico, mental y social».

Las actividades propiamente industriales constituyen un capítulo especial de ambientes ruidosos que, por su intensidad y exposición temporal, tienen un tratamiento específico, con normativa y legislación basada en la protección de la audición de los trabajadores.

A qué denominamos ruido

EN su sentido más general, denominamos ruido a todo sonido no deseado. Incluso la más excelsa melodía, en determinadas circunstancias, puede constituir un sonido no deseado y por tanto ser considerada como sonido contaminante o simplemente ruido.

En la teoría de información constituye ruido toda señal espúrea o de fondo que acompaña a la señal deseada o mensaje, apareciendo la relación señal/ruido como factor de calidad de transmisión, aplicable tanto al campo eléctrico como al acústico.

El funcionamiento en general de máquinas y los procesos de fabricación son típicamente fuentes de ruido *per se*; es decir de sonidos inarmónicos, que se apartan de sonidos musicales o articulados y que constituyen los llamados ruidos mecánicos o industriales.

La apreciación de ruido depende en gran parte de las circunstancias y actitud del oyente. La misma conversación, la risa, el canto, etc., se pueden convertir en ruido para el prójimo no interesado.

El ruido, por otra parte, es consecuencia de la actividad tanto de los seres vivos como de la propia naturaleza. El silencio total es señal de inactividad y en caso extremo de inanición o muerte. El ruido no es, por tanto, siempre un «enemigo a eliminar», sino a controlar. Puede tener también una componente positiva, incluso estética en determinados casos como el murmullo de las fuentes, y tantos otros ruidos naturales que enriquecen los ambientes y la contemplación de la naturaleza (Ref. 1).

Características objetivas y subjetivas del ruido

TODO ruido comporta unas características objetivas, relativas a su naturaleza física y otras subjetivas en cuanto a sus circunstancias y posible «significado».

Las características *objetivas* incluyen: *Intensidad*, es decir ruidos fuertes o débiles; *composición espectral*, graves, agudos, etc. y *ocurrencia temporal*: continuos, intermitentes, impulsivos, etc.

Las características *subjetivas* se refieren a las circunstancias que concurren en la generación y/o en el oyente, que le dan al ruido distintos «significados» y por tanto posibles distintas valoraciones. El llanto nocturno infantil, tiene muy distinto significado para la madre que para el vecino, y no digamos nada de ruidos que conlleven una desconsideración al prójimo, como altos niveles de Radio o TV, portazos, gritos, etc.

En general son mejor aceptados los ruidos indiscriminados sin mensaje negativo, o que de por sí admitan una aceptación como, por ejemplo, en los casos del ruido del tren o del avión en el que viajamos, que nos permite conciliar el sueño, aunque sus niveles sean superiores a otros ruidos que no acep-

tamos, como puede ser el de un bar de copas nocturno próximo, o peor aún, pongamos por caso, el de las voces intempestivas, aunque lejanas, de un determinado vecino desconsiderado, etc. Existe una cierta capacidad de adaptación a los ruidos continuos uniformes, en contraposición a los intermitentes o imprevisibles. En general, aceptamos mejor los ruidos que sabemos podemos controlar que aquellos cuyo control está fuera de nuestro alcance. La componente subjetiva del ruido tiene por tanto una gran influencia en las consecuencias individuales y sociales del ruido comunitario, que puede llevar a situaciones límites de convivencia.

Propagación del ruido: Ondas acústicas

LA materia en general y en particular los materiales que intervienen en nuestro entorno, al ser perturbados mecánicamente, vibran debido a la propia elasticidad. Estas vibraciones, en contacto con el aire que nos rodea, se transmiten de unas moléculas a las vecinas por razón de la elasticidad que las liga, dando lugar a una *propagación* de la vibración que identificamos como *onda acústica*. Se trata de una transmisión a través del aire de un estado vibratorio. El aire no se desplaza, lo que se desplaza es la vibración u onda, transportando una energía mecánica o acústica. Así comprobamos, por ejemplo, cómo el paso de un camión no sólo lo oímos detrás de una ventana, sino que el cristal de la ventana, en determinados casos, vibra fuertemente, lo que hace más evidente el transporte de energía acústica por la onda, suficiente como para poner en vibración el cristal, aparte naturalmente de la pequeñísima energía necesaria para activar el mecanismo de la audición a través de la vibración del tímpano.

La intensidad de la onda acústica se mide por la cantidad de energía transportada por unidad de superficie en la unidad de tiempo. En el sistema internacional o práctico, se mide en vatios por metro cuadrado (w/m^2) normal a la dirección de propagación.

Fuentes de ruido

TODO cuerpo en vibración constituye una fuente de ruido, cuya potencia de radiación acústica se mide por el número de vatios transmitidos (radiados) al medio que la rodea, aire, agua, etc.

El ruido como tal se puede considerar en general como un «subproducto» de todo tipo de actividades de los seres vivos y de la propia naturaleza. La actividad cotidiana conlleva un sinnúmero de fuentes de ruido. Lo que ocurre es que la energía gastada en producir ruido es en general ínfima comparada con la de las actividades o procesos en los que se genera, y por tanto despreciable en cuanto a balance energético. Nadie se preocuparía de reducir el ruido de una máquina en términos de ahorro de la energía gastada en producirlo. Por ejemplo, la potencia del ruido de un engranaje es del orden de las decenas de millonésimas (10^{-7}) de la potencia transmitida, y aun en el caso de operaciones tan extremadamente ruidosas como el golpeteo de un martillo pilón, la relación es del orden de las milésimas (10^{-3}).

La misma voz humana, a pesar de ser una fuente intencionadamente sonora, creada para producir sonidos (vocales) y ruidos (consonantes), radia una energía acústica pequeñísima. Aun en el caso de voz gritada, no pasa de una potencia del orden de milivatios (10^{-3} w). Me gusta poner como ejemplo el de un Estadio con 100.000 espectadores gritando ¡¡¡Gol!!! Producirían la energía acústica equivalente a la necesaria para encender una bombilla de 100 vatios (100.000×10^{-3} w = 100 w), y sólo durante el tiempo que dura el grito. Esto, por otra parte, tiene la enorme ventaja de que prácticamente no gastamos energía al hablar, lo contrario de lo cual podría constituir una ruina para algunos... o algunas.

Sensación y percepción sonora: Sensibilidad del oído

LAS ondas acústicas, dentro de un determinado margen de frecuencias y amplitudes, al incidir sobre el oído, pueden generar, a nivel cerebral, *sensación sonora o sonidos*, de ahí que se las denomine por extensión ondas sonoras, aunque las ondas en sí no «suenen»; necesitan un oyente.

El oído humano, órgano periférico del sentido de la audición, es extraordinariamente *sensible*, capaz de detectar ondas acústicas de intensidad tan débil como del orden de millonésimas de millonésimas de vatios por metro cuadrado (10^{-12} w/m²), valor que viene a constituir el umbral medio de audición.

A su vez, tiene una gran capacidad para recibir un enorme margen de intensidades, que llega hasta un máximo del orden de los 10^2 w/m² (Umbral doloroso), lo cual supone una relación de intensidades entre los umbrales

máximo y mínimo de audición, de centenas de millón de millón de veces ($10^2/10^{-12} = 10^{14}$).

Este enorme margen de intensidades del sistema auditivo humano, muy superior a la más amplia escala de instrumento de medida realizable, ha llevado a los investigadores a crear y utilizar una escala de medida relativa, referida al umbral de audición, cuya unidad, el decibelio (dB), la referimos a continuación.

Por otra parte, una característica también interesante y muy oportuna del oído humano es en relación a cómo transmite al cerebro las distintas frecuencias de las vibraciones o tonos de los sonidos. El margen de frecuencias audibles se extiende desde los tonos muy graves correspondientes a frecuencias bajas, del orden de 20 vibraciones por segundo o 20 Hz (Hertz o Hercios), hasta frecuencias tan altas como 20.000 Hz correspondientes a tonos muy altos o agudos, cubriendo un total de 10 octavas (duplicaciones de frecuencia).

Pues bien, la sensibilidad del oído es bastante mayor en la zona intermedia, o de frecuencias medias, que es *precisamente* donde se sitúan las frecuencias de la voz humana. Por otra parte, la menor sensibilidad a los tonos graves favorece el evitar la confusión o enmascaramiento de la palabra producida por la gran cantidad de tonos graves incluidos en los ruidos que nos circundan (por ejemplo el de tráfico rodado), y a su vez reduce la estridencia de determinados tonos agudos de frecuencias altas. Además dispone, en el oído medio, de un mecanismo reflejo de protección contra sonidos impulsivos de alta intensidad al actuar sobre un músculo que «tensa» la cadena de huesecillos.

En consecuencia, debemos reconocer que disponemos de un órgano detector y excitador del sentido de la audición, el oído, que es de lo más apropiado a sus fines, consecuencia de un proceso evolutivo a partir fundamentalmente del órgano posicional o de equilibrio de las especies subacuáticas que experimentó las máximas mutaciones en su adaptación al medio terrestre, con la aparición del oído medio y externo (imprescindibles para recibir las ondas sonoras en el aire y transmitir su energía al oído interno). De ahí que ambos «sentidos», el de audición y equilibrio, tengan compartidos, en cierta medida, sus órganos periféricos, oído y laberinto, y que las respectivas señales neuronales, que generan a nivel cerebral las sensaciones respectivas, sean enviadas al cerebro por nervios «coaxiales» que forman el «VII Par craneal», según terminología anatómica.

Las interacciones a nivel síquico distinguen la *sensación sonora* (de carácter puramente fisiológico) de la *percepción sonora* que, al intervenir la memo-

ría y otras funciones mentales, perfila la «imagen sonora» o identificación de la sensación (sonido) con características y circunstancias de la fuente sonora. Así, por ejemplo, es posible identificar los *sonidos* de distintos tipos de automóviles, camiones, despegue de aviones, etc. o distinguir entre la rotura de un cristal, un frenazo, etc.

Finalmente, aquellas ondas acústicas cuyas frecuencias estén por debajo o por encima del margen audible, y por tanto no «suenan», pertenecen, respectivamente, a los campos de los infrasonidos y ultrasonidos.

Medida de los ruidos, espectro y «decibelios» (dB)

LOS cuerpos al vibrar lo hacen en general con muy distintas amplitudes (intensidades) y con muy variadas frecuencias de oscilación (tonos). No se trata de tonos puros o de sonidos musicales, sino de un conjunto de vibraciones de distintas frecuencias y amplitudes, sin relación armónica alguna, correspondientes a las características mecánicas de las distintas partes en oscilación. De ahí, que para la medición de ruidos, se tenga en cuenta su *espectro* o amplitud de las distintas vibraciones componentes.

Puesto que el oído tiene distinta sensibilidad según la frecuencia de la vibración o, lo que es lo mismo, de la onda acústica que la transmite, se ha fijado como frecuencia de la intensidad acústica de referencia la de un tono en la zona más sensible, 100 Hz. El umbral de audición medio es el de un tono de 1.000 Hz con una intensidad de 10^{-12} w/m², lo que se corresponde con una variación de presión ambiente, o presión acústica, de 0,00002 Pa = 2×10^{-5} Pa (Pa = Pascal = 1 Newton/m²).

Esta presión acústica, o variación de la presión atmosférica en un punto, como consecuencia del paso de la onda, es ínfima si la comparamos con la propia presión atmosférica: 1 atmósfera = 1 Kg/cm² \cong 100.000 Newtons/m² = 10^5 Pa, es decir, diez órdenes de magnitud de diferencia.

Para medir las intensidades acústicas, los investigadores de los Bell Laboratories (N.J. USA), introdujeron, por los años veinte, una unidad de medida relativa, que denominaron Bell, de forma que un Bell corresponde a una relación de intensidad de 10; 2 Bells a 100; 3 Bells a 1000.... n Bells a 10^n o, lo que es lo mismo, los Bells se corresponden con los logaritmos decimales de la relación de intensidades ($n = \lg_{10} 10^n$).

Como el margen de intensidades del oído humano es de 10^{14} , esta enor-

me relación medida en Bells se reduce a 14 Bells o Belios. Esta reducción numérica resulta excesiva, pues se dispondría sólo de 14 enteros para valorar intensidades que requerirían a menudo el uso de décimas de Belio, por lo que en vez del Belio se usa su décima parte o *deci-Belio*, con el símbolo dB, que aumenta a 140 el número de enteros disponible para cubrir el margen audible de intensidades de las ondas sonoras.

Por otra parte, la ley general que liga las variaciones de sensaciones con las variaciones de los estímulos correspondientes, es también una ley logarítmica, lo que equivale a establecer que la variación de sensación no es directamente proporcional a la variación de estímulo, sino a su *variación relativa*. (Ley de Weber-Fetchner), lo cual viene a avalar la utilización de una unidad logarítmica como el decibelio. Esto, a su vez, es intuitivo y fácilmente comprobable. Por ejemplo, la variación de sensación al aumentar una trompeta, depende del número de trompetas previamente sonando, es decir de la *variación relativa* del número de trompetas. Si había sólo una, la variación de sensación es mucho más notable que en el caso de que hubiese varias. Lo mismo puede entenderse en el caso de un tráfico en el que el aumento de sensación al aumentar varias unidades depende naturalmente de la densidad de tráfico existente, etc.

Se dispone pues, de una escala de niveles de intensidades, en decibelios, en la que el nivel 0 dB corresponde al umbral (medio) de audición y el nivel 140 dB, al umbral (medio) de sensación dolorosa.

Valoración de los ruidos, niveles en dBA

HASTA aquí el cálculo de los niveles y diferencia de niveles en dB correspondientes a distintas intensidades físicas de las ondas sonoras. Pero, por otra parte, ya apuntamos que las sensaciones sonoras, para una misma intensidad, varían con la frecuencia. Para simplificar la influencia en la medida de este complejo comportamiento, se ha adoptado internacionalmente una curva de compensación en función de la frecuencia, que, introducida en los aparatos de medida (Sonómetros), valora menos las intensidades de las bajas frecuencias (y una ligera corrección en las altas), de conformidad con la respuesta del oído. Esta curva se denomina «curva A» y las medidas resultantes se expresan como *dB A*. Las *valoraciones* de los ruidos se dan, pues, normalmente, en dB A.

A continuación se dan, a título orientativo, niveles sonoros de distintas fuentes y ambientes comunes en dBA.

Umbral de audición	0 dBA
Ruido de hojas, a 10 m.	10-15 dBA
Ruido de fondo admisible en dormitorio	30-35 dBA (noche-día)
Idem en sala o despacho	40 dBA
Idem en oficina	50 dBA
Diálogo (10^{-5} w), a 1 m	65 dBA
Grito (10^{-3} w), a 3 m	75 dBA
Tráfico rodado, nivel ambiente	60-80 dBA
Orquesta (fortísimo), nivel en sala	90-95 dBA
Martillo neumático (1 w), a 3 m	100 dBA
Reactor en despegue (10^5 w), a 100 m	120 dBA
Umbral de dolor	140 dBA

En esta relación de niveles hemos incluido entre paréntesis la magnitud de la potencia acústica aproximada de las fuentes sonoras, y además el ambiente (dormitorio, sala, etc.) o bien, en espacio libre, la distancia a la fuente de la posición de medida.

Estos números corresponden a valores medios de ruidos, prácticamente constantes en un cierto lapso de tiempo. Cuando no es éste el caso, como ocurre generalmente, por ejemplo, con el ruido de tráfico, la forma de valoración se hace en términos del *Nivel Continuo Equivalente* (L_{eq}), que mide el valor medio de la energía acústica en el tiempo considerado, es decir, un nivel constante en dBA que estando presente el mismo tiempo conllevaría la misma energía acústica.

Los *sonómetros* incorporan, además de la curva «A» de ponderación en frecuencia, circuitos integradores de energía que permiten leer directamente el valor de L_{eq} entre otros parámetros.

En la Comunidad Europea, se estima que un 25 por 100 de la población está expuesta a niveles sonoros superiores a 65 dBA, nivel que, si bien no es peligroso en cuanto a daño a la audición, constituye un factor de molestia con un fuerte rechazo para al menos un tercio de la población.

Conviene aquí aclarar que la situación en España, salvo excepciones puntuales, no es ni más ni menos ruidosa que la de los países mediterráneos de nuestro entorno, lo cual no es poco. Arrastramos sin embargo un «sambenito», que repiten no pocos de los que opinan o escriben sobre ruido, que España es el país más ruidoso del mundo, inmediatamente después del

Japón. Esta aseveración, que tantos copian, proviene de los años 70, de un informe preparado por un Gabinete «ad hoc» de la OCDE de la época, que, al no disponer de datos de la situación real en España, que no existían o eran poco significativos, llegaron a esta conclusión aplicando baremos comparativos indirectos.

Efectos del ruido en el hombre: pérdida de audición

ALTOS niveles de ruido (80 o más dBA) y exposiciones duraderas (jornadas laborales) pueden lesionar directamente la anatomo-fisiología del mecanismo de la audición.

Los terminales ciliados del nervio auditivo, alojados a lo largo de la Membrana Basilar (divisoria del caracol u oído interno), cuya excitación mecánica al oscilar por efecto de las ondas sonoras genera los impulsos neuronales que dan lugar a la sensación sonora a nivel cerebral, se pueden deteriorar por efecto de excesivo roce con la membrana tectoria (que se «apoya independientemente» sobre los cilios no siguiendo por tanto las oscilaciones de la membrana basilar).

El deterioro de los cilios reduce el número de terminales nerviosos útiles, particularmente en la zona de la membrana basilar que vibra a altas frecuencias, perdiéndose capacidad selectiva e intensidad de respuesta, lo que se traduce en la pérdida de audición conocida generalmente como sordera profesional.

Un audiograma realizado con tonos puros detecta una caída en la respuesta sonora de 30 o más decibelios en la zona de altas frecuencias (agudos), particularmente alrededor de 4.000 Hz, que se traduce en una pérdida en la distinción de las consonantes, p,t,r,s,f, etc. (que son «ruidos» con componentes de altas frecuencias, que acompañan a los *sonidos* de tonos bajos y medios, que constituyen las vocales). La persona afectada oye los tonos vocales pero confunde las consonantes que las acompañan, lo que se traduce en una pérdida de *inteligibilidad* (por ejemplo puede confundir, pata con nata, o tara con para, etc.).

Estas pérdidas se solían producir tradicionalmente sólo en ambientes de trabajo, industria transporte, etc. La Legislación Laboral, de rango internacional, protege al trabajador sometido durante la jornada normal de trabajo a niveles de 80 o más dBA (Ref. 3 y 4).

En tiempos recientes, la proliferación de reproducciones de música pop,

rock, etc., aparte de las molestias en la vecindad, está causando indicios de «sordera juvenil» en asiduos a discotecas, o a audiciones particulares de música a altos niveles (walkman, etc.).

Estos tipos de sordera progresiva hay que diferenciarlos del deterioro auditivo propio de la edad, o presbiacusia, que puede hacerse sensible a edad hoy día tan temprana como 50 años, y que consiste en una pérdida gradual, primero en altas frecuencias a partir de 1.000-2.000 Hz., extendiéndose a frecuencias más bajas posteriormente.

Efectos motores y síquicos del ruido

EL ruido puede producir también efectos distintos del daño directo a la audición. Hay que tener presente que las ramificaciones neuronales que comporta el nervio auditivo «conectan», en su recorrido hacia el cerebro, con áreas motoras y otras áreas sensitivas correspondientes a funciones mentales, tales como memoria, placer, temor, etc. De ahí que, por ejemplo, un ruido inesperado pueda producir efectos tales como encogimiento de hombros, parpadeo, giro de cabeza, taquicardia, sudoración, etc. y/o sensaciones de sobresalto, temor, etc.

El oído es a su vez una puerta, permanentemente abierta, de posible perturbación de la salud y del comportamiento. No sólo altos niveles o sonidos intempestivos pueden afectar al organismo. Niveles sonoros medios o tan bajos como 30-40 dBA pueden resultar molestos, si interfieren con actividades mentales, tales como estudio, concentración, descanso, atención o sueño, con incidencia incluso en actividades manuales.

Este aspecto de los efectos del ruido, *interferencia y molestia*, típico de la contaminación acústica, es de lo más preocupante, por su permanencia y gran incidencia en la sociedad. Aquí interviene también el aspecto anímico de las personas, que pueden llegar a supersensibilizarse.

El ruido afecta al *rendimiento* en el trabajo tanto intelectual como manual. En el primero, interfiriendo con la concentración mental, y en el segundo, provocando errores o disminución de efectividad.

También afecta a la comunicación hablada, produciendo un enmascaramiento que favorece la confusión en particular de las consonantes y obligando a elevar la voz con el consiguiente cansancio y/o deterioro.

Una interferencia particularmente sensible del ruido es su efecto sobre el sueño (Ref. 7). Sin que necesariamente llegue a despertar puede producir cambios en los diferentes estados del sueño, disminuyendo su «profundi-

dad». En sus efectos, aparte de la intensidad y ocurrencia, influye también incluso la información que comporte el propio ruido; por ejemplo la presencia de nombres conocidos. También influye la edad, siendo más sensibles los mayores que los niños, en una proporción del orden del 30 al 5 por 100, a pesar de tener peor audición (presbiacusia). La reacción femenina es más numerosa e intensa que la masculina. Las personas introvertidas son asimismo más sensibles, presentan una mayor actividad cortical, aumento de ritmo cardíaco y movimientos corporales.

El efecto general del ruido sobre el sueño es como de haber dormido menos, aunque no se haya despertado. Perturbaciones crónicas del sueño pueden generar estrés y producir trastornos síquicos.

Control del ruido: aislamiento y absorción acústicas

EL ruido no es fácil de controlar. El hecho de que la inmensa mayoría de los materiales que nos rodean tengan elasticidad, en mayor o menor grado, hace que entren en vibración con la llegada de ondas sonoras, transmitiendo energía acústica al lado «oculto» a las ondas. Es, pues, imposible evitar que la energía acústica «pase» a través de las paredes, no es posible «ocultarse» de los sonidos. Lo que sí es posible es *atenuarlos* reduciendo su intensidad a niveles que no perturben las distintas actividades del ser humano. Éste es el campo del control de ruido: *reducir la energía* acústica radiada o la transmitida, o ambas.

Un primer paso y bastante complejo es fijar cuales son los *niveles sonoros máximos admisibles* en los distintos casos y circunstancias. Por ejemplo, cuáles deben ser estos niveles en los casos de dormitorios, escuelas, hospitales, etc. al efecto de no molestar e interferir con las respectivas actividades, o bien cuáles deben ser los niveles en el caso de ambientes industriales para proteger la audición de los trabajadores.

Esto ha venido siendo motivo de estudio e investigación a lo largo de las últimas décadas, y actualmente existe legislación, ordenanzas, reglamentos y normas de medición, a niveles nacional, internacional y comunitario que regulan niveles sonoros de fuentes (maquinaria, automóviles, motos, etc.) y niveles en ambientes determinados (Ref. 8).

A los efectos de lograr niveles aceptables en recintos, las edificaciones deben cumplir unas normas básicas de la edificación, que fijan *aislamientos* mínimos requeridos entre los distintos tipos y usos de recintos, compatibles con los materiales y tecnologías en uso en la edificación (Ref. 9), entendien-

do por aislamiento de un elemento constructivo el número de dB de atenuación que introduce en el recinto.

En este punto del aislamiento conviene tener presente que duplicar el espesor, es decir, la masa del paramento, sólo aumenta 6 dB su aislamiento. De ahí que para conseguir fuertes aislamientos sin utilizar espesores prohibitivos haya que recurrir a los dobles paramentos, utilizados tanto en fachadas como en ventanas, etc.

A nivel urbanístico (Ref. 11), y esto choca con el hecho real de la antigüedad de las ciudades, existen criterios acústicos que en buena medida son de sentido común, que consisten en primer lugar en la separación y agrupamientos de zonas urbanas de acuerdo con su sensibilidad o «agresividad» acústica: Zonas residenciales, comerciales, industriales, escolares, hospitalarias, etc.

Otro aspecto acústico urbano es una ordenación del tráfico, tanto rodado como aéreo: Vías de penetración protegidas por zonas industriales; posición de semáforos, vías ascendentes, calles peatonales, etc. Estaciones de trenes y de autobuses; situación y orientación de aeropuertos, etc. y en su caso, uso de barreras acústicas, teniendo presente que no es fácil superar con ellas las 10 dBA de aislamiento.

Resumen

EL ruido es un agente físico contaminante común de la biosfera que «penetra a través de los cuerpos» y por tanto difícil de sustraerse a su presencia.

El oído del hombre es extremadamente sensible. Requiere una íntima energía mecánica para ser activado, con un enorme margen de capacidad de audición y perfectamente indicado para relacionarnos con el mundo exterior y en particular para la comunicación oral.

Ruidos intensos y exposiciones duraderas pueden dañar directamente el mecanismo de la audición, implantando diversos grados de sordera.

Ruidos inoportunos o sonidos no deseados pueden producir molestias, reducción de rendimiento, cansancio, trastornos síquicos, alteraciones de la conducta y perturbaciones sociales.

Las variaciones de sensaciones sonoras no son directamente proporcionales a las variaciones de estímulos, sino a su variación relativa, es decir, dependen de la cuantía del estímulo previo (como cualquier otro sentido). La

unidad de medida acústica, el decibelio, o décima parte del belio, sigue esta variación relativa.

El aislamiento acústico de recintos utiliza elementos masivos, cuyo excesivo espesor requiere en determinados casos el uso de dobles paredes o ventanas.

La absorción acústica requiere materiales porosos, fibrosos, ligeros, que no tienen poder aislante acústico, si bien pueden contribuir al aislamiento intercalado entre elementos dobles.

Situando placas acústicas absorbentes en locales se reduce el nivel de fondo y mejora la inteligibilidad de la palabra.

Las ciudades, en la planificación de su desarrollo, deben tener en cuenta criterios acústicos que reducirán la necesidad posterior de inversiones en control de ruido. Lo mismo es aplicable a la edificación.

A nivel municipal, son necesarios equipos técnicos especializados con instalaciones apropiadas para la aplicación de las ordenanzas correspondientes.

España, en cuanto a ruido, tiene niveles comparables a los países de su entorno mediterráneo.

Un aspecto final, pero no por ello menos importante en cuanto al ruido, es la educación ciudadana. Desde los primeros años, la enseñanza debería resaltar la importancia de nuestros sentidos, la necesidad de protegerlos y cuidarlos. Si todo lo relativo a la vista, y nunca mejor dicho, entra por los ojos, lo relativo al oído es menos obvio. No nos damos cuenta del tesoro que recibimos y cómo de forma inconsciente lo podemos deteriorar. Todo lo que se haga para resaltar su importancia y su fragilidad será a la larga beneficioso. A su vez hay que incidir en su falta de protección. Así como tenemos párpados y la posibilidad de «mirar para otro lado», el oído está siempre «abierto»; el sonido no es direccional, nos «rodea» y no es posible «ocultarse».

Por otra parte, el oído, tan necesario para la comunicación, está indefenso a los sonidos y ruidos de la propia comunidad, que interfieren con la vida privada, el descanso y sosiego a que tiene derecho todo ser humano. Esto habría de imbuirse desde temprana edad en los centros educativos, de forma que formemos futuros ciudadanos que sepan respetar la intimidad del prójimo y faciliten el disfrute de las delicias de la convivencia ciudadana, en lugar de sufrirla.

Referencias

1. López Barrio, I.; Carles, J. L.; Inigo, J.: «La identidad sonora urbana, Espacios sensibles». *Proceedings Tecnicaústica* 95. Soc. Española de Acústica, Madrid.

2. Fletcher, H.: *Speech and Hearing in Communication*. R. E. Krieger (Huntingdon New York), 1972.
3. Directiva de la C.E. 86/188/CEE.
4. Real Decreto 1316/1989.
5. Schultz, T. J.: Community Noise Ratings, Applied Acoustics 1972.
6. Lara Saenz, A.: *Physics of Noise*. Chapter 1, Noise Pollution, A. Lara-RWB Stephens (ed.), John Wiley, 1986.
7. Griefan, B.: *Noise pollution During the Night, A Possible Risk Factor for Health*, Chapter 10 on Noise Pollution (Lara-Stephens).
8. AENOR. CT-74. Normas sobre ruido de maquinaria.
9. Norma básica de la edificación. NBE/CA 88 MOP 1988 (en revisión).
10. Lara, A.; Moreno, A.; Santiago, J. S.: *Condicionantes acústicos en la edificación: Bases del control de ruido en edificios*. Publ. Tec. Patr. J. Cierva, CSIC 1975.
11. *El ruido en la ciudad. Gestión y control*. Ayuntamiento de Madrid (Concejalía del Medio Ambiente) - Soc. Española de Acústica, 1991.