

## EDITORIAL

Una vez más, cumpliendo con nuestro compromiso de informar y formar acerca de temas de interés general relacionados con el mundo de la Física, que afectan tanto al colectivo de los físicos como al de la sociedad, el Colegio Oficial de Físicos ha sacado a la luz este nuevo número de la revista Física y Sociedad.

Esta nueva edición que tiene en sus manos está dedicada de forma exclusiva a la Acústica, con el fin de alertar a la población de los riesgos de la contaminación acústica e instruirle sobre los métodos que tiene a su alcance para combatir, o por lo menos reducir, en gran medida, sus consecuencias y, al mismo tiempo, dejar constancia de la importancia, a veces olvidada, de éste campo de la Física.

A pesar del indiscutible incremento de los niveles de ruido en los últimos años, provocado principalmente por el tráfico rodado, a este tipo de contaminación no se le ha dado la importancia que merece, pues sus consecuencias no se manifiestan de manera rápida y tangible sino que aparecen de forma dilatada a lo largo del tiempo, presentándose como afecciones fisiológicas y psicológicas. Ha sido necesario el incremento de la sensibilidad social frente al ruido la que ha concedido a la Acústica la importancia que debía.

Tras estallar la alarma social se analizaron con profusión las distintas vertientes de esta problemática y se plantearon una serie de consideraciones a tener en cuenta. A partir de entonces y ante las numerosas quejas por parte de los vecinos con viviendas próximas a infraestructura urbana (vías de ferrocarril, autopistas, aeropuertos) se implicó al ruido en la planificación urbana convirtiéndose en un elemento determinante en el diseño urbano. La mayor sensibilización de la población junto con el incremento del ruido ambiental del centro de la ciudad provocado por el tráfico rodado y de lugares de ocio, etc. ha hecho necesario diseñar una política de rehabilitación del centro de las ciudades y un aislamiento de los edificios. A nivel normativo, hoy por hoy deficitario, se hace necesario coordinar la gestión y asunción de responsabilidades a todos los niveles: local, autonómico, estatal y europeo. Esta conciliación de puntos de vista implica integrar las directivas de la UE encaminadas a regular los niveles sonoros ambientales, en relación con la realidad social y cultural de los distintos países y regiones. Mientras esto se consigue se ha de potenciar a nivel local, autonómico y estatal la elaboración de mapas acústicos y de redes de control de la contaminación acústica para conocer los niveles de ruido a tiempo real. Además, hemos de prestar atención al ciudadano habilitándole sistemas que le proporcionen una mejor formación e información que le ayuden a comprender el problema de la contaminación acústica.

Es precisamente en este sentido en el que nosotros hemos querido colaborar de alguna forma, de ahí que hayamos puesto todos nuestros esfuerzos para lograr que la idea de sacar un número monográfico sobre contaminación acústica llegara a ser una realidad. En este sentido, los Físicos tienen mucho que decir y aportar en el campo de la Acústica, ya que ésta ha estado presente, en mayor o menor medida a lo largo de su historia, en los planes de estudio de su licenciatura. De ahí, que sea frecuente encontrar a nuestros compañeros ocupando puestos de responsabilidad en la gestión y en la técnica de éste área, en las distintas administraciones, instituciones y empresas.

Como es sabido, en los últimos seis años el Colegio Oficial de Físicos ha organizado, junto con otras instituciones profesionales, cuatro ediciones del Congreso Nacional del Medio Ambiente. Este foro nació en 1992 e impulsado por su éxito ha continuado celebrándose cada dos años, y se ha convertido en el lugar de encuentro del sector ambiental en España, donde tienen cabida las opiniones y tendencias de todos los agentes involucrados en la defensa de nuestro entorno. Siguiendo con su periodicidad bienal ha sido el año 2000 el encargado de ofrecer a la sociedad el V Congreso Nacional del Medio Ambiente.

La actividad más emblemática que tiene lugar en el seno de estos Congresos son los Grupos de Trabajo, en donde expertos en cada materia revisan la actualidad ambiental desde sus distintas vertientes y proponen una serie de actuaciones y recomendaciones en las respectivas materias. El comité organizador del Congreso, del que forma parte activa el Colegio Oficial de Físicos, concienciado de la gravedad del problema de la contaminación acústica le ha dedicado un Grupo de Trabajo (GT2).

Por otra parte el Colegio Oficial de Físicos, en su preocupación de participar en el campo de la Enseñanza, organiza en colaboración con el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, cursos para la formación de docentes en diversas áreas, y entre otras en Acústica. Somos conscientes de que el prestar vehículos específicos de formación acústica a los profesionales es una labor importante, y donde el Colegio Oficial de Físicos debe jugar un papel relevante.

Deseamos que todos los lectores de Física y Sociedad al final de su lectura vean satisfecha su curiosidad informativas. Si fuera así, todos los esfuerzos e ilusiones puestos en este número se verán recompensados. Al mismo tiempo quiero agradecer a todos aquellos autores y colaboradores que han hecho posible el ejemplar que ahora tienes entre tus manos y en especial a la Comunidad Autónoma de Madrid, que a través de la Consejería de Medio Ambiente ha colaborado y ha prestado apoyo económico y técnico a esta edición.

Esperando, una vez más, que este monográfico os resulte de interés y, a la vez, útil, os mando un cordial saludo.

*Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo*

## CONCEPTOS FÍSICOS DE LAS ONDAS SONORAS

*Pablo Laforga Fernández.*

*Director-consultor de Ahuza Medio Ambiente S.L.*

**El estudio del sonido debe tener presente tanto la onda sonora (causa) como la sensación percibida (efecto). El comportamiento de la sensación sonora aconseja representar las propiedades físicas del sonido mediante la escala de nivel de una magnitud física.**

**El ruido, sonido indeseado, perjudica la salud física y psíquica; su solución exige actuar en distintos campos: legislación, control de los focos ruidosos, sensibilización ciudadana, acústica de los edificios, etc.**

El sonido es una sensación producida en el oído por determinadas oscilaciones de la presión exterior. La sucesión de compresiones y enrarecimientos que provoca la onda acústica al desplazarse por el medio hace que la presión existente fluctúe en torno a su valor de equilibrio; estas variaciones de presión actúan sobre la membrana del oído y provocan en el tímpano vibraciones forzadas de idéntica frecuencia, originando la sensación de sonido. Un oído humano normal sólo puede convertir en sensación sonora variaciones de presión que oscilen con una frecuencia entre 16 y 20.000 Hz y cuya amplitud supere el denominado umbral de audición y no exceda el de sensación de dolor (los valores-umbral dependen de la frecuencia y, a su vez, el rango de frecuencias audibles depende de la amplitud de la variación de presión).

Para caracterizar físicamente el ruido se utiliza la presión acústica instantánea o diferencia entre la presión instantánea en un punto y la presión constante de equilibrio; la intensidad acústica o energía por unidad de tiempo que atraviesa la unidad de superficie normal a la dirección de propagación; y la potencia acústica de una fuente sonora o energía por unidad de tiempo emita por la fuente en todas direcciones. El valor medio de la presión acústica es aproximadamente nulo, por lo que es más conveniente utilizar otra magnitud, la presión acústica eficaz o raíz cuadrada del promedio temporal del cuadrado de la presión acústica instantánea, que está relacionada con la energía que transporta la onda.

La percepción subjetiva del sonido viene caracterizada por tres cualidades: la intensidad, el tono y el timbre. La intensidad distingue entre sonidos altos y bajos y está relacionada con la intensidad acústica o con la presión acústica eficaz. El tono o altura, diferencia los sonidos agudos de los graves y equivale a la frecuencia del sonido (cuanto más agudo es un sonido mayor es su frecuencia).

Los sonidos monotonales (un solo tono) están compuestos, en general, por un sonido principal que determina el tono (frecuencia fundamental) y por otros secundarios con frecuencia igual a un múltiplo entero de la fundamental (armónicos). La contribución relativa de cada armónico determina la calidad tonal del sonido o timbre del sonido.

Aparecen, pues, dos conceptos esencialmente distintos aunque íntimamente relacionados: por un lado, la onda sonora o ente físico capaz de producir la sensación de sonido; y por el otro, la sonoridad o sensación subjetiva producida por ciertas variaciones de presión en el oído.

El oído es muy sensible, responde a variaciones de presión extremadamente débiles (el umbral de dolor o sonido audible más alto representa solamente la diezmilésima parte de la presión atmosférica); a variaciones, además, que oscilan en un amplio rango de valores (el umbral de audición o sonido audible más bajo representa únicamente la millonésima parte del umbral de dolor). Sin embargo, no aprecia correctamente la intensidad de un sonido, el oído es incapaz de medir la intensidad acústica de dos sonidos de distinto tono, el sonido que oye más alto no tiene por qué ser el de mayor intensidad acústica; sólo es capaz de comparar con cierta precisión la intensidad de sonidos de la misma frecuencia.

El oído no responde de modo proporcional a los cambios en la intensidad acústica del sonido; si la intensidad del sonido se duplica, la sensación sonora no se multiplica por dos, no se oye el doble de alto. A diferencia de esto, la respuesta del oído tiene aproximadamente un comportamiento logarítmico, cuando la excitación física crece en progresión geométrica (multiplicando), la sensación subjetiva lo hace en progresión aritmética (sumando).

El comportamiento de la sensación sonora o sonoridad y el amplio rango de amplitudes que el oído humano percibe hacen aconsejable no representar los sonidos directamente con las magnitudes físicas indicadas, sino con los logaritmos de esas magnitudes o niveles de esas magnitudes: nivel de presión acústica, nivel de intensidad acústica, nivel de potencia acústica – la escala de nivel o escala logarítmica se asemeja más al comportamiento del oído, cuando multiplicamos dos valores de una magnitud física (crecimiento geométrico), los correspondientes niveles se suman (crecimiento aritmético)-. La unidad de medida en la escala de nivel es el decibelio.

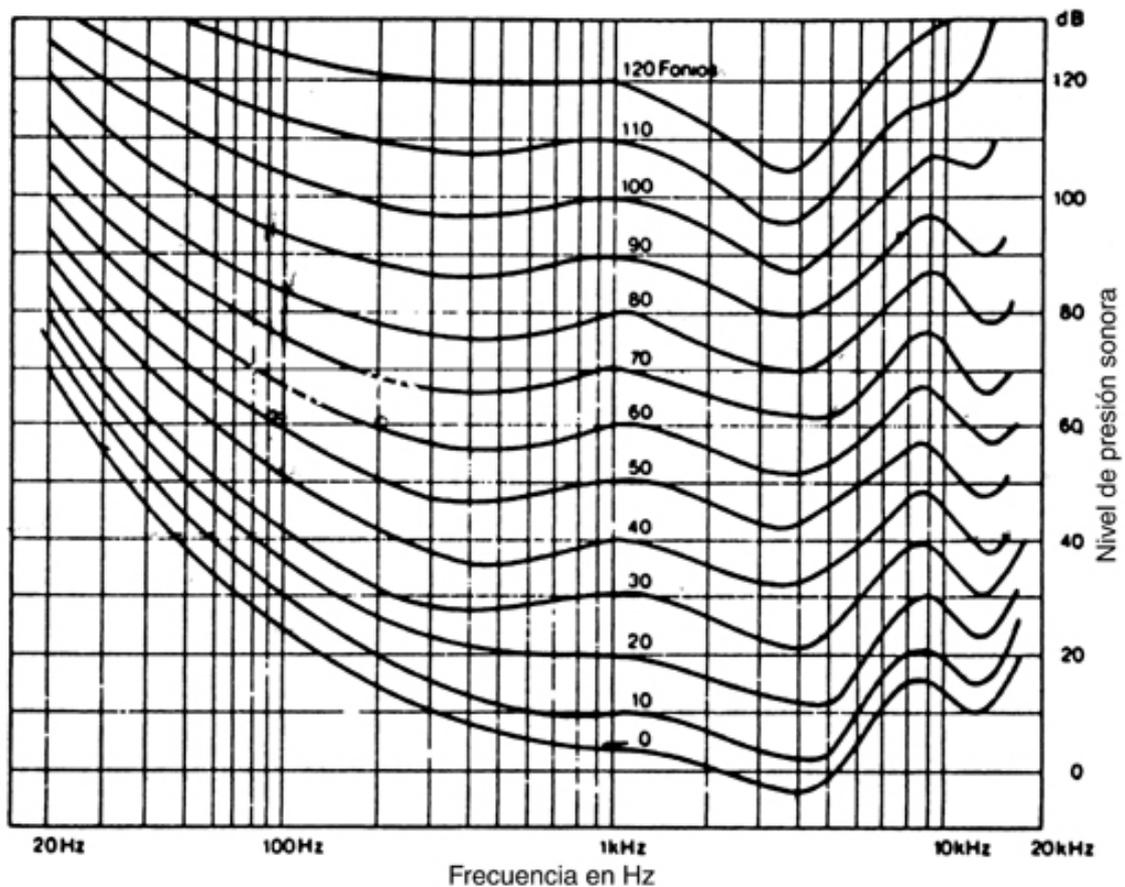
En general, los sonidos están formados por unión de componentes de distinta frecuencia, dependiendo su sonoridad de las contribuciones relativas de cada componente, es decir, de las frecuencias presentes y de las intensidades correspondientes. Físicamente, se representan mediante una curva cuyos puntos dan la intensidad en función de la frecuencia (espectro de frecuencia de un sonido).

La sonoridad es una característica subjetiva que no se puede apreciar con un equipo de medida. Estudios realizados sobre un gran número de oyentes normales ha permitido tabular un conjunto de curvas de igual sonoridad (curvas isofónicas) que indican, para cada nivel de sonoridad, el nivel sonoro de los distintos tonos puros que producen la misma sensación sonora (se comprueba que la corrección de nivel entre dos frecuencias distintas para que ofrezcan la misma sonoridad depende del valor de la sonoridad). Gracias a las curvas isofónicas puede establecerse, para una frecuencia dada, una relación entre el nivel sonoro objetivo y el nivel de sonoridad que transforman el espectro de frecuencias para niveles sonoros en un espectro de frecuencias en niveles de sonoridad, el cual indica directamente qué frecuencias del sonido complejo se oyen más. El nivel de sonoridad se mide en fonios: un sonido tiene un nivel de sonoridad de  $n$  fonios si, a juicio de un oyente normal, es igualmente intenso que un tono puro de 1 KHz cuyo nivel de presión sonora sea  $n$  decibelios.

## LOS DECIBELIOS

Sin embargo, en vez de utilizar todas las curvas isofónicas, se ha dividido el rango de valores posibles del nivel de sonoridad en tres tramos y se ha asignado un conjunto de valores para cada uno, a modo de curva de ponderación, que corrigen el nivel sonoro de cada sonido a fin de que exprese la sonoridad o sensación sonora producida. Así, se definen la curva de ponderación A (para niveles de sonoridad de menos de 55 fonios), la B (entre 55 y 80 fonios), la C (más de 80 fonios) y que junto a la curva de ponderación D, para ruido de aviones, determinan, respectivamente, los decibelios con ponderación A, los B, los C y los D – dB (A), dB (B), dB (C) y dB (D), respectivamente -.

Para ciertos menesteres, el espectro de frecuencia resulta excesivamente complejo, no acorde con los objetivos (por ejemplo, limitar legalmente las emisiones sonoras), y para los que sería más conveniente disponer de un único número que caracterizara, al menos parcialmente, el sonido en cuestión. La composición de niveles, técnica aplicable en general a los ruidos, permite asociar un número a un conjunto de sonidos (nivel global). La operativa consiste, esencialmente, en sumar los valores que la magnitud física correspondiente tome para cada sonido a componer y calcular, a continuación, el nivel de esa suma. Así, la composición de dos focos del mismo nivel sonoro equivale a aumentar el nivel de uno de ellos únicamente en 3 dB.



La propagación de un sonido en fluidos o su transmisión a través de sólidos no es uniforme para todas las frecuencias, mientras algunas frecuencias se transmiten fácilmente otras quedan prácticamente suprimidas. El uso de bandas (octavas, tercios de octava) está a medio camino entre la completa información contenida en un espectro de frecuencias y la escasa de un nivel global. A cada banda, que suele referirse mediante su frecuencia central (tabulada) y que contiene todas las frecuencias existentes entre un límite inferior y uno superior, se le asigna el nivel resultante de componer todos los sonidos presentes cuya frecuencia pertenezca a esa banda.

## **ACCIONES CONTRA EL RUIDO**

El sonido indeseado se denomina ruido. El ruido incide negativamente en la salud: pérdida de la capacidad auditiva, alteración de los ritmos cardíaco y respiratorio; estrés, inquietud, mal humor, etc. Un ruido de “sólo” 40 dB impide descansar adecuadamente. La contaminación sonora empieza a reconocerse igual de potencialmente peligrosa que la contaminación atmosférica. El problema del ruido debe acometerse simultáneamente en todos los frentes: mejora de las disposiciones legales, control más eficaz de las emisiones, concienciación y colaboración ciudadana, aumento del aislamiento acústico de los edificios, etc.

Los sistemas de tratamiento acústico pueden actuar en la emisión, en la transmisión y en la recepción. El tratamiento en la emisión consiste sencillamente en reducir el nivel de emisión y sus resultados inciden positivamente en todos los afectados. Los sistemas de tratamiento en la recepción actúan directamente sobre los afectados, individual o conjuntamente, evitando que los receptores oigan niveles indeseados de ruido (protectores auditivos, cabinas insonorizadas). Por último, los sistemas en la transmisión consisten esencialmente en interponer obstáculos que dificulten y limiten la propagación del sonido del emisor al receptor. Sin entrar en detalles, la eficacia de un sistema de tratamiento acústico se representa mediante su aislamiento acústico, el cual expresa la reducción que sufre el nivel de intensidad de un ruido debido al sistema acústico: un sistema que ofrece un aislamiento acústico al ruido aéreo de 20 dB reduce la intensidad acústica, pero de 20 dB en cuanto a la molestia asociada, ¡muy débil aislamiento!

Por último, recordemos que la potencia acústica de la mayor parte de los focos sonoros es extraordinariamente débil: 6 millones de personas, hablando simultáneamente, emiten una potencia apenas suficiente para encender una bombilla eléctrica de 60 W. Sin embargo, los efectos del ruido pueden ser muy perjudiciales para la salud y los son siempre para la calidad de vida.

**PEDRO CALVO POCH.**

### **Consejero de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid**

**Comienza su actividad política en 1983 en Nuevas Generaciones del PP. Después de diversas responsabilidades provinciales y regionales es elegido, en 1989, Presidente Regional de Nuevas Generaciones de Galicia. En 1990 es nombrado Secretario General de NN.GG. Tres años más tarde, en el Congreso Nacional de la organización, es seleccionado Presidente Nacional de Nuevas Generaciones. Desde la III Legislatura (1991), hasta la fecha, ejerce como Diputado de la Asamblea de Madrid y, durante la V Y VI Legislatura (1995-1999) como Senador por la Comunidad de Madrid. Durante 1998 y 1999 detentó el cargo de Presidente de la Comisión Especial de Redes Informáticas del Senado. En Julio de 1999 es nombrado Portavoz del Grupo Parlamentario Popular en la Asamblea de Madrid, hasta Junio 2000. Actualmente es el Consejero de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.**

**Desde su nueva responsabilidad como Consejero de Medio Ambiente, ¿Qué importancia le merece la contaminación acústica?**

La contaminación acústica es uno de los "efectos secundarios" derivados del desarrollo experimentado en nuestra sociedad y uno de los mayores problemas a los que hacer frente hoy en día en nuestras ciudades. El crecimiento de la actividad industrial y del volumen de tráfico son indicadores de un aumento de la calidad media de vida pero, lamentablemente, también conllevan un incremento en los niveles de contaminación acústica.

El ruido, al alcanzar ciertos niveles, origina molestias y efectos perjudiciales sobre la salud de las personas y la calidad de vida en general, por eso la Comunidad de Madrid viene desarrollando una serie de medidas tendentes a paliarlo en la medida de lo posible.

**¿Cuáles son los principales problemas de ruido en la Comunidad de Madrid?**

La Comunidad de Madrid es una de las regiones más modernas y avanzadas de España, lo cual, como he dicho, también conlleva los problemas característicos de una gran urbe. Además, si tenemos en cuenta que alrededor de la ciudad de Madrid existen otros grandes municipios en la corona metropolitana como Getafe, Alcobendas, Móstoles, Alcorcón o Alcalá de Henares, es fácil hacerse una idea de la situación actual.

La actividad industrial, las grandes infraestructuras de transporte, el elevado volumen de tráfico en todos los medios, el sector del ocio y el turístico, muy desarrollados en esta región, generan problemas que, aunque fundamentalmente son urbanos, cada vez es más frecuente encontrarlos en determinadas zonas rurales. Por ello las medidas puestas en marcha por la Comunidad de Madrid tras los estudios realizados van encaminadas a tratar los problemas en todos sus ámbitos, corrigiendo los ya creados y adoptando mecanismos preventivos para las zonas sin afección de ruido.

**La adecuación del Aeropuerto de Barajas supone un rechazo social por parte de posibles sectores afectados, ¿Cómo valora la Comunidad de Madrid las medidas correctoras propuestas?, ¿Cuál es el planteamiento ambiental llevado a cabo al respecto?**

La Consejería de Medio Ambiente tiene entre una de sus responsabilidades garantizar la conservación de nuestro medio, tanto rural como urbano, y protegerlo de todas las afecciones que puedan perjudicarlo.

Por otro lado, creo que a estas alturas nadie duda de la importancia de la ampliación del sistema aeroportuario de Madrid por sus implicaciones sociales, económicas y de comunicación, pues el desarrollo de la región depende en gran parte de esta infraestructura. Madrid, como capital del Estado, necesita una gran vía de comunicación con el resto del mundo acorde con las necesidades y demandas actuales en beneficio de todos. También es incuestionable la necesidad de minimizar el impacto que esta infraestructura pueda ocasionar.

Una vez llegados a este punto nuestra responsabilidad como administración ambiental regional es procurar que la afección al entorno sea la menor posible, si bien hay que tener claro que al tratarse de una obra de interés nacional el organismo competente en estas cuestiones es el Ministerio de Medio Ambiente.

En este sentido presentamos en su día al Ministerio un informe con las sugerencias realizadas al proyecto de Ampliación del sistema aeroportuario de Madrid. En el mismo, entre otras propuestas relativas a diversos ámbitos, se exponían una serie de consideraciones a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el proyecto referentes al ruido y las vibraciones. Así, por ejemplo, se instaba a la elaboración de mapas de los niveles acústicos en el ambiente exterior tanto por el día como por la noche, la medición de los niveles de ruido y vibraciones en los estados pre y postoperacional, la realización de una evaluación del impacto acústico previsible producido por las aeronaves, o la preparación de las medidas correctoras del impacto acústico y vibratorio a implantar en caso de resultar necesarias tras la evaluación efectuada, entre otras. Tras la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental presentaremos las alegaciones pertinentes antes de la publicación de la Declaración de Impacto Ambiental definitiva.

**Dado que el ruido es uno de los agentes contaminantes de nuestras ciudades que más preocupan a los ciudadanos, ¿Cuáles son los planes y programas que tiene previstos la Comunidad de Madrid para hacer frente al problema de la contaminación acústica?**

La Consejería de Medio Ambiente ha afrontado el problema acústico desde una política preventiva en la línea marcada de actuar desde la raíz y evitar el problema en lugar de solucionarlo con parches en forma de pantallas acústicas.

Así, en 1997 se elaboró un mapa de ruido en la Comunidad de Madrid tomando como modelo 17 municipios representativos con el fin de conocer el problema y los niveles a los que están sometidos los ciudadanos. Con esos datos, y una vez conocido el problema de forma objetiva, se aprobó en junio de 1999 el Decreto 78/1999 por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica en la Comunidad de Madrid, siendo esta región una vez más pionera al no existir una legislación integrada a nivel

nacional de protección contra la contaminación por ruido y vibraciones que tuviera en cuenta todos los factores incidentes.

Este Decreto tiene como objetivo prevenir la contaminación acústica y sus efectos sobre la salud de las personas y el medio ambiente, y establece los niveles, límites e instrumentos para que las Administraciones puedan cumplir los objetivos de calidad en materia acústica. Esta norma regula, en defecto de Ordenanzas municipales, la generación de ruido y vibraciones en todos los municipios de la Comunidad de Madrid, establece unos valores límite según los usos del suelo e integra las medidas de protección acústica en el planeamiento urbanístico.

Además de este Decreto se ha iniciado la elaboración del Plan de Actuaciones en materia de ruido y vibraciones de la Comunidad de Madrid, desarrollado en varias fases, que articulará las medidas concretas para atajar y resolver el problema del ruido en mejora de la calidad de vida de todos los madrileños. Dentro de este Plan se realizará un diagnóstico de la situación en las diferentes escenas y circunstancias, se identificarán los "puntos negros" sonoros y se jerarquizarán y se elaborará un catálogo de actuaciones de tipo preventivo.

Al margen, se están realizando otras actuaciones más concretas como el estudio "Afección acústica producida en la explotación de las líneas ferroviarias de RENFE en la Comunidad de Madrid" dentro del Convenio firmado con este organismo; un programa de corrección del impacto acústico producido en diferentes zonas de la región afectadas por carreteras, en colaboración con la Dirección General de Carreteras; un Catálogo de actividades potencialmente contaminantes por ruido y vibraciones o la instalación de barreras acústicas.

**En la UE se está desarrollando el borrador de una futura Directiva Europea sobre contaminación acústica, ¿Qué opinión le merece el esfuerzo por crear un marco de referencia para el desarrollo del resto de las normativas sobre la materia?**

España forma parte de la UE dentro de un marco común cultural, social y económico; esto significa que en muchas ocasiones los problemas que afectan a los diferentes Estados miembros también coinciden, por lo que la búsqueda de soluciones dentro de este marco de referencia es muy positivo. Sin embargo, siempre hay que tener en cuenta las peculiaridades climáticas, sociales y culturales de cada país y, en este sentido, España y otros países mediterráneos tienen unas particularidades que hacen necesario marcar algunas consideraciones específicas.

Como usted ha mencionado, se encuentra en estos momentos en fase de elaboración la Directiva europea sobre evaluación y gestión del ruido ambiental para, desde un planteamiento común, evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos de la exposición al ruido ambiental sobre la salud humana. Se basará esta normativa en la evaluación del ruido ambiental en los Estados miembros sobre la base de métodos comunes y en la información de la población sobre el ruido ambiental y sus efectos, previéndose la adopción de medidas para reducir el ruido cuando resulte necesario y para mantener la calidad del entorno acústico cuando esta sea buena.

La Consejería de Medio Ambiente colabora en la elaboración de esta Directiva realizando una serie de observaciones al borrador del texto. De esta forma, estamos de acuerdo con la existencia de los indicadores comunes dado que se pretenden alcanzar criterios homogéneos para una correcta comparación de los niveles de exposición a la contaminación acústica en todos los países, así como en la existencia de una evaluación común; tanto la normativa estatal como la regional se tendrá que adaptar a las nuevas exigencias comunitarias. Por el contrario se considera que algunos indicadores del ruido propuestos no son aceptables para los países del sur de Europa, dado que en estos países debido a las razones expuestas, no hay diferencias significativas entre el período diurno y vespertino en lo que a los niveles de ruido se refiere, al prolongarse las actividades hasta bien entrada la noche.

**Hablando de la normativa europea, ¿Considera efectivos los objetivos plasmados en el Libro Verde sobre el ruido realizado por la Comisión Europea?**

La Unión Europea, además de las Directivas destinadas a limitar la emisión de ruidos en origen por diversos tipos de máquinas y vehículos, publicó en 1996 un Libro Verde para poner de manifiesto la situación real de esta materia en su ámbito. Como resultado se crearon cinco grupos de trabajo para estudiar en detalle aspectos concretos como los descriptores a utilizar o los efectos sobre la salud. El proyecto de Directiva anteriormente comentado se basa en este documento y por tanto los objetivos recogidos serán los incluidos dentro de la normativa que todos los países miembros deberemos cumplir. Su efectividad o no habrá que comprobarla una vez aplicada, pero no dudo de la buena intención de los legisladores comunitarios ni de los estudios realizados previamente para el conocimiento efectivo de la situación y la efectividad de los mecanismos propuestos.

**En las ediciones celebradas hasta el momento del Congreso Nacional del Medio Ambiente, los técnicos en la materia han reivindicado la necesidad de llegar a una armonización de criterios y normativas que facilitan la vigilancia y el control de la contaminación acústica, ¿Qué opinión le merece esto?**

Es obvio que para que una determinada disposición tenga éxito y funcione adecuadamente es necesaria la participación y el compromiso de todos los agentes y sectores implicados. Este caso no es diferente y la adopción de criterios comunes para la vigilancia, control, prevención y eliminación del ruido es fundamental para alcanzar los objetivos propuestos.

La Consejería de Medio Ambiente comprobó que la mayoría de los ayuntamientos de la región carecían de una herramienta necesaria para la vigilancia, control y prevención del ruido pese a ser las entidades competentes para ello. La falta de una normativa en este sentido creaba un vacío importante por lo que se hizo el esfuerzo por desarrollar el Decreto de protección acústica para crear un marco que armonizara todas las actuaciones en este campo, consiguiendo que todos los nuevos planteamientos urbanísticos incluyan el criterio ambiental y de acústica a la hora de realizarse y prevenir de esta forma nuevos problemas en el futuro.

De igual forma, tras la publicación de la Directiva comunitaria, y una vez transpuesta a nuestro ordenamiento interno por el Gobierno central, habrá en nuestro país una normativa marco que reúna y concrete todas las medidas y criterios a adoptar en este sentido.

El ruido es una forma de contaminación medioambiental con efectos perjudiciales para la salud, sin embargo nos hemos acostumbrado de tal forma a tan altos niveles de ruido que no apreciamos el constante riesgo al que la sometemos, por lo tanto, ¿cree necesario hacer una campaña de formación e información al público sobre los niveles de ruido aceptables, los efectos, las formas de combatirlo...?

La gran variedad de focos emisores dentro de los diferentes sectores, la heterogeneidad de las actividades que generan contaminación acústica y la complejidad de las técnicas de control que requieren, dificultan la actuación de los poderes públicos encargados de su regulación y gestión. Aún así existe en nuestra Comunidad unos procedimientos de evaluación de impacto ambiental y de calificación ambiental para evitar la emisión de ruidos que pongan en peligro la salud humana, supongan un deterioro de las condiciones ambientales o afecten al equilibrio ecológico en general en la realización de las actividades potencialmente más contaminantes.

Hoy por hoy no existe una solución mágica que haga desaparecer este tipo de contaminación de forma inmediata, por ello el Decreto de la Comunidad de Madrid estipula, como medida cautelar, que cuando se superen más de 10 decibelios A en el período diurno y 7 en el nocturno, el Ayuntamiento o la Consejería de Medio Ambiente podrán ordenar la suspensión, precintado o clausura del foco emisor del ruido. A la vez, prevé el establecimiento de instrumentos económicos y financieros tendentes a incentivar las actuaciones de prevención y corrección de la contaminación acústica, así como convenios entre la Comunidad de Madrid y los Ayuntamientos con el fin de garantizar el cumplimiento de sus objetivos.

En todo momento la Comunidad de Madrid ha ido informando a los Ayuntamientos madrileños acerca de los estudios relacionados con la contaminación acústica, enviándose a cada municipio incluido en los mapas de ruido todos los datos recabados, para que conocieran las situación en sus términos municipales y adoptaran las medidas pertinentes; también se vienen celebrando jornadas informativas con estas entidades locales sobre el desarrollo y aplicación del Plan de Actuaciones en materia de ruido y vibraciones de la Comunidad de Madrid para su conocimiento. Por otro lado se ha editado un folleto dirigido a todos los ciudadanos sobre el ruido en la Comunidad de Madrid con datos referentes a las fuentes, efectos, criterios de calidad y niveles de ruido, y está prevista la edición desde la Dirección General de Educación y Promoción Ambiental de nuevas campañas en relación con todas las formas de contaminación del aire, incluida la acústica.

**Dentro de las iniciativas de difusión de las distintas problemáticas de medio ambiente, ¿qué le parece la existencia de un foro como el Congreso Nacional de Medio Ambiente destinado al diálogo y el intercambio de experiencias entre los profesionales del medio ambiente?**

Todos vivimos dentro del medio ambiente y por lo tanto, todo lo que le ocurre al medio nos afecta a cada uno de nosotros, por ello cualquier iniciativa o estudio encaminado a conocer más nuestro entorno y sus condicionantes es muy positivo y enriquecedor. La existencia de un foro como el Congreso Nacional de Medio Ambiente permite una puesta en común de los avances y conocimientos realizados dentro de una variedad de áreas que afectan al medio ambiente, y esto beneficia a toda la sociedad en conjunto, porque permite ir avanzando en el conocimiento y la resolución de los problemas, a la vez que sirve para concienciar a la población de lo vital que resulta asumir un respeto y una conducta ambiental adecuada por su propio bien.

El Congreso Nacional de Medio Ambiente se ha convertido, tras las cuatro ediciones celebradas, en un referente para todos los profesionales del medio ambiente en nuestro país en ámbitos tan diversos como las empresas, movimiento asociativo, mundo universitario o administraciones públicas, y un punto de reunión desde el que mirar con optimismo el futuro de nuestro país y del planeta.

## **EL RUIDO EN LAS LÍNEAS FERROVIARIAS**

*Rosa María Matas López / Pedro Pérez del Campo*  
*Renfe. Gerencia de Medio Ambiente.*

**El ferrocarril constituye en la actualidad un medio de transporte capaz de introducir en la ciudad a gran cantidad de población, y una de las principales fuentes sonoras que constituyen el medio acústico en zonas urbanas.**

**Para Renfe la solución al problema del ruido ha de ser ante todo preventiva, lo que implica un respeto a la planificación del corredor trazado, la incorporación de elementos absorbentes y la aplicación de un procedimiento de lucha contra el ruido. Este artículo profundiza sobre la actuación de estas medidas en cada una de las situaciones urbanas existentes a las que se ha de enfrentar.**

El ferrocarril representa en el entorno de las grandes ciudades, un elemento clave en la vertebración del territorio y la reciente expansión urbanística. Por esta razón, se concentra una gran densidad de población en sus inmediaciones que compatibiliza las ventajas y desventajas del tráfico ferroviario.

En los núcleos urbanos, las cercanías constituyen un modo de transporte colectivo capaz de introducir hasta el mismo centro de la ciudad gran cantidad de viajeros en horas punta. El aumento progresivo de la frecuencia de estas prestaciones y las mejoras en la velocidad de los trenes traen asociada una molestia acústica a lo largo de la franja afectada.

Aunque bien es verdad que se trabaja en conseguir un material cada vez más silencioso y en introducir elementos de vía elásticos capaces de absorber parte de ese ruido; la sensibilidad de la población afectada es también creciente y la falta de ruido es un parámetro de la llamada “calidad de vida”.

Nos enfrentamos pues, a un problema difícil en el que tanto las mejoras en las causas del ruido (intervención sobre las fuentes del mismo) como una adecuada planificación en el territorio ocupado por los receptores han de coordinar una solución conjunta.

### **FUENTES DE RUIDO FERROVIARIO**

El ruido, originado por el tráfico ferroviario, se caracteriza por ser un ruido discontinuo en el tiempo, ya que obedece a fenómenos discretos con una determinada frecuencia. Las fuentes de este ruido varían en función de la velocidad del tren: para velocidades bajas predominan el ruido motor, en locomotoras diesel, y el ruido de contacto rueda-carril. A medida que se incrementa la velocidad tiene mayor importancia el ruido aerodinámico, predominante en las circulaciones a alta velocidad.

Otras fuentes de ruido, surgen como consecuencia del resto de las actividades ferroviarias: ruido en talleres, operaciones de mantenimiento, limpieza de trenes, megafonía y operaciones de frenado y puesta en marcha en estaciones, etc.

## **SISTEMAS DE AMORTIGUACIÓN SONORA. NUEVAS INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS**

Los Proyectos de nuevas infraestructuras ferroviarias están sujetos al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental ( R.D.L. 1302/86, de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento R.D. 1131/1988). Este procedimiento, con un carácter totalmente preventivo, pretende detectar situaciones acústicas conflictivas que puedan originarse como consecuencia de la construcción y puesta en funcionamiento de la nueva vía. Es en este momento cuando la solución al problema de ruido es más factible planificando adecuadamente el corredor del trazado, mediante un diseño correcto de estructuras singulares: boquillas de túneles, viaductos, falsos túneles, etc., así como la utilización de elementos absorbentes bajo la plataforma de vía y en el contacto traviesa-carril.

De todas formas existe una distancia crítica, que dependerá de la topografía de la zona, el tipo de trenes y la velocidad prevista en cada tramo, en que la nueva infraestructura tendrá una servidumbre sonora y que debería respetarse en las zonas urbanizadas. Este problema se ve fuertemente agravado en la penetración en las grandes ciudades, donde los corredores posibles están definidos y deben ajustarse a los ya existentes.

La utilización de caballones de tierra en los márgenes de la vía, en zonas donde no existe problema de espacio, es una solución óptima que resuelve a su vez dos impactos asociados a la nueva infraestructura: respeta una distancia con posibles receptores, aminorando la molestia acústica y se gestiona adecuadamente el material sobrante a vertedero, que constituye a veces volúmenes importantes difíciles de ubicar, del modo que actualmente se viene realizando en las autopistas de circunvalación de la ciudad de Madrid.

Las últimas D.I.A. de proyectos ferroviarios establecen unos niveles máximos de inmisión, medidos a 2m de las fachadas y a la altura de la planta superior, que la nueva infraestructura no debe superar. Para zonas residenciales, en las que los parámetros son más exigentes, estos son:

- Leq (7-23 h) < 65 dBA
- Leq (23-7 h) < 55 dBA
- En todo el trazado el nivel máximo de inmisión  $L_{max} < 85$  dBA

Cuando las características de diseño no permiten conseguir estos niveles, el Proyecto recurre a la colocación de pantallas acústicas que disminuyan las molestias por ruido de los posibles receptores hasta los parámetros exigidos.

Estas medidas deben estar diseñadas a nivel de Proyecto Constructivo. Es necesario valorarlas económicamente e incluir esta partida en el Presupuesto del Proyecto. El promotor de la obra estará obligado a ejecutar y vigilar su construcción.

## **SITUACIÓN ACÚSTICA EN TRAVE-SÍAS URBANAS CONSOLIDADAS**

La situación es muy distinta si se trata de una travesía urbana ya consolidada. Las denuncias acústicas surgen como consecuencia de la aparición de nuevas viviendas y nuevos ciudadanos en las proximidades de la vía. Está demostrado que los convecinos históricos del ferrocarril admiten con mayor tolerancia el ruido y la actividad ferroviaria a la que están acostumbrados y han incorporado en las características de su hábitat cotidiano, mientras que estos “nuevos convecinos” muestran mayor sensibilidad ante esa molestia acústica.

El aumento en la frecuencia de circulaciones ferroviarias, sobre todo en entornos urbanos-periurbanos como consecuencia de mejores prestaciones en el servicio de cercanías también desencadena numerosas denuncias por molestias acústicas. Sólo en el núcleo de cercanías de Madrid, se mueven del orden de 800.000 viajeros diarios y la programación de circulaciones supera los 1.200 trenes /día.

## **POLÍTICA DE ACTUACIÓN. ESTRATEGIAS DE LUCHA CONTRA EL RUIDO**

Renfe, ante la creciente sensibilización general de la población y las denuncias o quejas que ésta interpone, ha establecido una política de actuación en materia acústica, ya que entiende que la solución a este problema ha de ser ante todo preventiva a la vez que se investiga en todos los elementos que intervienen.

En los últimos cuatro años, Renfe ha firmado una serie de convenios con administraciones también implicadas en el problema de ruido: Comunidades Autónomas, Ayuntamientos y un convenio marco con la Federación Española de Municipios y Provincias, al que se van adhiriendo distintos municipios para estudiar de forma conjunta el problema acústico en sus travesías ferroviarias urbanas.

El procedimiento general, en zonas urbanísticamente consolidadas, es similar en todos los casos y se desarrolla en varias fases consecutivas:

• **Fase I:** el compromiso comienza por un estudio de caracterización acústica de la franja ferroviaria o de aquellos tramos de la travesía en los que existe una constatada molestia acústica. Los principales descriptores del ruido utilizados en este tipo de estudio son:

- Nivel equivalente al paso del tren
- Nivel máximo al paso del tren
- Nivel equivalente diurno
- Nivel equivalente nocturno
- Nivel equivalente en las franjas horarias de alta frecuencia de tráfico.

• **Fase II:** la fase de caracterización permite detectar aquellas zonas con mayor incidencia acústica. En esta segunda fase, dichas áreas serán objeto de un estudio de medidas correctoras de carácter sonoro, que generalmente se traducirá en un Proyecto de pantallas acústicas o en actuaciones sobre la propia vía (cambio de carril, sustitución de desvíos, eliminación de asientos e irregularidades, revisión de elementos: tornillos,

tirafondos, traviesas, etc.), si se comprueba que el mal estado de los aparatos de vía o material intensifican el ruido que cabe esperar en una circulación normal.

- **Fase III:** ejecución de esas medidas correctoras, cofinanciadas por los diversos organismos implicados y nunca de manera unilateral por Renfe.

## **SITUACIÓN ACÚSTICA EN ZONAS NO CONSOLIDADAS. UNA ASIGNATURA PENDIENTE**

Queda pendiente aún otra asignatura, ¿Cómo actuar en zonas no consolidadas, en las que el ferrocarril ya existe y son los planes urbanísticos los que invaden esa franja de servidumbre sonora de la que ya hemos hablado?. En estos casos, el ferrocarril seguirá investigando para mejorar su material móvil, construir trenes cada vez más confortables y silenciosos y avanzar en unas características de vía “más absorbentes” y una conducción eficaz en todos los sentidos. Pero, paralelamente a esa sensibilidad creciente frente al ruido debe exigirse que las distancias críticas a las infraestructuras de transporte sean respetadas y -de no ser así- se involucre económicamente en las medidas a adoptar a los promotores de las nuevas edificaciones.

La solución última al problema de ruido ha de encontrarse de forma coordinada y conjunta entre las distintas administraciones implicadas. El Decreto 78/98, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid, ya apunta una planificación adecuada en la ordenación de los usos del territorio y las actividades, de tal forma que no se establezcan zonas de alta sensibilidad acústica junto a usos de suelo fundamentalmente ruidosos, y por tanto con baja o nula sensibilidad acústica.

Esta planificación, totalmente preventiva se complementa con la prohibición de incrementar nuevas fuentes de ruido en aquellas áreas consolidadas y altamente ruidosas.

## **RUIDO Y CONVIVENCIA: PROPUESTAS PARA LA SOLUCIÓN DE UN CONFLICTO**

*Juan Martín Pérez.*

*Responsable técnico del departamento de Medio Ambiente (CAVE).*

**El ruido y el ocio constituyen en la actualidad los dos focos contaminantes acústicos más importantes que afectan a la calidad de vida de los ciudadanos.**

**Las autoridades locales se ven presionadas ante la exigencia de posibles soluciones. Sin embargo, el problema tiene difícil solución ya que se enfrentan dos derechos antagónicos, por un lado el derecho al descanso de los ciudadanos y por otro el derecho a la diversión y al ocio. En este artículo se señalan posibles soluciones.**

Las encuestas de opinión realizadas por la Unión Europea<sup>1</sup> muestran que la contaminación acústica está considerada como una de las causas que más afecta a la calidad de vida de los ciudadanos y, que los efectos económicos negativos que implica lejos de reducirse, se incrementan con el paso de los años.

Su origen hay que atribuirlo al progresivo aumento del parque de vehículos, al incremento de la movilidad urbana, al desarrollo y crecimiento de los núcleos urbanos basados en la especialización funcional y al incremento de las actividades de ocio y de turismo por el aumento de renta.

Paralelamente, las autoridades responsables han otorgado escasa importancia a este tipo de contaminación, inconstante en el espacio y en el tiempo, que aparentemente no degrada el medio de forma tan evidente como otros tipos de contaminación: vertidos, residuos, etc.

A pesar de afectar cada día a un mayor número de núcleos urbanos, el ruido es fundamentalmente un problema local, que adopta formas muy variadas en las diferentes ciudades en función de sus actividades económicas, de su desarrollo urbano y de la idiosincrasia de sus habitantes.

### **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA**

La contaminación acústica en España tiene una especial incidencia por las condiciones climáticas, por nuestra forma de vivir (la calle es un lugar de encuentro y reunión) y por ser el destino elegido por millones de turistas para pasar sus vacaciones. La confluencia de estos tres aspectos, principalmente en las épocas estivales, constituye un punto de partida necesario para dimensionar este importante problema ambiental.

---

<sup>1</sup> Eurobarómetro. Comisión Europea. El Medio ambiente en la Unión Europea en el umbral del S. XXI. AEMA, Copenhague, 1999

## **LA CULTURA DEL OCIO Y SUS CONSECUENCIAS**

Las actividades de ocio y diversión constituyen uno de los focos contaminantes acústicos más significativos en nuestro país, por la cantidad y variedad de locales y establecimientos necesarios para atender a las demandas de sectores de población (preferentemente jóvenes), por las condiciones climáticas y por los hábitos culturales de la población.

Los niveles de contaminación acústica en este sector proceden de los aparatos reproductores de música y de las actuaciones al aire libre, así como de las actitudes del público que acude a estos lugares.

Cuando las condiciones climáticas lo permiten, principalmente en primavera y verano, estas actividades se trasladan a espacios abiertos ocupando lugares públicos, vías, plazas y jardines ubicados en zonas residenciales, impidiendo el descanso de los vecinos, ya que los máximos niveles de contaminación abarcan gran parte del horario nocturno y se incrementan con periodicidad, sobre todo los fines de semana.

En un breve espacio de tiempo el ocio nocturno se ha convertido en un problema grave que afecta a numerosos municipios. Si bien es cierto que en principio fueron sobre todo los municipios turísticos los más afectados, afección que en algunos casos amenaza las posibilidades de su propio desarrollo económico<sup>2</sup>, hoy en día, el problema trasciende a la mayoría de los núcleos urbanos de diverso peso demográfico.

Las autoridades locales, responsables de su control y seguimiento, se enfrentan a la presión de los ciudadanos que por un lado reclaman su derecho al descanso y, por otro su derecho a la diversión y al ocio. Los sucesivos intentos de regulación no satisfacen los deseos antagónicos ocasionando, en algunos lugares, violentos conflictos en las regulaciones de los horarios de cierre de los locales nocturnos.

## **DERECHOS ANTAGÓNICOS**

Sin embargo, no se puede equiparar el derecho al descanso y a un medio ambiente adecuado (artículo 45 de la Constitución) y el derecho al ejercicio de una actividad empresarial (artículo 38). Así el Tribunal Constitucional en su sentencia 64/ 1982, del 4 de noviembre, interpretó que el derecho al medio ambiente se constituye en límite legítimo a la actividad económica y, posteriormente, el Tribunal Supremo en una Sentencia del 7 de noviembre de 1990 afirmaba que "el derecho del empresario no puede abatir, en su beneficio, el derecho a gozar de un medio ambiente saludable".

Desde el movimiento vecinal se debe apostar por conciliar los dos derechos: el derecho al descanso y el derecho al ocio y la diversión, planteado desde aquí se pueden encontrar posibles soluciones<sup>3</sup>. La firma de protocolos entre los colectivos implicados y las administraciones puede ser una buena estrategia de partida aunque no exenta de

---

<sup>2</sup> Informe Especial al Parlamento. Defensor del Pueblo Andaluz, Sevilla, 1996

<sup>3</sup> Conclusiones de la Mesa de Trabajo "Ocio nocturno-descanso vecinal. XII Asamblea General de CAVE. Orense, 2000.

problemas, un ejemplo lo encontramos en el caso de Madrid: Protocolo Administraciones, AA.VV. y A. Empresariales.

## **ESTRATEGIAS DE LUCHA CONTRA EL RUIDO**

Se pueden adoptar unas estrategias de actuación para la resolución del problema, entre las que citamos:

- Las posibles soluciones en aplicación del principio de "corresponsabilidad" pasan por la participación y el compromiso de los diferentes agentes que intervienen en el problema: jóvenes, empresarios, vecinos, Administraciones (voluntad política de atajar este tipo de contaminación) para establecer estrategias de actuación consensuadas.
- El acondicionamiento acústico de muchos locales es deficiente o simplemente no existe. Actualmente, el principio de "quien contamina paga" no se aplica de forma correcta en la resolución de los problemas que ocasiona la contaminación acústica, hecho que perjudica a los empresarios que cumplen la normativa y beneficia a los que la incumplen.
- La educación y sensibilización por medio de campañas dirigidas a todos los sectores de la población, desde los más jóvenes hasta los adultos, para difundir una nueva cultura del ocio, de la diversión y del tiempo libre.
- La formación y la información en materia de contaminación acústica son instrumentos de prevención al servicio de los ciudadanos que deben contribuir a reducir las emisiones contaminantes.
- Actualmente, muchos municipios tienen carencia de medios humanos, técnicos y materiales para ejercer un control más riguroso y sanciones eficaces para el cumplimiento de la legislación: horario de cierre, control de los niveles sonoros, actividades sin licencia, falta de acondicionamiento acústico, etc. Es necesario incorporar nuevos recursos para la inspección, control y seguimiento de las actividades contaminantes.
- En la contaminación acústica urbana confluyen competencias de varias Administraciones Públicas, pero deben abordarse desde el ámbito municipal. La descoordinación administrativa es evidente y los ciudadanos que padecen este tipo de contaminación no conocen a qué Administración dirigirse para que les solucionen los problemas que les impiden el descanso encontrándose en una situación de verdadera indefensión. Su solución pasa por las largas y costosas tramitaciones administrativas, por la lentitud de las resoluciones judiciales y por las presiones o impopularidad de las denuncias.
- Existe una variada tipología de establecimientos públicos de difícil regulación, que impide su aplicación práctica, produciendo situaciones de carácter discrecional en el otorgamiento de licencias. Es imprescindible establecer un Catalogo General de Actividades, válido para todos los municipios.

- La incorporación de instrumentos económicos en las políticas y programas de reducción del ruido puede favorecer la consolidación de los ambientes urbanos poco ruidosos mejorando la calidad de vida de los ciudadanos.
- Promulgación de una Ley sobre la contaminación acústica ambiental como legislación básica de Medio Ambiente. Actualmente sólo existe la Ley 38/72, de 22 de diciembre de Protección del Medio Ambiente Atmosférico, que no regula esta materia.
- Desarrollo por parte de las Corporaciones municipales de Ordenanzas sobre Ruido y Vibraciones.
- La tramitación rápida de las denuncias de los afectados y de las licencias de obra, actividad y funcionamiento de los locales, que reúnan las condiciones necesarias.
- La planificación racional de las actividades para lograr un equilibrio dentro de la trama urbana e incorporar las compatibilidades de usos y derechos. Constituye una herramienta preventiva en la reducción de la contaminación acústica. La compatibilidad de usos del suelo y la distribución de los establecimientos de ocio y diversión debe ser un paso previo para la solución del problema en el crecimiento de la trama urbana.

Existe una falta de coordinación entre los instrumentos de planificación y las medidas ambientales.

## **ACTUACIONES ESTRATÉGICAS CONTRA EL RUIDO EN ZARAGOZA**

*Javier Celma Celma / Miguel Ángel Luzón*

*Unidad de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Zaragoza*

**El primer mapa de ruido ha sido elaborado, de forma pionera a nivel municipal, por el Ayuntamiento de Zaragoza, con el objetivo de ampliar los estudios sobre los niveles de contaminación acústica existentes en la ciudad. A lo largo del artículo se comentan los resultados obtenidos tras su aplicación y la técnica utilizada para la realización de los mismos.**

El ruido, la contaminación sonora, constituye un elemento más de la degradación ambiental, mostrándose con especial incidencia en el medio urbano. A diferencia de otras problemáticas medioambientales, la producción de ruido tiene unas raíces profundas en la cultura y la cotidianeidad de las sociedades.

Este problema se manifiesta normalmente en las ciudades. El transporte colectivo o privado, las actividades industriales, obras públicas, ocio y los electrodomésticos instalados en el hogar contribuyen notablemente a la creación de un clima sonoro urbano.

Este conjunto de ruido ambiental, no produce normalmente niveles suficientemente altos de causa de sordera pero produce efectos fáciles de reconocer y de percibir, que se suele denominar molestia. Esta situación puede ir desde la interferencia en la comunicación hablada, pasando por la interrupción del sueño, etc., hasta originar estados mentales difíciles de definir, pero indeseables, debidos al ruido. El sujeto afectado es principalmente el ser humano, ya que la incidencia es mínima respecto de los demás sectores ambientales, por lo que es un fenómeno típicamente social.

### **AUSENCIA LEGISLATIVA**

En la actualidad, el ruido no ha podido superar la fase previa de niveles de emisión en la fuente misma de esa perturbación, de aquí su regulación pormenorizada en la Comunidad Europea y la dificultad de dictar una Directiva marco sobre calidad ambiental que fije unos valores de inmisión en el entorno urbano. Esta ausencia legislativa en materia de ruido tiene su principal exponente en el caso de España, que todavía no dispone de una normativa con rango de Ley que fije los niveles de calidad sonora para la población.

La ausencia de legislación, el cúmulo de factores asociados al ruido (sociales, culturales, climáticos, etc.) unidos al de la percepción y la falta de recursos municipales hace que la lucha contra el ruido en las ciudades adquiera caracteres de gran complejidad, con resultados bastante desesperanzadores.

No obstante, los ciudadanos cada día son más sensibles al ruido, exigen de la administración municipal políticas y acciones más decididas para contrarrestar sus efectos.

En este sentido, en Zaragoza estamos desarrollando varias vías de actuación que a continuación vamos a comentar brevemente.

## **VÍA DE DIAGNÓSTICO. MAPAS DE RUIDO**

Para plantear una serie de acciones contra el ruido, es necesario conocer cómo se produce, cuál es su distribución, así como el impacto del mismo en la población. Para ello es necesario realizar diagnósticos rigurosos y precisos que nos ayuden en la posterior toma de decisiones. En este sentido los mapas de ruido se manifiestan como los instrumentos más adecuados.

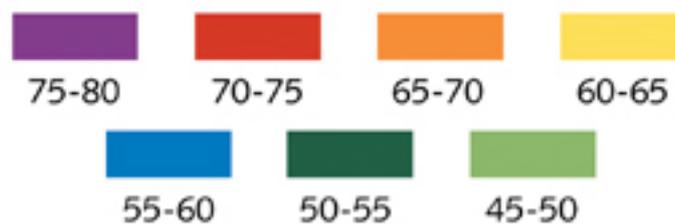
En 1990, se elaboró el primer mapa de ruidos, alcanzando dicho estudio a todo el término municipal.

La metodología desarrollada, consistió en establecer una retícula de 200 x 200 metros en el tejido urbano, mientras que en zonas no urbanas y pedanías la distancia fuese de 500 x 1000 metros.

La técnica utilizada ha consistido en un muestreo temporal, descomponiendo las 24 horas del día en períodos de dos horas, realizándose tomas de muestras (entre 5 y 10 minutos) dentro de cada uno de los períodos.



Nivel dB (A)



El estudio confirmó que, prácticamente la totalidad de los puntos medidos, el responsable de los niveles sonoros ambientales es el tráfico rodado.

Los niveles medidos en el entorno de las actividades industriales y proximidades de estaciones de autobuses son superiores a lo establecido en las Ordenanzas. En las zonas de actividades recreativas nocturnas presentan, los viernes y sábados, niveles superiores (hasta 8 dB(A), con respecto al resto de días laborables.

Los alrededores de centros hospitalarios, Universidad, colegios, etc., muestran niveles superiores a 70 dB(A) como consecuencia de estar situados en las proximidades de vías de gran tráfico.

Desde el año 1998 se está llevando a cabo el segundo mapa de ruido de Zaragoza.

La técnica para la realización del mismo se realiza mediante un programa de predicción de niveles sonoros en ambientes exteriores; permitiendo dichos programas efectuar una estimación de los niveles sonoros a que está sometida el área estudiada mediante la introducción de parámetros tales como:

- Topografía del lugar;
- Características de las vías e Intensidad del tráfico (tanto de vehículos como de ferrocarriles);
- Situación y potencia acústica de otros focos sonoros;
- Ubicación y altura de los edificios
- Existencia de zonas verdes;
- Elementos de corrección de ruido (pantallas acústicas, etc.);
- Condiciones meteorológicas (como temperatura, humedad relativa, dirección del viento) y la aplicación de las leyes físicas que intervienen en la propagación del sonido.

La utilización de estos modelos da como resultado mapas en los que se obtiene la situación sonora ambiental de la zona estudiada.

Es preciso poner de manifiesto que los mapas obtenidos mediante este procedimiento tienen una naturaleza especulativa en tanto en cuanto reflejan de alguna manera un "promedio", Nivel Equivalente Día y Nivel Equivalente Noche (NED y NEN) del nivel sonoro existente en el área sometida a estudio, y, en consecuencia no cabe establecer de forma estricta una comparación con mediciones reales obtenidas, dado que éstas ofrecen en cierto modo como resultado una "foto fija" de la zona en un momento determinado.

Una ventaja importante de los modelos numéricos consiste en que, la construcción de nuevos edificios, variaciones notables del flujo de tráfico debidos a la creación de nuevas infraestructuras en los ejes viarios, etc. permiten su introducción en la base ya creada permitiendo recalcular los mapas adoptándolos a la situación cambiante. De otra parte, la definición de los mapas creados mediante este procedimiento es muy superior a la de los mapas efectuados mediante sonometría.

Una vez realizada la modelización se definen los sectores en los cuales se van a llevar a cabo los cálculos en base a los que se efectuarán los mapas. El modelo construye una retícula de forma automática y calcula el nivel de presión sonora en cada una de las celdas, una vez efectuado el cálculo agrupa los niveles de presión sonora y construye los mapas asignando el mismo color a aquellos puntos que tienen el mismo rango de nivel

de presión sonora en intervalos definidos por el usuario(en nuestro caso son intervalos de 5 dB(A)).

Cada punto de la retícula anteriormente mencionada tiene una superficie media de 225 m<sup>2</sup>, definición 175 veces superior a los de los mapas efectuados mediante sonometría en los que cada retícula elemental tiene una superficie de 40.000 m<sup>2</sup>.

Como base de los focos sonoros se han considerado de forma exclusiva los del tráfico cuyo valor en Intensidad Media Diaria (IMD) que se determina anualmente En algunos casos, se han utilizado estimaciones en vías que, por no formar parte de la malla básica o por su escaso volumen de tráfico no se miden pero que, a nivel sonoro es conveniente considerar.

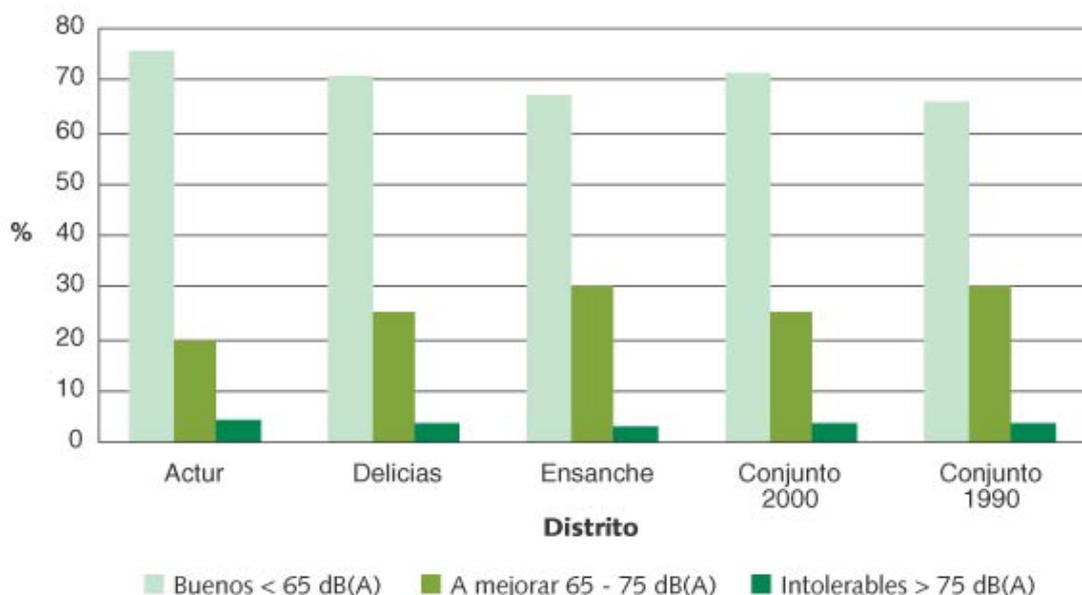
Hasta el presente se han llevado a cabo los mapas de ruido de: Polígono Santiago (Actur), Almozara-Delicias y Ensanche lo que equivale a una superficie de alrededor de 1500 Ha.

Para la validación del modelo, se realizan una serie de muestreos obteniendo que el valor medio del total de las mediciones (225) efectuadas nos da un valor de 69,4 dB(A) mientras que el mismo valor de las estimaciones efectuadas mediante el programa de cálculo nos ofrece un valor de 68,7 dB(A). De otra parte el coeficiente de correlación entre las dos series de valores (valores medidos y valores calculados) es de 0,94.

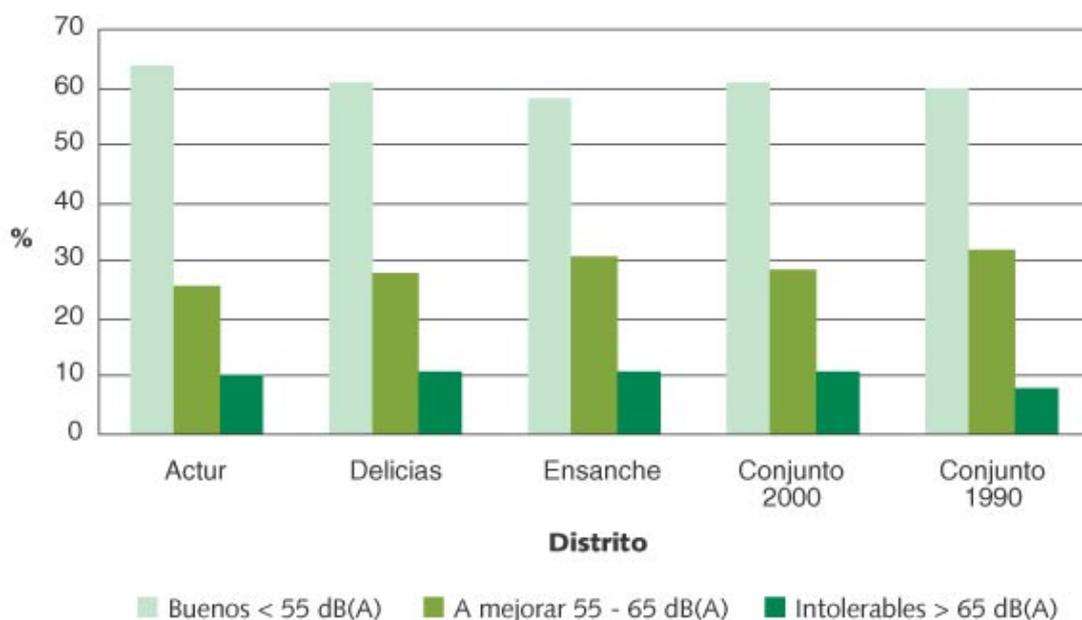
Los resultados de los mapas de ruido efectuados (Actur, Delicias, Ensanche), se pueden contemplar en estas dos tablas. Es de destacar que en el Actur, los valores obtenidos ofrecen una mejor calidad sonora frente a las otras dos zonas y ello es debido a que la estructura urbana de la zona y la distribución de las viviendas en manzanas abiertas con tráfico exclusivo para vecindario, permite gozar por lo tanto de mejor calidad sonora.

En las tablas, se efectúan asimismo una comparación entre los niveles sonoros obtenidos en el mapa de ruidos del año 1990 (conjunto 1990) y las tres zonas estudiadas a partir de 1998 (conjunto 2000) que representa el 40% de la población.

% de superficie afectada periodo diurno



% de superficie afectada periodo nocturno



En un primer análisis provisional, y hasta que no se finalice el nuevo mapa, evidentemente no se pueden sacar conclusiones definitivas, se comprueba que los niveles de ruido se manifiestan con una ligera mejoría, esto es debido a que las áreas estudiadas disponen de un nuevo urbanismo dotado de grandes espacios con vías colectoras para el tráfico de paso y vías lentas para el tráfico vecinal de la zona. No obstante, la impresión es que cuando el mapa de ruido se finalice, esta mejoría se reduzca, ya que la parte que falta por diagnosticar corresponde al tejido urbano tradicional en el que no ha habido ninguna modificación importante desde el año 1990.

En el mapa obtenido de la zona Ensanche, podemos comprobar visualmente como se distinguen las nuevas formas de urbanización modernas con unos niveles sonoros más bajos, frente a la zona de la ciudad consolidada con calles estrechas y fuerte densidad de tráfico.

## VÍA DE ORDENACIÓN

Los trabajos realizados en Zaragoza, se han centrado en la realización de la "huella sonora" del aeropuerto de Zaragoza, al objeto de que una vez definida la misma se pueda conseguir y mediante una adecuada política de ordenación del territorio, la compatibilidad del aeropuerto con los niveles de calidad de vida exigidos por los ciudadanos.

Para ello, se utilizó el modelo INM (5,1) para la definición de la huella sonora y los indicadores para el ruido de aeronaves NEF (tabla siguiente), para establecer la compatibilidad de los usos del suelo aplicando criterios acústicos.



## VÍA DE DISEÑO

En las ciudades, en nuestro entorno también hay sonidos y espacios sonoros con identidad propia, y que los ciudadanos consideran un patrimonio importante a conservar.

En 1997 y en colaboración con el CSIC, se realizó un estudio para identificar la forma en que los zaragozanos perciben su ambiente sonoro, descubriendo los sonidos y espacios sonoros más relevantes de nuestra ciudad, y recogiendo criterios que permitan planificar la Zaragoza futura conservando y comentando los espacios sonoros que la población considera positivos como parte de la identidad sonora de Zaragoza. En la actualidad y en colaboración con el C.P.S. se están estudiando dichas zonas desde el punto de vista del diseño acústico.

## **VÍA DE INFORMACIÓN**

En 1998, se procedió a elaborar la cartilla educativa "La Ciudad Sonora" con una tirada de 20.000 ejemplares. El objetivo de esta cartilla es el de proporcionar información en materia acústica sobre el entorno en el que vivimos, contribuyendo a aumentar nuestra sensibilización sobre su cuidado y mejora, facilitando de esta manera la necesaria participación de todos en el desarrollo de la calidad de vida de nuestra ciudad.

Recientemente se ha firmado un convenio con el Grupo de Vibroacústica del C.P.S. para la realización de un Manual de buenas prácticas en la Edificación, dirigido a constructores, instaladores y público en general.

## **VÍA DE PARTICIPACIÓN PÚBLICA**

Últimamente se ha constituido la "Mesa del ruido" en la que están implicadas además de la Administración Municipal, otras administraciones (D.G.A., Delegación del Gobierno) y diferentes asociaciones, tanto vecinales como empresariales.

La Mesa trabaja sobre tres líneas:

- Impulso en la mejora de la Actividad ordinaria.
- Nuevos programas y propuestas de actuación.
- Modificaciones legislativas, teniendo como objetivo armonizar consensuadamente una serie de acciones para la lucha contra el ruido.

## **CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y POLÍTICA MUNICIPAL**

*Plácido Perera.*

*Ayuntamiento de Madrid*

El Ayuntamiento de Madrid con el objetivo de dar respuesta a las numerosas quejas que recibe por parte de los ciudadanos sobre ruido ambiental, ha impulsado el desarrollo de numerosos estudios y medidas.

La elevación de los niveles de ruido del Distrito Centro, en relación con la mayor parte de la ciudad, dio lugar a la elaboración de un Plano Acústico de Madrid y a la incorporación de la Policía Municipal en temas medioambientales, entre otras medidas. A lo largo del artículo se desarrolla una visión global del panorama legal en lo que a contaminación acústica se refiere y todas aquellos organismos que el Ayuntamiento de Madrid ha creado para luchar contra el ruido.

En el momento actual dentro de la problemática ambiental, el ruido es, una de las mayores preocupaciones de los habitantes de áreas urbanas. La sensibilidad es cada vez más acusada, más del 50% de las denuncias que en temas medioambientales recibe el Ayuntamiento de Madrid tienen como causa las molestias por contaminación acústica que el mundo desarrollado muestra en relación con el problema del ruido. El hecho de que cada vez es mayor el porcentaje de población que lo padece, ha sido el motor que ha impulsado los numerosos estudios y acciones que se han desarrollado para combatirlo.

### **PANORAMA LEGAL**

En abril de 1969, el Pleno del Ayuntamiento de Madrid aprobó la primera "Ordenanza Municipal sobre Protección del Medio Ambiente Contra la Emisión de Ruidos y Vibraciones", que constituye la primera norma española que se promulga para luchar contra la contaminación acústica. Su nacimiento permitió al Ayuntamiento iniciar la lucha contra la contaminación acústica: estableció multas que iban de cincuenta duros a diez mil pesetas y, por primera vez, limitaba los niveles que se podían transmitir tanto al ambiente exterior, como al interior de las viviendas.

A partir de dicha ordenanza creó el primer Servicio Municipal para la lucha contra la contaminación acústica, que inició su ejercicio dentro de la Delegación de Obras y Servicios Urbanos del Ayuntamiento, concretamente en el Departamento de Industrias y Actividades.

Con posterioridad, en el año 1976, el Ayuntamiento consideró que la contaminación acústica es una contaminación más de la atmósfera, y como tal debía integrarse en los Servicios de Medio Ambiente. Se decidió entonces, que el Servicio de la Contaminación Acústica pasase a formar parte del de Contaminación Atmosférica, dentro de las competencias medioambientales de la oportuna Delegación de Servicios.

La Ordenanza del 69 dio paso a la primera Ordenanza General de Protección del Medio Ambiente Urbano, aprobada en el año 1985. En la cual, por primera vez, la contaminación acústica era considerada como unos contaminantes del aire por forma de energía. Dicha normativa ha sido modificada y adaptada en dos ocasiones: noviembre

de 1990 y abril de 1994. Actualmente se está tramitando la próxima aprobación de una nueva normativa más actualizada, moderna y eficaz, que esperamos vea la luz en los próximos meses.

Como complemento a la normativa anterior, en octubre de 1993, el Ayuntamiento aprobó la "Ordenanza de Instalación y Uso de Sirenas y Alarmas", que regula la utilización de estos sistemas acústicos para, sin disminuir significativamente su eficacia, reducir al máximo las molestias que su funcionamiento venía produciendo.

No puede dejar de citarse la Declaración de Zonas Ambientalmente Protegidas, que realiza el Pleno Municipal y en la que un determinado barrio o área perfectamente delimitada queda sometida a un régimen especial. Las Zonas Ambientalmente Protegidas (Z.A.P), nacieron de la necesidad de buscar una solución al problema de contaminación acústica grave, generado por la concentración de actividades de pública concurrencia y funcionamiento nocturno (pubs, bares, discotecas, etc.), espacios de la ciudad de superficie reducida.

Y, como se ha apuntado, las Z.A.P., sólo son una medida para paliar un problema existente. Al objeto de prevenir, el Ayuntamiento creó y aprobó la primera Ordenanza para la Calificación Ambiental Municipal.

## CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y PLANEAMIENTO URBANO

En las ciudades modernas es necesario poder compaginar, por un lado, la cada vez, mayor demanda de confort y, por otro, la permanente voluntad de los ciudadanos a desplazarse. Por ende, estos desplazamientos precisan de estructuras propias que los hagan posibles (vías de circulación, espacios para el aparcamiento de vehículos, sistemas de regulación del tráfico). Como se puede observar, hay elementos acústicamente contradictorios, por lo que se hace preciso establecer nuevos principios que hagan posible una reducción de niveles sonoros ambientales en las ciudades, ajustándose a la realidad acústica.

Sin embargo, no es lo mismo luchar contra la contaminación acústica en la ciudad consolidada, que tenerlo en cuenta en la planificación de nuevos espacios: en el primer caso, es necesario adaptar el tráfico a la realidad de la ciudad, mientras que en el planeamiento de la nueva ciudad, es ésta la que debe de adaptarse a las previsibles necesidades de movilidad de los ciudadanos. En este sentido, se han conseguido incorporar, de forma seria y rigurosa, las consideraciones ambientales a la planificación urbanística.

Esta concepción del desarrollo se ha reflejado en la participación del Área de Medio Ambiente en la redacción de los aspectos medioambientales del Plan General de Ordenación Urbana, que establece, por primera vez, un compromiso efectivo con la protección y mejora del medio ambiente urbano. El Plan establece las evaluaciones ambientales previas de los propios instrumentos urbanísticos y la regulación de Niveles Sonoros Ambientales estableciendo criterios de zonificación, en función de: las exigencias acústicas en el suelo urbano, urbanizable y determinando para cada tipo de área, cuáles son los usos cualificados y los niveles ambientales máximos.

Con estas premisas básicas es posible intervenir preventivamente sobre los nuevos desarrollos, introduciendo el ruido como un condicionante básico en el planteamiento, y correctivamente en la ciudad consolidada mediante la declaración de "Zonas de Actuación Acústica".

## PROYECCIÓN EN EL ÁMBITO EUROPEO

La sensibilidad, cada vez más acusada, que el mundo desarrollado muestra en relación con el problema de la contaminación acústica y el hecho de que cada vez sea mayor el porcentaje de población que lo padece, fue causa de que este tema fuese contemplado, ya en 1992, en el Programa Comunitario de Política y Actuación en Materia de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Como proyección, la Comisión de las Comunidades Europeas elaboró y publicó un Libro Verde, estableciendo un marco político más detallado de las líneas futuras contra la contaminación acústica.

Al Ayuntamiento de Madrid le cupo el honor de organizar, en colaboración con la Dirección General XI, el Seminario sobre "El Libro Verde del Ruido y las Ciudades". El objetivo básico era definir, desde el punto de vista de las ciudades, las directrices de la futura política comunitaria para combatir la contaminación acústica, tomando como base el aludido Libro Verde.

Esa participación municipal en el ámbito europeo en temas acústicos ha tenido una inmediata proyección: el Departamento de Calidad Ambiental forma parte de los Grupos de Trabajo que se han creado para el establecimiento de una normativa europea orientada a conseguir una reducción de la contaminación acústica en los distintos estados miembros de la U.E.

## MEDIOS MUNICIPALES PARA LUCHAR CONTRA EL RUIDO

El Departamento de Calidad Ambiental, cuenta con dos secciones dedicadas específicamente a trabajar en la inspección de actividades y en el control de niveles sonoros ambientales.

La primera Sección dispone de nueve equipos técnicos inspectores, dotados del más moderno material, que verifican la situación de las industrias y actividades madrileñas, en cuanto a emisión y transmisión de ruidos, provocada por el funcionamiento de los elementos industriales autorizados, efectuando medición, si es preciso, del aislamiento de los cerramientos y prescribiendo las medidas correctoras necesarias.

Estas comprobaciones se realizan, bien por denuncia de afectados, o bien, como parte del proceso previo a licencia de funcionamiento de cada actividad, y su número anual es superior a 3.000.

La segunda Sección, efectúa todo tipo de medidas y estudios relacionados con el ruido ambiental: caracterización de niveles sonoros provocados por tráfico, infraestructuras o acumulación de actividades; clima sonoro en barrios, distritos o calles, mapas acústicos; propuestas de zonificación; análisis de viabilidad de pantallas acústicas. Esta Sección

controla también la Red de Vigilancia y Control de Niveles Sonoros y el Centro Municipal de Acústica, de los que se da detalle más adelante.

## LA PATRULLA VERDE

La constante preocupación que los problemas medioambientales han creado en los responsables municipales, llevó a integrar a la Policía Municipal en la lucha contra el deterioro del ambiente acústico, pues todos los esfuerzos materiales y personales resultaban escasos.

Fue en la primavera de 1990 cuando se crea, mejor dicho, se vuelve a poner en marcha, una Unidad de Protección del Medio Ambiente Municipal.

Las funciones de la llamada "Patrulla Verde o Ecológica" comprenden todas las actuaciones encaminadas a la vigilancia, control y denuncia de aquellas conductas o actividades que puedan deteriorar, destruir o producir impacto medioambiental negativo dentro del Término Municipal.

Sus misiones incluyen la prestación de servicios en limpieza urbana, en zonas verdes, en residuos, en recursos hidráulicos, fauna, flora, caza y pesca, la atención al ciudadano canalizando las reclamaciones sobre materias medioambientales, el control de emisión de ruidos y humos producidos por vehículos, industrias y generadores de calor, la vigilancia y control de actividades con niveles sonoros que trascienden y perturban a los ciudadanos y el control de formas, modos o costumbres acústicas de los individuos en la vía pública.

## RED DE VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

En el año 1994, como consumación del Tercer Plan de Saneamiento Atmosférico de Madrid, el Departamento de Calidad Ambiental consideró la oportunidad de ampliar los estudios de niveles de contaminación acústica existentes en la ciudad. El fin era disponer de datos reales del estado acústico del medio ambiente de la villa, que sirvieran de base para establecer la política a seguir, con el fin de controlar el ruido ambiental. Los resultados recomendaron establecer un control permanente de los niveles sonoros ambientales de Madrid.

De acuerdo con las premisas indicadas nace la Red para el Control del Ruido Ambiental en la almendra central de Madrid, constituida por: una Unidad Central, seis Estaciones Fijas y cuatro Estaciones Móviles.

En la actualidad aquella Red piloto se ha ampliado y transformado en otra más amplia de 25 Estaciones Fijas, perfectamente integrada dentro del Sistema de Vigilancia, Predicción e Información de la Contaminación Atmosférica y Acústica de Madrid.

La Red integrada permite la medición, además de niveles acústicos, de las concentraciones de dióxido de azufre, partículas en suspensión, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, ozono, radiación ultravioleta y monóxido de carbono, además de

distintos parámetros meteorológicos: temperatura, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, precipitación, radiación solar, etc.

Las estaciones, en su componente acústico, están constituidas por un micrófono de intemperie de alta sensibilidad, que es el encargado de la adquisición de datos que, tratados y almacenados en un analizador, son enviados a la Estación Central de procesado. Los programas informáticos instalados en la estación de tratamiento de datos, permiten analizar con detenimiento toda la información de niveles de ruido, tanto de forma puntual, como de forma estadística a corto o medio plazo, con lo que se podrá conocer de forma instantánea y a largo plazo las evoluciones que se produzcan en los niveles sonoros ambientales.

La mayor diferencia de esta Red sobre la anterior, es la capacidad de almacenar datos segundo a segundo de la nueva Red, sobre el almacenar datos hora a hora de la antigua.

El presupuesto del sistema global (medida, información, predicción ,etc.) se aproxima a los mil doscientos millones de pesetas, de los que para la Red Acústica de Vigilancia se han destinado más de doscientos millones en exclusiva ( a parte de instalaciones generales que comparte con el resto de los servicios.

## CENTRO MUNICIPAL DE ACÚSTICA

El Centro Municipal de Acústica vino a sustituir a la Estación Comprobadora de Ruidos de Vehículos que el Ayuntamiento puso en marcha en 1970, a fin de cumplir con lo que establecía la Primera Ordenanza de Protección del Medio Ambiente contra la Emisión de Ruidos y Vibraciones, en relación con el control de los vehículos.

Cerca de veintitrés años estuvo funcionando, cumpliendo con creces los objetivos que se marcaron cuando se construyó. Sin embargo, la modernización de la ciudad (concretamente la construcción del Pasillo Verde Ferroviario) empujó y precipitó su traslado. Fue entonces cuando se planteó un proyecto mucho más ambicioso: El Centro Municipal de Acústica.

Los técnicos responsables de la política acústica del Ayuntamiento, elaboraron un ambicioso proyecto, incluyendo como objetivos, además de los que cumplía la E.C.R.V., el control de la maquinaria de obras públicas, de vehículos industriales, la medida de potencia conforme a las Directivas Comunitarias, la calibración y verificación de la instrumentación, el control de niveles de emisión de sirenas y alarmas, los estudios de los sistemas de apantallamiento acústico, etc.

En 1994 se redacta el proyecto, que es enviado a la Unión Europea solicitando su financiación parcial dentro de los Fondos de Cohesión. El proyecto es aprobado y financiado en un 80% de la inversión total por la Unión Europea.

Es en 1996 cuando se inaugura el nuevo Centro Municipal de Acústica, contando con un presupuesto superior a doscientos cincuenta millones de pesetas, en el que se incluye la instrumentación y maquinaria.

El nuevo centro dispone de los sistemas más modernos para realizar las funciones, cuenta con cámara anecoica, pista de pruebas para la medida de vehículos en

movimiento, pista de pruebas para determinar la potencia de la maquinaria de obras públicas, laboratorio de análisis, medios informáticos de última generación, sala de conferencias, etc.

## ESTUDIO ACÚSTICO DEL DISTRITO CENTRO

De un tiempo a esta parte, la situación acústica ambiental de muchos barrios del Distrito Centro de la capital, se ha venido deteriorando ya que reflejan una cierta elevación de los niveles de ruido en relación con la mayor parte de la ciudad. Esta situación se debe en gran parte a la proliferación de lugares de ocio.

Consecuentemente, las denuncias de los vecinos del Distrito se multiplicaron y el Pleno de la Junta Municipal del Distrito Centro elevó al Área de Medio Ambiente una solicitud pidiendo una actuación urgente.

Se plantea así, el Estudio Ambiental del Distrito Centro, que ha dado como resultado la creación de una Comisión encargada de redactar un Plan de Actuación, encaminado a solucionar los problemas acústicos del Distrito, llegando a definir ayudas para aumentar el aislamiento acústico de las viviendas más afectadas.

## PLANO ACÚSTICO DE MADRID

Entre los años 1986 y 1991 el Consejo Superior de Investigaciones Científicas realizó el Plano Acústico de Madrid, por encargo del Área de Medio Ambiente. Dicho Plano se circunscribía a la zona interior de la M-30 y para el período comprendido entre las 9 y las 17 horas.

El Plano reflejó las razones de esta elevación de los niveles de ruido, entre las que cabe destacar que la ciudad ha cambiado urbanísticamente, las técnicas de medición han evolucionado, la Unión Europea está recomendando la realización y actualización de planos acústicos como base de partida para la redacción de Directivas encaminadas a fijar límites recomendados a los niveles sonoros ambientales y por la rapidez con que la Unión Europea pretende elaborar las líneas maestras de la Legislación Comunitaria, en relación con los niveles sonoros ambientales urbanos, es por lo que estimó urgente el inicio de un nuevo Plano Acústico de Madrid.

El plazo de ejecución será de, aproximadamente, un año y el presupuesto superior a los cien millones de pesetas.

## PROYECTOS FUTUROS

En los años 82 y 93 se elaboraron los dos primeros Planes de Saneamiento de Madrid y, en el momento actual estamos forjando el tercero, que responde a la necesidad de relacionar los distintos factores ambientales, teniendo como objetivo la mejora de la calidad ambiental.

El Ayuntamiento de Madrid pretende que los próximos cuatro años constituyan el "Cuatrienio del Ruido". Para ello, se van a asumir los retos que ha establecido, o establecerá, la Unión Europea, potenciando la información al ciudadano e incrementando los controles ambientales preventivos y se va a modificar la Ordenanza que vigila la contaminación acústica.

Las novedades más relevantes de la nueva normativa, serán: Introducir la valoración de niveles sonoros mediante el Leq 5 s, valorar ruidos impulsivos y tonales, incluir el ruido de tráfico en la valoración de los niveles sonoros ambientales, incluir el nivel de emisión sonora de maquinaria en los criterios de valoración de concursos municipales y mayor rigor en el tratamiento de los vehículos ruidosos.

El Ayuntamiento de Madrid es consciente de que queda una importante labor por desarrollar y de que todos los medios de que se disponga al final van a resultar escasos o insuficientes puesto que siempre habrá un ruido que quitar, alguna denuncia que atender o algún silencio por lograr.

# **ACTUACIONES LEGALES FRENTE AL RUIDO DE LA COMUNIDAD DE MADRID: ACTUALIDAD Y PERSPECTIVAS**

(Real Decreto 78 / 1999)

*Antonio Laín Esponera*

*Comunidad de Madrid. Jefe de la Sección de Planificación Atmosférica.*

**La regulación jurídica de la contaminación acústica se ha dejado principalmente en manos de las autoridades locales. Ello ha dado lugar a que en casi todas las Ordenanzas Municipales se haya dedicado uno o más capítulos a regular todas aquellas cuestiones relacionadas con el ruido.**

**Sin embargo, a nivel europeo se ha dedicado menor esfuerzo a combatir este tipo de contaminación.**

**En este artículo se expone el estado actual de la legislación relativa al ruido y se adelanta el futuro de las mismas.**

Desde que la Ley de Protección del Medio Ambiente Atmosférico definiera que la contaminación atmosférica podía ser originada no sólo por las materias dispersas en el aire, sino también por medio de "formas de energía", poco o nada se ha hecho en España hasta los últimos años en materia normativa de ámbito general. Parece como si, por tratarse de un fenómeno en el que, dado que tanto el alcance geográfico como la persistencia temporal son limitados, los problemas debieran ser abordados sólo desde la óptica local y tratados más bien como un aspecto más de la convivencia, sin considerar aspectos más generales tales como la influencia del fenómeno sobre la salud, sobre la calidad de vida en general o sobre las limitaciones que este tipo de contaminación puede y debe producir sobre el crecimiento ordenado del urbanismo, de la actividad económica, etc. Y, en efecto, han sido las Administraciones Locales las que, en sus respectivos ámbitos territoriales, han llevado a término, durante mucho tiempo, las únicas iniciativas que se han puesto en práctica en relación con esta forma de contaminación.

## **LAS ORDENANZAS MUNICIPALES**

Bien sea porque la proximidad al ciudadano de las Autoridades Locales les haga percibir con más intensidad las auténticas preocupaciones de los mismos, o bien por la necesidad de disponer de herramientas que les permitan dirimir con fundamento legal las diferencias que surjan entre ellos, lo cierto es que en la casi totalidad de las Ordenanzas Municipales, allí donde están en vigor, existen uno o más capítulos dedicados a regular las cuestiones relacionadas con el ruido. El contenido de estos capítulos ha ido evolucionando en las sucesivas actualizaciones de dichas Ordenanzas de forma que, en las versiones actuales, reflejan de forma completa las necesidades reales en este sentido. Sin embargo, suelen adolecer de algunos problemas producidos por su propio origen. En general se refieren en exclusiva al ambiente urbano, se adaptan muy estrechamente a las necesidades locales por lo que carecen de vocación de generalidad y suelen estar muy orientadas hacia aspectos muy concretos de disciplina de las actividades olvidando por ejemplo el ruido producido por las infraestructuras, que,

por otra parte, no suelen ser competencia municipal, hasta que la expansión de la ciudad en su desarrollo interfiere con ellas. Para entonces los problemas suelen ser de difícil solución.

Recientemente, la mayor parte de las Comunidades Autónomas han visto la necesidad de proporcionar un marco de funcionamiento coordinado para la totalidad de su territorio. Unas, como Cataluña, han optado por publicar una Ordenanza Marco, que sirva de pauta obligada a las respectivas Ordenanzas Municipales de cada uno de los pueblos y ciudades de su Comunidad. Otras, como Madrid, han promulgado una norma de mínimos en la que se establecen los valores que deben recoger las Ordenanzas, que se promulguen en el futuro y obliguen a reformar las que estén en vigor en aquellos aspectos que sea necesario.

## NORMATIVA EUROPEA

La Unión Europea, además de las Directivas destinadas a limitar la emisión de ruidos en origen por diversos tipos de máquinas y vehículos, publicó en 1996 un Libro Verde para poner de manifiesto la situación real de esta materia en su ámbito. Como resultado se crearon cinco grupos de trabajo para estudiar en detalle los descriptores a utilizar, los efectos sobre la salud, etc. En agosto de 2000 se ha hecho pública una propuesta de Directiva en materia de ruido ambiental que, si es aprobada por el Parlamento Europeo, será la referencia obligada para todos los Países Miembros, que deberán transponer su contenido a la Legislación propia, proponiendo además límites a los descriptores definidos en la misma.

## EL FUTURO LEGAL DEL RUIDO

En este contexto, es de suponer que, en los próximos años, se va a producir una gran actividad Normativa que probablemente hará necesaria la adaptación de todas las actualmente en vigor. El Decreto 78/1999 de 27 de mayo por el que se regula la contaminación acústica en la Comunidad de Madrid no será una excepción. Ello no obstante, creemos que el espíritu de fondo que anima al citado Decreto deberá ser mantenido y mejorado por el conjunto de la Legislación que resulte al final de la reforma que actualmente se inicia. Dado que esta modificación debe forzosamente realizarse en orden decreciente con respecto al ámbito territorial de aplicación, suponemos que, si se cumplen los plazos previstos, le queda tiempo suficiente de vigencia al citado Decreto para poder extraer enseñanzas de interés sobre su aplicación "en vivo y en directo".

A nuestro modo de ver, cualquier conjunto Normativo coordinado y completo referente al ruido, debe reunir unas características que, siendo en gran parte aplicables a cualquier forma de contaminación, conforman el espíritu del Decreto 78/1999.

En primer lugar, se debe establecer cual es la unidad o unidades que van a ser tenidas en cuenta para evaluar los efectos del ruido. Esto no resulta tan fácil si se tiene en cuenta que hay varias decenas de descriptores, que se emplean o se han empleado en alguna ocasión y para un objeto concreto. En nuestro caso se ha seleccionado el Leq(A), es decir, el nivel equivalente en decibelios ponderado con la curva -A-, para dos períodos, día y noche, cuyo principio y final se establecen en las 8 y las 22 h., con una cierta elasticidad a definir en las Ordenanzas Municipales en virtud de las características del

municipio afectado. La propuesta de Directiva Comunitaria establece en su lugar los descriptores LDEN y LNIGHT correspondiendo el período nocturno a las 8 horas entre las 23 y las 7 y el vespertino a las cuatro horas anteriores salvo si los Estados Miembros deciden otros hitos horarios para la transición. Entendemos que se ha limitado en el Decreto la consideración de la contaminación acústica a un solo parámetro de la misma, el valor integrado en términos exponenciales de la amplitud, desestimando otros aspectos como la tonalidad, la monotonía en la misma o los valores pico, que también son relevantes. Esta limitación ha sido voluntaria.

Para una primera actuación Normativa se ha seleccionado, como hace asimismo la propuesta de la Directiva, el parámetro que más se asocia con las molestias o la pérdida de sueño, evitando regular conceptos que requieren para su aplicación rigurosa equipos multicanal y una especialización alta de los operadores, que se pueden convertir en dificultades insalvables para la aplicación eficaz del Decreto. Las mejoras que se vayan incorporando por actualizaciones sucesivas de la Norma tendrán la oportunidad de mejorar la calidad de las exigencias.

En segundo lugar, es necesario fijar la responsabilidad derivada de la entrada en vigor de la Norma. En nuestro caso, el artículo 7 con carácter general y los artículos 37 y 44 en materia específica de inspección y capacidad sancionadora distribuyen las competencias, que en algún caso no son excluyentes, entre la Administración Autonómica y las Administraciones Locales respectivas y en todos los casos asignan a la primera la responsabilidad de la actuación subsidiaria. Sin embargo, salvo para cuestiones determinadas, en las que se adjudican responsabilidades concretas a actores concretos, otorga la responsabilidad del cumplimiento del decreto a cada órgano administrativo en su propio ámbito de actuación. Todos los órganos de la Administración cualquiera que sea su rango y que actúe en el territorio de la Comunidad de Madrid, viene obligada a cumplir el Decreto que nos ocupa, en la aplicación de sus propias competencias. La Consejería de Medio Ambiente recibe, no obstante, la encomienda directa de varias funciones y responsabilidades.

Puesto que las competencias en materia de gestión medioambiental están transferidas a las Comunidades Autónomas, es de esperar que la transposición de la Directiva Comunitaria, designe a estas Administraciones para la ejecución directa de las funciones a realizar reservándose el Gobierno Español a través del Ministerio de Medio Ambiente la colección general de los datos en todo el territorio del Estado y la comunicación e intercambio de información con los órganos de la Comisión en Bruselas. Si esto es así creemos que poco cambiará en el futuro el ámbito competencial y de responsabilidades en las Comunidades Autónomas, que tienen transferidas estas competencias.

Desde el punto de vista de las exigencias de actuación del Decreto, se pretende regular no sólo el control de los emisores de ruido limitando su capacidad de transmitir energía sonora al exterior de sus propios recintos, sino también a la prevención, mediante el estudio previo de las condiciones a exigir a las instalaciones y al desarrollo de proyectos de urbanismo, infraestructuras etc. Los aspectos relativos al ruido en el interior de los recintos donde se produce están excluidos explícitamente del ámbito de aplicación del mismo para evitar interferencias con la normativa que le es propia. Esta energía sonora transmitida se contempla desde dos puntos de vista, el puramente medioambiental y más en concreto el que se percibe en las áreas destinadas a habitación, trabajo y descanso de las personas, que pudieran resultar afectadas.

Se exige pues la realización de un estudio específico previo, cuyo contenido está bastante detallado en el propio Decreto a:

-Los proyectos que requieran una Declaración de Impacto Ambiental con arreglo a la Ley de Medio Ambiente, que regula este extremo. Las autopistas, autovías, carreteras y la mayor parte la construcción de infraestructuras están incursas en esta necesidad. (Artículos 19, 22 y 23)

-La instalación de actividades sometidas a Calificación Ambiental cuando estén incluidas en el catálogo de actividades potencialmente contaminantes en materia acústica, que la Comunidad de Madrid esta a punto de publicar, como reglamentación derivada del Decreto 78/1999 (Artículos 20, 22 y 23)

-La instalación de actividades, que no teniendo que ser sometidas al informe de calificación ambiental, necesiten Licencia Municipal de Apertura y estén incluidas en el catalogo citado (Artículos 21, 22 y 23)

-Todas las figuras de planeamiento urbanístico (Artículo 24).

La idea matriz que subyace a todo este planteamiento es, que si bien no es aceptable que se instalen generadores de ruido en lugares donde van a producir una distorsión inadmisibles a las personas que habitan o desarrollan una actividad en un área determinada, tampoco lo es que se instalen residencias o actividades sensibles en lugares que, o están ya afectados o lo van a estar en el futuro próximo y previsible. De alguna manera, se considera que, la construcción de infraestructuras de transporte por ejemplo, está generando un tipo de servidumbre, que hará inviable el destino para algunos usos de los terrenos próximos afectados por el ruido.

El reconocimiento de que no en todas las situaciones se produce una correspondencia entre el nivel de ruido y las molestias producidas se sustancia en la definición de diferentes áreas de sensibilidad según el uso prioritario del suelo. Estas áreas se convierten de hecho en un instrumento clave para la aplicación del Decreto. Su definición se encomienda a las Administraciones Locales a las que se fija un plazo de dos años, ya ha transcurrido más de la mitad, para su realización. Se ha considerado que son estas y no la Autonómica las más capacitadas e interesadas en que sus ciudadanos queden adecuadamente protegidos de los efectos del ruido ambiente, pero se obliga a esta última a intervenir activamente si transcurridos los plazos no se ha cumplimentado este mandato.

## ÁREAS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA

La definición de las áreas de sensibilidad acústica, cinco exteriores y dos interiores, requieren un comentario adicional. El parámetro de estima que condiciona la inclusión de una parte del territorio en una u otra, es el uso actual o proyectado que preferentemente tiene esta fracción del mismo. Decimos uso preferente y no exclusivo porque, en ningún momento se pretende limitar, a través de la capacidad para generar o soportar ruido, la utilización del suelo. Eso sí, la instalación de una actividad ruidosa en un entorno sensible comportará la obligación de proporcionar, a su cargo, las medidas correctoras que sean necesarias para reducir los efectos de la contaminación acústica. Igualmente no se excluye a través de las prescripciones del decreto, que se pueda instalar un receptor sensible, una vivienda por ejemplo, en un entorno en el que se

permiten niveles más elevados de ruido, siendo por su cuenta desde luego, la instalación de aislamientos o medidas correctoras suplementarias. Todo bajo una interpretación prudente del concepto de preferencia para no incurrir en fraude de ley.

Por último, haremos mención a las herramientas con que se pretende dotar a los órganos de inspección, control y sancionadores en el cumplimiento de sus funciones respectivas.

Es poco práctico, y la mayor parte de las veces imposible, realizar una inspección e incoar un procedimiento sancionador basados en la medición del Nivel Equivalente a lo largo del día o de la noche. Para garantizar el resultado sería necesario utilizar equipos de captación y registro con gran capacidad de almacenamiento y dilatar la medición en el tiempo lo suficiente para apreciar la representatividad de la medida. Cualquier problema sucedido en el intervalo, una lluvia accidental por ejemplo, podría invalidar una larga serie de mediciones. Los recursos establecidos en este tipo de situaciones anularían legalmente la aplicación del Decreto. Para evitar este tipo de situaciones se ha incluido en el anexo III un sistema de evaluación, basado en varias mediciones de corta duración, que permite estimar el cumplimiento de los niveles del Decreto de modo simple y sin grandes despliegues en cuanto a la instalación. No se debe confundir esta manera de evaluar con un sistema de estimación para obtener mediciones de las que obtener conclusiones validas en el campo de la modelización por ejemplo. No es ése el objetivo del método de evaluación.

Todos estos aspectos, además de otros a los que quizás equivocadamente estamos dando menor importancia, del Decreto 78/1999 creemos que son importantes a la hora de crear un cuerpo normativo adecuado en relación con el ruido. La propuesta de Directiva constituye sólo un paso para tratar de uniformizar criterios en el marco supranacional de la Unión Europea. La Legislación Estatal derivada de la transposición o complementaria de la misma, la Autonómica y las Ordenanzas Municipales deberán constituir, cuando termine el proceso legislativo que se va a iniciar con la entrada en vigor de aquella, un cuerpo coherente que cubra desde los aspectos más generales referidos al ruido ambiental hasta los más concretos y de detalle que resulten necesarios para la aplicación de las Normas sin ambigüedades y sin resquicios legales, que permitan su incumplimiento. La tarea que se avecina en este sentido es cuantiosa.

## **VICENTE MESTRE SANCHO.**

Experto en Acústica

*Cristina Justo Gil.*

*Gabinete de Comunicación del Colegio Oficial de Físicos*

**Vicente Mestre Sancho nació en Valencia en 1943.**

**Licenciado en Ciencias Físicas (Universidad de Valencia), MSc Engineering Acoustics (Southampton University, G.B) y Diplomado en Ingeniería Ambiental.**

**Especialista en Acústica, actividad que a la que ha dedicado la mayor parte de su dilatada experiencia profesional. Hoy por hoy, es Director Técnico en García-Bennett, Benett y Mestre S.L, empresa dedicada a los temas de acústica, ruido ambiental y control de ruido y vibraciones.**

### **¿Qué puede aportar un físico en el campo de la Acústica?**

La Acústica es una parte de la Física aplicada que integra muy diversos aspectos y como consecuencia, puede participar en diferentes campos tales como arquitectura, industria, medio ambiente, etc.

**Actualmente se le está concediendo mucha importancia a la Acústica dentro de la Física, ¿Por qué no se le ha prestado esa misma importancia en todas las etapas de su historia?**

Durante mucho tiempo la Acústica ha sido considerada como la cenicienta de la Física, quizás, debido a que por tradición se ha considerado a los físicos como profesionales dedicados al campo de la investigación, y se han olvidando de los aspectos menos científicos como puede ser la Acústica.

De hecho, la mayoría de los físicos descartan dedicarse profesionalmente a la Acústica, probablemente por ser la vía más práctica dentro de la Física. Prefieren dedicarse al campo de la enseñanza o al de la investigación.

**Tradicionalmente la Acústica ha estado relegada en los planes de estudio universitarios, en ese sentido ¿Se observa una progresión o sigue siendo una asignatura pendiente?**

Teniendo en cuenta que la Acústica es una ciencia que cada día avanza más, como todos los estudios relacionados con el medio ambiente, calidad de vida, mayor confort en las viviendas, etc., estamos presenciando como la Universidad está incorporando la Acústica en diversos planes de estudio.

En los últimos seis o siete años, ha crecido el interés de muchas universidades, sobre todo en aquellas de nueva creación, por incorporar la Acústica en sus planes de estudio, pero no como una carrera sino como una asignatura de nueve créditos a desarrollar en un año. Igualmente, estamos asistiendo a la tendencia de integrar a la Acústica en los

planes de estudio de otras carreras diferentes a la Física, por ejemplo, a Arquitectura e Ingeniería.

Este resurgir de la Acústica en los planes de estudio universitarios no se debe a que la Universidad le haya concedido mayor importancia, sino a que existe una demanda por parte de la sociedad de una mejor calidad de vida y esto implica el control del ruido ambiental y, en los puestos de trabajo, mejora de la planificación urbana.

**Para afrontar un proyecto acústico con garantías es indispensable contar con medios apropiados y con profesionales cualificados, ¿Disponemos en España de expertos cualificados?**

España cuenta con bastantes menos expertos en acústica de lo que la gente cree. Esta deficiencia de profesionales se debe a que en nuestro país no existe una titulación específica en Acústica, sino titulaciones próximas como Imagen y Sonido, etc.

El título de Acústica se consigue al cabo de muchos años de autoformación o mediante la asistencia a cursos específicos de 100 a 150 horas lectivas. No, como muchos piensan, con la simple asistencia a unos cuantos cursos, unas conferencias y la lectura de seis libros sobre Acústica.

**En cuestión tecnológica España está acostumbrada a ir a remolque de los países más avanzados, ¿Ocurre lo mismo en el campo de la Acústica? ¿Contamos con suficientes medios?**

España cuenta con técnicos totalmente capacitados para trabajar en los distintos campos de la Acústica, si bien, no se invierte lo adecuado en desarrollar tecnologías y equipos de medida e investigación.

**Parece lógico pensar que los arquitectos a la hora de construir auditorios o teatros den mucha importancia a la Acústica de la sala, ¿Para ellos es parte fundamental obtenerla? ¿Cuentan con la colaboración de un acústico para afrontar con éxito el proyecto?**

Normalmente, los arquitectos solicitan colaboración de los acústicos para que supervisen sus proyectos. Si bien, esto implica que muchas veces tengan que modificar el diseño de su proyecto a favor de la acústica. Pero también, hay otros arquitectos que prefieren que predominen aspectos de diseño sobre los acústicos.

Nuestra labor es colaborar con el arquitecto en el desarrollo del proyecto arquitectónico desde el inicio, de forma que, al final, el público esté contento con el resultado de la obra.

A veces, ocurre que nos hacemos cargo del proyecto cuando ya está muy avanzado o prácticamente terminado; entonces hay que empezar a modificar diversos factores que inciden en aspectos arquitectónicos. Si el proyecto ya está adjudicado hay que luchar contra la constructora para modificarlo con las dificultades que esto conlleva.

**Es evidente que actualmente se ha incrementado la preocupación por el acondicionamiento acústico; sin embargo, este interés no ha sido extensible con la**

**misma urgencia a todas las infraestructuras. ¿En qué edificaciones la encontramos?**

Hay una gran preocupación por la acústica en la arquitectura de auditorios, palacios de congresos, escuelas de música, escuelas de danza y en todo proyecto importante relacionado con el ruido ambiental. Por el contrario, no encontramos la más mínima preocupación en hoteles, viviendas, restaurantes, iglesias o polideportivos lo que constituye un grave error ya que limita la funcionalidad del edificio.

**Cuando el arquitecto pretende diseñar un espacio acústicamente perfecto ¿Ha de tener en cuenta el diseño de las superficies?**

Para lograr una adecuada respuesta acústica de los recintos interesa es que exista una relación entre el sonido directo y el sonido reflejado (lo que permite una buena comunicación entre la fuente sonora y la audiencia). Aspecto que está relacionado con el diseño de las superficies interiores de los recintos.

Acústicamente no interesan las superficies planas porque reflejan el sonido de forma especular, lo que provoca que el receptor identifique de dónde viene el sonido. Lo que interesa son las superficies irregulares para que el sonido reflejado le llegue a la audiencia de todas las direcciones y con retrasos muy cortos que permitan al receptor integrar toda la señal y obtener la sensación de espacialidad de la misma.

Los acústicos a la hora de realizar un control de audición, ¿Es verdad que en ocasiones utilizan fuentes lumínicas para hacer el acondicionamiento acústico de un recinto? Teniendo en cuenta que el sonido se propaga en forma de ondas como hace la luz, podemos simular el comportamiento del sonido en una sala a través de luz, normalmente láser.

**¿Cual ha sido el proyecto acústico más interesante que ha realizado?**

Afortunadamente, todos los proyectos son interesantes porque todos ofrecen aspectos diferentes, eso es lo interesante y enriquecedor.

Cada proyecto en los que he intervenido ha sido distinto a los demás desde el estado inicial, ya que cada sala, teatro, auditorio tiene una personalidad propia conformada por los respectivos arquitectos autores de los proyectos. Por lo tanto, el acústico tiene que trabajar con cada personalidad y adaptarse a ellas.

**¿Cómo ve la problemática actual del ruido de fondo de las grandes ciudades?**

Este es un problema de difícil solución ya que para solventar la problemática de ruido de fondo de las grandes ciudades habría que resolver el problema que supone el tráfico rodado, lo cual es prácticamente imposible.

Esto es especialmente significativo en nuestro país ya que cuenta con ciudades verticales las cuales son capaces de acaparar mucha densidad de población y consecuentemente una gran densidad de tráfico rodado, que según todos los estudios realizados, constituyen la fuente de ruido ambiental por excelencia.

## **ACÚSTICA: ACTUALIDAD Y PERSPECTIVA**

*José Luis Pérez Díaz. Profesor Titular de Universidad  
Dpto. de Ingeniería Mecánica de la Universidad Carlos III de Madrid*

**La valoración que la sociedad ha otorgado a la Acústica a lo largo de los siglos ha ido evolucionando, así ha pasado de ser una disciplina presente en la enseñanza universitaria a ser relegada a un segundo plano.**

**Actualmente, la mayor preocupación que el mundo ha desarrollado en relación al problema del ruido y al medio ambiente, ha resucitado la importancia que la Acústica merece.**

**Este resurgir ha hecho necesario fomentar la formación sobre Acústica.**

La Acústica, desde los tiempos en que el franciscano padre Mersenne midió la velocidad del sonido (sin disponer de reloj por su voto de pobreza) ha tenido un gran desarrollo paralelo al de tantas otras ciencias físicas. Parecía que una vez establecida su naturaleza ondulatoria e introducido el análisis de Fourier poco quedaba ya para averiguar o desarrollar en la misma salvo la pura fenomenología más o menos compleja de distintos casos y situaciones. Sucedió a la acústica, de alguna forma, algo similar a la mecánica clásica antes del desarrollo de la mecánica cuántica: todo era conocido.

Esto llevó incluso a que la acústica, que en el siglo XIX estuvo muy presente en la enseñanza universitaria en España, desapareciera en el XX. En este sentido es curioso que en la primera Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid existía la especialidad de Acústica que pronto desapareció. No se veía una gran utilidad a dicha disciplina comparada con las demás ramas de la ingeniería industrial.

Tan sólo apareció en el siglo XX la acústica como disciplina universitaria en las escuelas de ingenieros de telecomunicaciones por cuanto que parte de su cometido es la radiodifusión y la televisión que dependen grandemente de un buen dominio del sonido en el momento de la grabación y de la reproducción, así como de la transducción del sonido en señal eléctrica o electroacústica. Justamente es en el siglo XX cuando se ha producido el mayor desarrollo de la acústica perceptiva por su relación con las telecomunicaciones.

En las facultades de ciencias la acústica ha estado también ausente puesto que no se creía necesaria tanta "especialización" cuando ya se estudiaban las ondas en general y la acústica no era sino un caso particular de aquella.

Sin embargo, recientemente se ha despertado un gran interés por todo aquello relacionado con el medio ambiente. Los habitantes de la Tierra, en el umbral del tercer milenio están tomando conciencia de lo pequeña y vulnerable que en realidad es nuestro planeta y fruto de esta inquietud surge la preocupación, entre otros, por la contaminación química de las aguas y del aire, la preocupación por los residuos, la radioactividad, las ondas electromagnéticas y el ruido.

Este último aparece con unas características propias que, podríamos decir, le hacen tener una "personalidad propia" dentro de esta familia de la contaminación:

1. Es ubicuo. Esto es se genera muy fácilmente allá donde el hombre realice cualquier actividad y por ello se encuentra en todas partes. Todos sabemos lo difícil que es encontrar un lugar silencioso.
2. Tiene una gran capacidad de molestar a las personas. Justamente por la sensibilidad humana al sonido -que varía de unas personas a otras- el ruido es fácilmente percibido y afecta a las personas en su conducta, fatiga, nerviosismo y tensión.
3. No mata. O por lo menos no lo hace de una manera directa, rápida y palpable. Si comparamos los posibles efectos del ruido con los de un vertido químico o una marea negra comprendemos rápidamente que ante los ojos del público "no sea tan grave".
4. Esta formado por ondas mecánicas. Esto es quizá la característica que más hace que el ruido sea una contaminación peculiar. Al no tratarse de sustancias o de materia, al tener una existencia efímera en lo temporal y al presentar propiedades de onda como interferencias, reflexiones, difracciones, etc. se le hace difícil al público en general comprender su fenomenología. Los remedios "intuitivos" con los que se intenta en muchas ocasiones reducir el ruido resulta que conducen, en numerosas ocasiones, a no reducirlo e incluso aumentarlo.

Esta sensibilidad social frente al ruido ha reavivado el interés por la acústica, especialmente en lo relacionado con su percepción por el hombre. Esto hace que esté surgiendo una clara necesidad de profesionales con conocimientos adecuados sobre acústica capaces de medir, valorar, y reducir el ruido.

En la industria surge la necesidad de reducir el ruido emitido por las instalaciones y fábricas tanto hacia el exterior como en el interior, cuidando que tanto el entorno como los lugares de trabajo mantengan unos niveles de ruido aceptablemente bajos. Pero también surge la necesidad en los fabricantes de máquinas de, cumpliendo por ejemplo con la directiva europea de máquinas, medir y reducir el nivel de emisión sonora de las mismas.

Los automóviles, como casi todas las máquinas y electrodomésticos se hacen cada vez más silenciosos. En el caso de los automóviles el nivel de emisión debido al motor se ha reducido en los últimos años de tal manera que en la actualidad es mayor el ruido originado por la propia rodadura de las ruedas que por el motor. En el caso de los aparatos de climatización resulta sorprendente el nivel cada vez más bajo de nivel sonoro que tienen. Curiosamente en la final del campeonato de ajedrez entre Karpov y Kasparov que jugaron en Sevilla había debajo de su mesa un equipo de climatización de bajo ruido desarrollado y fabricado por Koolair, empresa española puntera en combinar el silencio con la climatización.

Es necesario un gran esfuerzo de investigación y desarrollo para mantener esta carrera por controlar y reducir el ruido. En este sentido la introducción de nuevos materiales, el mejor conocimiento de los existentes y el control activo del ruido -que consiste en generar una onda que interfiera destructivamente con el ruido están abriendo nuevas posibilidades. El control activo del ruido es ya una realidad para contrarrestar la emisión

de transformadores eléctricos que emiten por magnetostricción con la misma frecuencia de la red eléctrica (50 ó 60 Hz) o en conductos como los del gas en los que el ruido es producido por las bombas que lo impulsan y de otra forma llegaría hasta los usuarios sin prácticamente ninguna atenuación.

Por otra parte las aplicaciones del sonido -sin necesidad de que sea en forma de ruido- son muchas en la industria. Sistemas de sónar y de ecografía hasta sistemas de caracterización de cavidades, inspección de soldaduras, telemetría o transmisión de información son algunas de las aplicaciones que tiene el sonido. Todo ello por no hablar del gran desarrollo de la electroacústica.

En la construcción surge la necesidad de garantizar no sólo unos niveles sonoros sino también de caracterizar acústicamente salas de conciertos, auditorios, aulas, etc. Las instalaciones en los edificios, que cada vez son más complejas, también deben tener en cuenta las condiciones sonoras. Esto implica además la caracterización acústica del entorno, la realización de mapas de ruido y estudios de inmisiones, etc. Por ejemplo en la Comunidad de Madrid es necesario realizar un mapa de ruido previamente a la aprobación de un plan de urbanización.

Las administraciones públicas a su vez necesitan disponer de técnicos con conocimientos de acústica para poder controlar y garantizar el cumplimiento de la legislación que cada vez es más amplia. Además, desde el momento en que existe legislación sobre el ruido, los jueces deberían saber algo sobre ello. Esta necesidad de formación o de conocimiento se resuelve solamente en algunos casos mediante cursos de especialización y actualización.

La sociedad, ante todo esto, necesita no sólo disponer de los técnicos y científicos con suficientes conocimientos, sino de forma más importante, necesita conocer los principios fundamentales del sonido, necesita cultura científica -como en tantos otros casos-. Esto es una tarea que va más allá y que requiere que el sonido entre a formar parte de los contenidos educativos básicos de una forma clara real y experimental. El sonido es algo cotidiano y se pueden hacer numerosos experimentos interesantes con muy poco coste.

En este sentido son especialmente provechosos cursos sobre acústica dirigidos a profesores de bachillerato, como el que el Colegio de Físicos ofrece, puesto que sus efectos sobre la sociedad serán a largo plazo, cuando los alumnos de estos profesores puedan moverse con conocimiento por un mundo en el que el ruido será un parámetro importante de tipo económico, político y de calidad de vida. Generar ese conocimiento bien fundamentado no deja de ser una responsabilidad de los que profesionalmente nos dedicamos al estudio de las ciencias físicas.

## **ACRISTALAMIENTO EN FACHADAS Y AISLAMIENTO ACÚSTICO.**

*José Pablo Calvo Busello.*

*Saint-Gobain Cristalería, S.A. C.I.T.A.V.*

**El aumento de los niveles de ruido junto al incremento del espacio de la fachada tradicionalmente reservado a la instalación de ventanas, han hecho necesario desarrollar nuevos productos vítreos que cubran las nuevas demandas de protección térmica, solar, resistencia a los impactos y protección frente al ruido aéreo. En este artículo se ofrecen nuevos productos vítreos que satisfacen esas nuevas necesidades**

La fachada constituye la frontera entre el interior y el exterior circulando a su través todos los flujos que tienden a alterar las condiciones de habitabilidad interiores.

Radiación solar y pérdidas de calor, lluvias e impactos y todas aquellas acciones exteriores debidas a meteoros naturales o a la actividad humana, que configuran el marco climático en el cual nuestra edificación se encuentra, encuentran en la fachada un escudo que defiende nuestros espacios interiores de su agresión y además conserva el confort.

Parte de esa fachada o piel de la edificación la han constituido tradicionalmente la carpintería y el vidrio: ese líquido de viscosidad infinita cuya transparencia le permite la doble función de transmitir luz y visión siendo, al mismo tiempo, un material rígido de cerramiento.

El uso de superficies acristaladas ha sido habitual en la Arquitectura Occidental desde hace más de seiscientos años, pero la dimensión de los huecos a cerrar ha sufrido una grave alteración en el último medio siglo. La modesta ventana tradicional que escasamente ocupaba un diez o quince por ciento del cerramiento total ha crecido llegando a sustituir al tradicional cerramiento opaco, fundamentalmente en edificios destinados a usos terciarios, con lo cuál la responsabilidad de escudo de las acciones exteriores que antes compartía con materiales como el ladrillo, la piedra, el hormigón, etc. ha recaído exclusivamente en él y en su soporte, la carpintería. Si Le Corbusier describía no hace sesenta años a las fachadas de los rascacielos de Nueva York como canteras colgadas, haciendo alusión al uso de la piedra en las mismas, han bastado cuarenta años para que esas canteras se hayan visto sustituidas por la limpia y brillante superficie del vidrio.

Pero este protagonismo que el vidrio ha adquirido le ha llevado, como decíamos, a responder a las demandas de protección térmica, solar, resistencia a los impactos, etc. de forma exclusiva, por lo que los tradicionales vidrios de ventana utilizados por nuestros padres quedaron pronto anticuados, siendo necesario desarrollar nuevos productos vítreos que cubrieran las nuevas demandas, y entre ellas, de forma fundamental, se encuentra la protección frente al ruido aéreo.

El ruido, esa nueva contaminación fruto de la actividad humana y ajena a los fenómenos naturales, que cada día afecta más a nuestra vida en los grandes núcleos de población, originado por múltiples causas desde el habitual tráfico rodado hasta las ocasionales obras de conservación de la vía pública, desde la explotación de determinadas industrias

pesadas hasta las más variadas actividades lúdicas, éste ya habitual e intangible y en muchas ocasiones indeseable compañero, afecta a nuestra concentración en el trabajo, a nuestro reposo y, en casos graves, a nuestra situación emocional acentuando la agresividad y alterando la estabilidad de las relaciones sociales.

El aislamiento acústico que el vidrio proporciona, en su estado monolítico tradicional, es discreto, pues al ser función directa de su espesor está limitado de forma natural, por los espesores comerciales de fabricación, que no superan los 15 mm.

La aparición de los vidrios de aislamiento térmico SGGCLIMALIT aumentó la reducción acústica de los acristalamientos pero más a nivel de percepción relativa que de aislamiento real, pues la cámara térmica nunca superior a 18 ó 20 mm. no funciona como cámara acústica real, aunque la incorporación de mayores espesores de vidrio incrementaba la reducción del conjunto.

La necesidad de conseguir acristalamientos más seguros frente a los impactos, fortuitos o no, dio origen a los vidrios laminados SGGSTADIP formados por varios monolíticos adheridos mediante PVB (butiral de polivinilo), que garantiza la estabilidad frente a la fractura, y en el que se descubrió un efecto secundario que altera positivamente el comportamiento acústico del conjunto al incorporar un efecto de amortiguación entre las láminas de vidrio.

Posteriormente se ha desarrollado un PVB que, manteniendo las características de seguridad en el SGGSTADIP, incrementa la reducción acústica del mismo al constituir por su estructura interna especial un amortiguador sonoro de alto nivel. Así ha nacido el SGGSTADIP SILENCE.

COMPOSICIÓN	RW (dB)	RA tr (dBA)
Vidrio monolítico SGGPLANILUX 6 mm	30	27'6
SGGCLIMALIT 4 (12) 4	31	28
Vidrio laminado SGGSTADIP 3.3 1 PVB.0'38 mm	31	28'6
Vidrio laminado acústico SGGSTADIP SILENCE 3.3 1 PVB	34	30'6
Vidrio laminado acústico SGGSTADIP SILENCE 5.5 1 PVB	37	34
SGGSTADIP SILENCE 3.3 1 (12) SGGPLANILUX 6 mm	41	39'7

En el cuadro superior de esta página se resumen los valores de reducción acústica de las composiciones presentadas.

Pero por muy buenas prestaciones que un vidrio proporcione nada serán si no se coloca en carpinterías adecuadas y con sistemas correctos, pues, en aislamiento térmico, un puente rebaja proporcionalmente el rendimiento del conjunto, pero frente al ruido un fallo en la colocación, que ocasione un cortocircuito acústico, ocasiona la pérdida de, prácticamente, toda la reducción prevista.

Frente a un problema acústico es, por tanto, fundamental el análisis previo de la naturaleza del mismo, fuente sonora, forma de transmisión del ruido y tipo de fachada en la que se incorporará el vidrio para obtener el óptimo resultado que los vidrios descritos nos pueden ofrecer.

## **EL RUIDO EN LA INDUSTRIA**

*Jesús Velasco Abásolo*

*Responsable del Área de Higiene Industrial de FREMAP,*

*Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social de Vizcaya*

**La incorporación de procesos industriales, fruto del avance tecnológico, en numerosos ámbitos de la civilización moderna, la han convertido en una civilización ruidosa. La industrialización tiene una parte positiva para la sociedad, ya que ha dado empleo a numerosos ciudadanos, pero también presenta un aspecto negativo, pues estos trabajadores están viendo afectada su salud por los altos niveles de ruido a los que están sometidos durante su jornada laboral.**

**Frente al ruido industrial y sus efectos dañinos sobre la salud, se han adoptado una serie de medidas con el objetivo de prevenir el riesgo laboral. Los riesgos a los que están expuestos los trabajadores, los efectos sobre su salud y las medidas que se han adoptado para su control aparecen explicadas a lo largo del artículo.**

Como consecuencia de la industrialización ocurrida en los últimos siglos, el hombre transforma las actividades laborales de un medio rural, agricultura y ganadería, a un medio urbano e industrial dominado por actividades, maquinas y equipos ruidosos.

Además, esta actividad se desarrolla habitualmente en lugares cerrados, en los que la acumulación de energía sonora desprendida como consecuencia de la actividad es mayor que en espacios abiertos. Por todo ello, podemos decir que la civilización moderna es una civilización ruidosa.

Muchos de los adelantos posteriores de la ciencia, han contribuido de forma significativa, al aumento del ruido soportado por los seres humanos. El invento del automóvil ha convertido a las ciudades en lugares con altos niveles de contaminación acústica, sobre todo en las zonas de tráfico intenso. De igual forma, el invento del magnetófono o cassette en los años 60, ha traído la actual cultura de la música, con un uso indiscriminado de los "radiocasete portátil", lo cual, según un estudio de la universidad de Leeds (Gran Bretaña) ha permitido constatar pérdidas auditivas de entre 15 y 20 dB según las frecuencias, entre los jóvenes expuestos a música amplificada por medio electroacústicos.

Considerando que en la mayoría de las situaciones el ruido aparece como un efecto no deseado, y que conlleva unos daños a la salud de las personas, debemos considerar el ruido como un factor de contaminación ambiental tan preocupante como cualquier otro y por tanto, dedicarle los esfuerzos y los recursos necesarios para controlarlo en unos niveles aceptables.

En este sentido, también es necesario esforzarse en la industria, como parte de la sociedad y contribuyente importante a la contaminación acústica soportada por los trabajadores.

## EFFECTOS SOBRE LA SALUD

Las alteraciones para la salud de las personas, que produce el ruido son diversas. Son conocidas las alteraciones del sueño, la hiperirritabilidad, los trastornos en la capacidad de atención y de memorización, las alteraciones del sistema nervioso, cardiovascular, hormonal y digestivo. Pero, existen otras alteraciones más específicas y de mayor transcendencia en la exposición laboral, como son los traumas sonoros y las interferencias en las conversaciones.

El trauma acústico es un daño para la salud que se manifiesta en trabajadores sometidos a niveles sonoros importantes como consecuencia del ejercicio de su actividad laboral. Cuando un trabajador esta expuesto de forma repetida durante largos periodos de tiempo a ruidos elevados, la energía sonora recibida en su oído, produce una fatiga y destrucción de las células auditivas situadas en el oído interno, que trae como consecuencia la perdida de la capacidad auditiva. Esta lesión se produce de forma lenta, progresiva e insidiosa, a lo largo de los años.

Pero no es este el único efecto del ruido industrial en el trabajo, las explosiones, los impactos y otros ruidos muy elevados, aún cuando sean de corta duración, pueden producir daños en el tímpano del oído del trabajador.

## INTERFERENCIAS SONORAS

El ruido presenta un efecto más en la industria, como es la interferencia en las conversaciones. Los elevados niveles sonoros existentes en la industria, dificultan las conversaciones entre los trabajadores, lo que genera una situación no deseada en un ser social como es el ser humano. La situación se agrava en las ocasiones en las que un trabajador necesita de la comunicación oral para la realización de su trabajo. Así, cuando se realizan trabajos coordinados entre varias personas, una incorrecta interpretación de ordenes o instrucciones, pueden dar lugar a situaciones de riesgo, que no pocas veces han terminado en accidentes con lesiones e incluso la muerte de algún trabajador.

No se debe dejar de lado el hecho de que señales, avisos, instrucciones y alarmas son muchas veces acústicas en los puestos de trabajo. Su ruido es fuente de numerosos accidentes debido a las distracciones que puede originar en los trabajadores. En un estudio de la Universidad de Sussex, Gran Bretaña, se señala que la frecuencia de accidentes de los trabajadores en lugares muy ruidosos aumenta entre tres y cuatro veces, por el contrario, en ambientes silenciosos se percibe una tendencia a la disminución de los accidentes, en la medida en que disminuye el nivel de ruido existente en el puesto de trabajo.

El fenómeno de las interferencias se presenta fundamentalmente en el sector servicios, en el personal de atención al público, de atención al teléfono, etc. Son trabajadores que ven altamente perturbada su capacidad de trabajo por dificultades en la comprensión de las conversaciones.

Pero donde quizá se manifiesta más claramente este fenómeno es en el sector de la enseñanza, donde la correcta audición e interpretación de lo expresado por el profesor o ponente es fundamental para el correcto desarrollo de la actividad. Cada vez es mayor el

número de educadores, en los diversos ámbitos educativos, que manifiestan problemas en la voz como consecuencia del esfuerzo que necesitan realizar en su trabajo.

Existen metodologías para valorar la interferencia del ruido, tanto en la comprensión de la palabra, como en la capacidad de interpretar las conversaciones, y del esfuerzo vocal necesario para mantener una conversación.

En general, en oficinas se establece un nivel sonoro recomendado en función de la actividad que se realice en las mismas. No es lo mismo una oficina de atención al público, que una sala de lectura.

En la guía de utilización de pantallas de visualización de datos establecida por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en desarrollo del Real Decreto 488/97, se recomienda que el nivel de ruido en puestos de trabajo con pantallas de visualización de datos no debería superar los 55 dB(A).

También se deben de tener en cuenta los ruidos impulsivos existentes en la industria, ya que muchas veces pueden resultar más peligrosos. Estos ruidos se caracterizan por presentar unas elevaciones de más de 40 dB. En menos de 500 milisegundos, pueden ser habituales niveles que superan los 140 dB, y en ciertas actividades, como el disparo de armas de fuego, se pueden dar valores de entre 165 y 170 dB, en un tiempo muy corto.

Estos ruidos, pueden dar lugar a daños mecánicos tanto en el oído interno como en el ámbito timpánico y de oído medio, que se traducen en una pérdida inmediata de la capacidad auditiva.

El deterioro de la capacidad auditiva depende de la intensidad del ruido, de su fluctuación y de la duración de la exposición. El nivel sonoro del puesto de trabajo fluctúa de forma muy significativa de unas tareas a otras de las realizadas por el trabajador, y dado que se asume, que el daño sobre la capacidad auditiva, es consecuencia de la energía sonora recibida por el trabajador, un aspecto importante es la cuantificación del ruido recibido.

## **MAGNITUDES PARA CUANTIFICAR EL RUIDO**

La forma de medir el ruido industrial soportado por el trabajador es mediante el nivel continuo equivalente (LAeqT). El nivel continuo equivalente se define como el nivel sonoro que, estando presente de forma continuada, representa la misma energía sonora que el ruido fluctuante, que realmente ha existido en el punto durante el tiempo considerado.

En el campo de la prevención de riesgos laborales utilizamos una segunda magnitud que es el nivel diario equivalente (LAeqd). Esta magnitud representa el nivel de ruido soportado por el trabajador de forma continuada durante una jornada de ocho horas de trabajo, ya que equivale a la energía que realmente recibe el trabajador en su oído durante el trabajo.

La norma ISO 1999-1990 establece que existe riesgo de pérdida de la capacidad auditiva para exposiciones de (LAeqd) superiores a 75 dB(A), y las diversas

legislaciones consideran la existencia de riesgo para el trabajador a partir de 80 dB(A) de (LAeqd).

## LA U.E ANTE EL RIESGO LABORAL

En la actualidad, la Unión Europea ha establecido en una directiva del año 1986, de obligado cumplimiento desde 1990, la necesidad de minimizar el riesgo para la salud del trabajador en el puesto de trabajo como consecuencia del ruido existente en el mismo. Esta directiva está transpuesta a la legislación nacional en el Real Decreto 1316/89, sobre protección auditiva de los trabajadores.

El artículo 7º de dicha directiva europea dispone que en todos los puestos de trabajo donde se superan los 90 dB(A) de (LAeqd), el empresario está obligado a analizar las causas por las que se supera el nivel diario equivalente establecido y proponer una serie de medidas técnicas tendentes a reducir el nivel sonoro del puesto de trabajo.

## HIGIENE INDUSTRIAL. ACTUACIONES FRENTE AL RUIDO

En la metodología de trabajo de la higiene industrial, se considera que se pueden establecer en principio tres tipos de actuaciones: sobre el foco del ruido, sobre el medio, y sobre el trabajador.

Las acciones establecidas sobre el foco del ruido son las más adecuadas, siempre que sean factibles, ya que estas medidas tienden a eliminar el ruido. En segundo lugar, se deben estudiar acciones para actuar sobre el medio en el cual se expande el ruido. Normalmente estas medidas consisten en frenar el paso de la energía sonora desde el foco de generación hasta el oído del trabajador. Sólo cuando las acciones sobre los otros puntos fallan, deben estudiarse medidas sobre el operario.

En el control del ruido en los puestos de trabajo, se presentan una serie de circunstancias que deben de ser tenidas en cuenta, si se desean unos buenos resultados en la reducción del nivel de ruido de un puesto de trabajo.

La primera circunstancia a tener en cuenta es que el operario durante su jornada laboral puede realizar múltiples tareas, cada una de las cuales someterá al trabajador a una parte del ruido total que recibirá a lo largo de la jornada. El operario realiza su trabajo en un espacio, frecuentemente cerrado, ocupado por otros trabajadores, por lo que no sólo recibe el ruido generado por su equipo de trabajo, sino que recibe una participación importante del ruido emitido en otros puestos de trabajo, y de ruido reflejado si la actividad laboral se han desarrollado en espacios cerrados. En prevención de riesgos se habla de la exposición del trabajador (inmisión de ruido) y no del ruido emitido por la máquina.

En cualquier caso, siempre que se hace un planteamiento de medidas correctoras para el control del ruido en la industria se deben de tener en cuenta los siguientes puntos:

1º el control de ruido es un problema del conjunto máquina, medio y trabajador.

2° el objetivo del control es conseguir un ambiente con un nivel de ruido aceptable a un costo también aceptable.

3° el éxito de un control, se mide en función del resultado final, es decir, de la reducción del ruido conseguida.

4° el conjunto tiene muchos componentes, que pueden ser generadores de ruido.

5° el control de ruido puede efectuarse en cualquier punto del conjunto.

6° un control representa, normalmente, un compromiso entre éxito y costo.

7° el diseño acústico debe siempre ser compatible con otros aspectos (seguridad, accesibilidad, calidad).

### **ACCIONES SOBRE EL FOCO: EQUIPOS DE TRABAJO**

Las medidas sobre el foco, basadas en el diseño de los equipos, están encuadradas dentro de las exigencias establecidas por el Real Decreto 1215/ 97 sobre equipos de trabajo. En equipos ya instalados, las medidas tendentes a reducir el ruido son generalmente empíricas y no existen métodos de cálculo teóricos que permitan de antemano establecer los resultados que se obtendrán de la medida establecida.

Estos métodos consisten, generalmente, en la modificación de los procesos productivos; en la sustitución de equipos y herramientas neumáticas por herramientas eléctricas; en la eliminación del rozamiento en maquinas en movimiento, en acabado de superficies y en engrase; en el equilibrado de maquinas y alineamiento; en la colocación de silenciosos en los escapes de aire, y otras turbulencias en los movimientos de fluidos; en evitar la transmisión de vibraciones entre componentes colocando uniones elásticas, incorporando materiales amortiguadores entre superficies que chocan e insertando antivibratorios.

Hemos de tener claro que un buen mantenimiento es una parte esencial del control de ruido en los equipos de trabajo.

Las legislaciones establecen que los equipos comercializados deben de indicar el nivel de ruido producido, o aún mejor, el nivel de potencia acústica emitida por la máquina. Ello permite al empresario estimar el nivel de presión sonora que una máquina producirá en el puesto de trabajo o en cualquier punto del entorno como consecuencia de su funcionamiento, teniendo en cuenta las características del local en el que se va a colocar el equipo. No debe de olvidarse que la presión sonora es función no sólo del ruido emitido por la maquina, sino también, de la distancia entre el foco de ruido y el punto considerado, de las dimensiones del local y de las características acústicas del local.

## ACCIONES SOBRE EL MEDIO

Las actuaciones sobre el medio consisten básicamente, en la interposición de materiales en la trayectoria de las ondas para frenar su camino.

El método más conocido es el enclaustramiento o encerramiento en una cabina del equipo ruidoso. Estos cerramientos se construyen con materiales de gran amortiguación para que produzcan grandes disminuciones del nivel sonoro que las atraviesa.

Este método resulta un muy eficaz y sencillo. Su fácil realización hace que sean de amplia utilización en la industria, sin embargo, resulta inviable en los puestos de trabajo que requieren alto contenido manual o una interacción directa y continuada entre el trabajador y el equipo. Otro aspecto a tener en cuenta es que los equipos que disponen de uno o varios motores para su funcionamiento necesitan una adecuada ventilación para disipar el calor producido, esto obliga muchas veces a practicar aberturas en los cerramientos, lo que provoca una pérdida de su eficacia.

Cuando no resulta factible el encerramiento del foco ruidoso, se puede recurrir a un cerramiento parcial del mismo mediante la interposición de una barrera acústica entre el foco y el trabajador, si bien esta segunda solución no resulta tan eficaz como la primera, según se deduce de lo indicado en el punto anterior, puede permitir en ciertos casos una mejora de las condiciones del puesto de trabajo.

Finalmente, sobre el medio se puede actuar mediante el acondicionamiento acústico del local, colocando material absorbente en las paredes que eliminen las ondas reflejadas que contribuyen a aumentar el ruido soportado por el trabajador. Este método también resulta de gran interés en los puestos de trabajo en los cuales el problema es de falta de inteligibilidad, como es en el sector servicios y en la enseñanza en particular.

El acondicionamiento acústico resulta de gran utilidad en esta última área considerada, pero es de eficacia limitada en el campo industrial, ya que sólo reduce el ruido reflejado pero no actúa sobre el ruido directo que desde el foco llega al trabajador. Tanto en las industrias alimentarias como en los locales de grandes dimensiones el acondicionamiento acústico resulta ineficaz. Por un lado, las industrias alimentarias en las que las superficies por exigencias de higiene deben de ser superficies con unas características determinadas, muchas veces contrarias a la utilización de materiales absorbentes en las paredes. Por otro, los locales de grandes dimensiones con los focos de ruido y los trabajadores situados en la zona central están demasiado alejados de las paredes como para que el método resulte eficaz.

## ACCIONES SOBRE EL TRABAJADOR

Sobre el trabajador se actúa en la prevención de riesgos de diversas formas, la primera es la vigilancia de la salud del trabajador siempre que exista un riesgo para el mismo.

La vigilancia de la salud en el caso de los trabajadores expuestos al ruido supone entre otras pruebas la realización de audiometrías, destinadas a establecer el nivel umbral de

audición de cada trabajador a diversas frecuencias, mediante ensayos con sonidos de frecuencias determinadas.

Otra actuación exigible sobre trabajadores expuestos a ruidos, es la obligatoriedad de informarle y formarle sobre el riesgo considerado: qué es, qué representa para su salud, de que actuaciones dispone para protegerse frente al agresivo, de los métodos de trabajo, de la utilización de equipos de protección individual y de las normas de profilaxis.

Finalmente, en la industria se dispone para proteger al trabajador, de equipos de protección individual, que según indica el Real Decreto 1316/89, han de utilizarse cuando todos los métodos citados anteriormente y estudiados previamente por el empresario, han resultado ineficaces o inviables, bien sea por las características del trabajo, por el costo del control, o por cualquier otra circunstancia.

Los equipos de protección individual de cualquier tipo que vayan a ser utilizados en la empresa, deben de cumplir con las normativas existentes al respecto en el Real Decreto 1407/ 92 sobre comercialización de equipos de protección individual y en el 773/ 97 sobre utilización de equipos de protección individual.

Entre otras cosas en este último Real Decreto, se exige al empresario que valore la adecuación del equipo de protección seleccionado para un puesto de trabajo, frente al nivel de ruido existente en el puesto en el que dicho equipo vaya a utilizarse, y frente a todos los demás factores que puedan presentar un riesgo durante su uso. Para ello se ha desarrollado una norma UNE-458 para poder realizar de forma correcta las estimaciones necesarias y previas a la utilización de un equipo de protección individual en un puesto de trabajo.

## **MEDIO AMBIENTE SONORO Y SU VALORACIÓN SUBJETIVA**

*Isabel López Barrio. Instituto de Acústica (CSIC)*

**La creciente concienciación ambiental sobre el problema del ruido ha dado lugar al desarrollo de diferentes métodos de medida dirigidos a valorar el impacto del ruido en la salud y en la calidad de vida de la población. A partir de los años sesenta, la investigación, en este campo, ha jugado un importante papel en la determinación de la molestia, así como en la elaboración de las normativas para protegerse de dichas molestias. Actualmente, la investigación ha experimentado un cambio importante, estando dirigida al desarrollo de métodos que permitan, desde una visión preventiva, introducir el tema del sonido en la concepción y diseño de la ciudad.**

Las investigaciones sobre medio ambiente sonoro han centrado fundamentalmente su interés en la valoración de la realidad objetiva (cartografía sonora). Sin embargo, en esta aproximación y en su metodología, indudablemente útiles en el ámbito de la gestión ambiental, suele quedar ausente la dimensión subjetiva es decir, el estudio de los aspectos subjetivos implicados en la aprehensión y representación del ambiente sonoro. Sin embargo, los autores que han estudiado las transacciones hombre-medio (Garling y Colledge, 1990; Boira, 1992; Aragonés, 1998;) muestran como la respuesta ante un determinado estímulo surge no sólo de sus rasgos físicos sino del significado que le es atribuido por los propios sujetos. Es decir, los sujetos perciben y reconstruyen el mundo a través de sus propios supuestos, valores y expresiones vitales; puede afirmarse en este sentido que el espacio sonoro está afectado por sentimientos, por filtros personales o culturales y por significados que permiten hablar de una dimensión subjetiva superpuesta a la realidad objetiva. Es por esto, que actualmente se señala la necesidad e importancia del análisis del medio percibido al mismo nivel que el ambiente real.

La incorporación de los aspectos subjetivos al estudio del medio ambiente sonoro no implica infravalorar el enfoque físico con el que la acústica tradicional analiza este campo. Se trata más bien de enriquecer el campo de trabajo de los físicos introduciendo una nueva dimensión: la imagen subjetiva del espacio sonoro y la interacción entre la persona, el sonido y el medio.

### **ESTUDIO DE LOS ASPECTOS SUBJETIVOS EN ACÚSTICA**

El estudio de los aspectos subjetivos en el campo de la acústica ha generado una serie de enfoques o aproximaciones, que constituyen el panorama actual de la investigación sobre este tema. En general, se pueden distinguir dos enfoques principales. Un primer enfoque, analiza la respuesta ante el ambiente sonoro, desde una visión determinista, en función sólo de las características físicas del estímulo sonoro (E R). Desde este planteamiento la respuesta ante el ambiente sonoro, medida generalmente en términos de molestia, es una respuesta simple, que depende únicamente de la intensidad del estímulo sonoro.

Una segunda orientación, analiza la relación estímulo respuesta desde una perspectiva transaccional y dinámica. Con este enfoque se considera que los sujetos no responden de una manera pasiva a las condiciones del ambiente sonoro sino que dichas respuestas se encuentran mediatizadas por una serie de variables no acústicas relacionadas con la

situación y contexto donde es percibido el ruido, así como con las características sociales y culturales del sujeto que lo percibe.

## IMPACTO DEL RUIDO EN LA POBLACIÓN. ESTUDIO DE LA RESPUESTA DE MOLESTIA

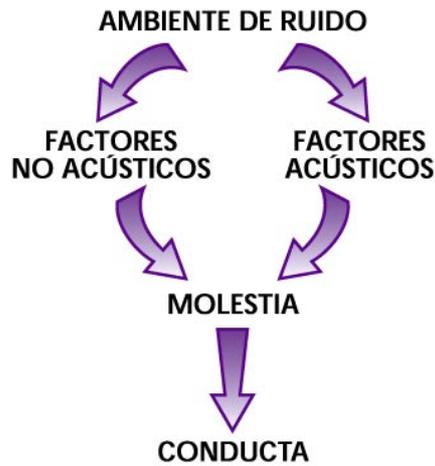
La importancia del ruido, como un factor de contaminación ambiental, empezó a manifestarse a principio de los sesenta, como consecuencia del impacto del tráfico rodado y del ruido en los ambientes de trabajo. En esta primera etapa los trabajos en acústica y psicoacústica estaban fundamentalmente dirigidos a modificar el ruido en la fuente y al aislamiento acústico como medio de protección de la salud de la población.

Es decir, en este momento, la problemática del ruido estaba fuertemente polarizada por el impacto creciente del ruido en la población.

Las normas técnico-jurídicas creadas en abundancia en esta época inciden, de manera decisiva, en los comportamientos y en las molestias. Sin embargo, el incremento de las protestas ante este contaminante muestran que las reglamentaciones no son suficientes para la reducción de la molestia y que la aplicación de las normas no son necesariamente satisfactorias para los afectados. Las causas son diversas dada la gran cantidad de variables no acústicas que modulan dicha respuesta: emergencia creciente de una sensibilidad al ruido, victimización directa, socialización del conflicto, etc. (Augoyard, 1987; Anphoux, 1988).

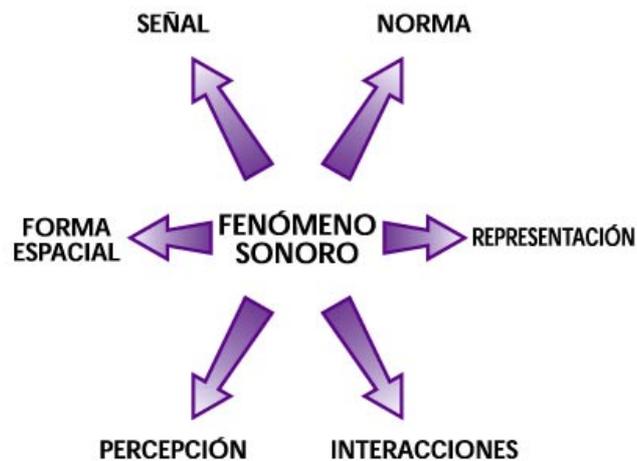
En una segunda etapa, a partir de la década de los 70, la investigación está orientada a tratar de comprender los factores propiamente “humanos” implicados, tratando de establecer relaciones cuantitativas entre las características físicas del ruido y las respuestas de la población, medida generalmente en términos de molestia, con el fin de determinar los niveles máximos aceptables de exposición al ruido. Entre los diferentes estudios planteados, es la respuesta de molestia por exposición a ruidos continuos e intensos, debidos principalmente al transporte y, entre estos, el tráfico por carretera y aéreo, la que ha acaparado el interés de un mayor número de investigaciones (Öhrstrom, 1993; Sanchis y Solana, 1996, Berglund, 1997).

Estos estudios muestran que, aunque la intensidad es una variable necesaria a la hora de explicar la respuesta al ambiente de ruido, esta variable no define por sí sola dicha respuesta. La correlación ruido-molestia, es relativamente baja ( $< 0,4$ ), lo que confirma la existencia de amplias diferencias individuales en la respuesta a este factor del medio (Schultz, 1978). Asimismo, la ausencia total de ruido no puede ser considerada como caracterizadora de una situación sonora perfecta; tan negativamente valorado puede ser un ambiente saturado de ruido como un ambiente carente de estimulación sonora. Por tanto, tal como señala Blauert (1991), los factores que definen si un determinado sonido es ruido (sonido valorado como molesto) o señal (sonidos cuya percepción es aceptada o deseada) son tanto físicos, como de orden psicológico (Fig.1).



Aunque los resultados de estos estudios han tenido fuertes implicaciones en la gestión del medio sonoro, no han aportado resultados concluyentes ni en cuanto a la posible explicación de la reacción subjetiva al ambiente de ruido, ni en cuanto a la prevención y control del ruido urbano. La dimensión sonora en la gestión de los espacios urbanos cotidianos es frecuentemente olvidada.

Por otro lado, los trabajos interdisciplinarios que se inician sobre el tema en estos momentos (Augoyard, 1978, 1979), ponen de manifiesto que la respuesta al ruido es una respuesta compleja que depende tanto de los factores propiamente acústicos como de factores psicosociales, contextuales, simbólicos, emocionales o evaluativos. Todas estas variables participan en la singularización de la escucha, actuando como filtros que modifican la percepción de la señal física. (Fig. 2). Estos resultados inciden de manera decisiva en el desarrollo de una nueva orientación en el estudio de la relación hombre-medio sonoro.



## DEL CONCEPTO DE MOLESTIA A LA CALIDAD AMBIENTAL

En la década de los ochenta, se produce un cambio en el estudio de los efectos del ruido. Se parte de la premisa de que el aislamiento acústico no es la única solución universal en relación al problema del ruido y se investigan métodos que permitan introducir el tema del sonido en la concepción y planificación de la ciudad, superando las únicas finalidades normativas y defensivas existentes en relación al ambiente sonoro.

Desde este planteamiento, la calidad acústica de los diferentes entornos se define por criterios más amplios que los habitualmente considerados hasta el momento (ausencia de ruido, silencio). A los criterios de la acústica tradicional se unen criterios de tipo cualitativo, que permiten una mejor comprensión del fenómeno sonoro y de las reacciones que suscita, para lo cual se toman en consideración las dimensiones cualitativas implicadas en la aprehensión del sonido (representación social, significado otorgado al sonido, sentimientos, etc). La realidad sonora de la ciudad se describe principalmente a través del prisma de la experiencia personal de la población.

En este sentido, caben señalar los resultados obtenidos en una investigación desarrollada con estos planteamientos cuyo objetivo era determinar la identidad sonora de diversas ciudades españolas (López Barrio y Carles, 1997). Se pudo comprobar que el ambiente sonoro es algo más que ruido y puede tener otras connotaciones además de la de molestia. Asimismo, de estos estudios se desprende que en la valoración del ambiente sonoro inciden otras variables además de las propiamente acústicas. Así, entre otras variables, cabe destacar:

- La legibilidad del ambiente sonoro. Los ambientes sonoros que se valoran como legibles, es decir, aquellos en los que se reconocen e identifican con facilidad los diferentes sonidos que lo componen, debido a su emergencia y claridad, alcanzan, como consecuencia de la relación directa que se establece con los mismos, valoraciones positivas. En este sentido, se ha constatado que el sonido constituye una forma de lenguaje, que transmite unos significados, que el sujeto elabora e interpreta en función del contexto en el que son percibidos. En algunas ocasiones, este lenguaje es evaluado de manera positiva, debido tanto a la legibilidad de la materia sonora como a su adecuación o congruencia en relación al espacio. Cuando esto ocurre, el sonido, independientemente de su intensidad, se erige en una importante fuente de información, clara y relevante del medio, valorándose como un factor de estimulación positiva, lo que favorece los procesos de interacción con el contexto en el que son escuchados.
- La familiaridad o experiencia del sujeto en relación a los sonidos. Los sonidos que se relacionan con lo conocido, lo familiar, la historia, las costumbres, las tradiciones y formas de vida de la ciudad son altamente valorados. Es decir, los sonidos que reflejan la cultura o memoria sonora del lugar poseen un intenso significado expresivo y un gran poder de atracción (ej.: ambiente sonoro del mercado tradicional, ambientes festivos, bares tradicionales, etc.).
- El significado otorgado al sonido. Cada sonido o ambiente sonoro posee un determinado significado simbólico. Este significado deriva no tanto de las características físicas como de las interacciones a nivel simbólico que se dan en los sujetos que lo perciben. Así, determinados ambientes sonoros, como los saturados por el ruido y los excesivamente silenciosos, generalmente se asocian con angustia e

inseguridad, siendo fuertemente rechazados (ej.: pasos subterráneos, calles peatonales durante la noche). Por el contrario, aquellos ambientes en los que prevalecen los sonidos sociales y naturales sobre los tecnológicos, se asocian con paz, tranquilidad, compañía, etc., siendo altamente apreciados.

- La relación con el contexto en el que es escuchado el sonido. El diseño determina en cierta medida los usos del espacio y éstos, a su vez, las fuentes sonoras presentes en el lugar, estando estos tres factores íntimamente relacionados. Contexto y sonido son, por tanto, dos variables fuertemente relacionadas.
- Las posibilidades de acción que el sujeto cree poder desarrollar en el marco de un determinado ambiente sonoro. Determinados espacios sonoros (los dominados por el tráfico) son rechazados al ser considerados como lugares de paso o huida debido a la imposibilidad de interacción con los mismos, por lo que crean una territorialidad centrífuga. Por el contrario, existen otros ambientes cuya alta valoración se debe, en buena medida, a su capacidad de favorecer la cohesión o interrelación con el medio, resultando un elemento fundamental en la orientación dentro del mismo, al enriquecer la construcción del espacio visual (ej.: ambiente sonoro de determinados barrios, pequeñas plazas, parques y jardines).

En definitiva, los resultados confirman que el ambiente sonoro es algo más que un elemento físico que envuelve al sujeto; es, ante todo, un elemento de interacción con el medio, en el cual el sujeto trata de desenvolverse. Así, el ambiente sonoro puede embellecer o afejar el escenario físico, favorecer o impedir la interacción con el medio. Además, la armonía en relación al ambiente sonoro no se basa en un simple acuerdo de intensidades y frecuencias, sino que hace referencia, básicamente, a su adecuación al marco ambiental en el que se escucha.

## DISCUSIÓN

La interacción hombre-medio ambiente sonoro, el estudio del impacto del ruido en la población, constituye un importante campo dentro de la acústica. Los resultados de las investigaciones realizadas en esta área muestran la necesidad de incorporar en los estudios sobre la calidad del ambiente sonoro, actualmente centrado en la realización de cartografías acústicas, el estudio de la calidad desde el punto de vista perceptivo (estudios cualitativos), dado que la intensidad sonora resulta un parámetro insuficiente en la valoración del medio ambiente sonoro. Con ello no se pretende infravalorar los esfuerzos de objetividad y rigurosidad derivados de los trabajos clásicos de la acústica, se trata de complementarlos y enriquecerlos incorporando una nueva dimensión de la realidad “la imagen subjetiva del espacio sonoro y la interacción entre ambos”. Los resultados de los estudios planteados desde esta perspectiva pueden, desde un punto de vista teórico, ayudar a obtener una mejor comprensión del fenómeno sonoro y de las reacciones que suscita. Desde un punto de vista práctico, dichos resultados pueden ser útiles a urbanistas arquitectos y aquellos que están implicados en la toma de decisiones sobre la planificación y el diseño urbano.

## Bibliografía

- Aragonés, J.I. (1998) *Cognición Ambiental*, en J. Aragonés y M. Améri-go (eds): *Psicología Ambiental*. Madrid. Pirámide.
- Anphoux, P (1988): *Le bruit, la Plainte et le Voisin*. Grenoble. Cresson.
- Augoyard, J.F (1978): *Les pratiques d'habiter à travers les phénomènes sonores*. París, UDRA/ESA.
- Augoyard, J.F (1979): *Pas á pas. Essai sur le cheminement quotidien en milieu urbain*. París. Editions du soleil.
- Augoyard, J.F (1987): *Elements pour une theorie des ambiances architecturales et urbaines*. *Les cahiers de la recherche architecturale*, 42, 13-23.
- Blauert, J. (1991): *Some basic consideration on sonic quality* en CRESSON (ed.): *La Cualité Sonore des Espaces Habités*. Grenoble.
- Berglund, B (1997): *Is perceived annoyance more subject- dependent than perceived loudness?*. *Acustica. Acta acústica*. 83, 313-319.
- Boira, J.V. (1992): *La ciudad de Valencia y su imagen pública*. Universidad de Valencia. Departamento de Geografía.
- Gärling, T., y Colledge, R. G. (1990): *Environmental perception and cognition*, en E. Z. Zube y G.T. Moore (eds.): *Advances in Environmental Behavior, and Desing*. Nueva York: Plenum Press.
- López Barrio, I. y Carles, J.L. (1997): *La calidad sonora de Valencia. Espacios sonoros representativos*. Valencia: Fundación Bancaja.
- Öhrström, E. (1993): *Research on noise and sleep since 1988*, en M. Vallet *Noise as a Public Health Problem*. Arcueil Cedex. France: INRETS. 3, 331-338.
- Sanchis, Ay Solana, P (1996): *Relationship Between measured noise levels and their classification according to the degree of annoyance perceived*. *Acustica. Acta acústica*. 82, 280-290.
- Schultz, T.J. (1978): *"Syntesis of social surveys on noise annoyance"*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 64, 377-405.