



Cuaderno de apoyo

Menos Ruido



Más Vida

M.^a Dolores Zúñiga Giménez
José Antonio Blanco Arjona
Joaquín García Sousa



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Menos ruido, más vida

Cuaderno de apoyo

M.^a Dolores Zúñiga Giménez

José Antonio Blanco Arjona

Joaquín García Sousa



Edita:

Dirección General de Educación Ambiental y Sostenibilidad.
Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Dirección Facultativa:

Ubaldo Rodríguez Martínez y Josefa Isabel Luna Luna.

Autores:

M.^a Dolores Zúñiga Giménez, José Antonio Blanco Arjona
y Joaquín García Sousa.

Diseño Gráfico, Fotografía, Ilustración y Maquetación:

Carmen Pérez Hurtado de Mendoza.

Imprime:

R y C Impresores.

I.S.B.N.: 84-96329-18-6

Depósito Legal:

Índice

PRESENTACIÓN	5
INTRODUCCIÓN	7
SOBRE EDUCACIÓN AMBIENTAL	9
PROBLEMÁTICA DEL RUIDO	13
FÍSICA DEL SONIDO	23
● Principios básicos	23
● Algunos fenómenos de las ondas sonoras	25
● Magnitudes características del sonido	27
● Cualidades del sonido	29
● Unidades de medida	30
● Instrumentos de medición	37
FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN	41
FUENTES EMISORAS Y MEDIDAS DE CONTROL	45
● Fuentes de ruido	45
● Medidas de control	48
EFFECTOS DEL RUIDO	53
● Efectos auditivos	54
● Efectos no auditivos	55
● Efectos económicos	61
● Efectos sobre el Medio Ambiente	62
NORMATIVA SOBRE LA EMISIÓN Y EXPOSICIÓN AL RUIDO	63
BIBLIOGRAFÍA	71

Presentación

El derecho al silencio

Cuando en la antigua Roma se dispusieron normas con las que controlar el ruido nocturno de las ruedas de hierro en el empedrado, o en algunas ciudades medievales fue prohibido el uso de carruajes durante la noche para no perturbar el sueño de la población, se dieron los primeros pasos para atajar un problema que alcanza, siglos después, caracteres colosales. Un problema intrínseco de las sociedades desarrolladas, como lo es hoy día la andaluza, por lo que el ruido ha emergido en nuestras ciudades como el principal déficit medioambiental, algo que evidencia año tras año el Ecobarómetro encargado por la Consejería de Medio Ambiente. Pero sus consecuencias van más allá: afectan a la salud física y mental, al rendi-

miento laboral o académico de nuestros hijos, a la convivencia de todos y, en definitiva, a la calidad de vida, máxima aspiración de un gobierno de progreso..

Desde que la Consejería de Medio Ambiente empezó a trabajar en un decreto de protección contra la contaminación acústica la expectación fue notable. Tal es así que durante todo un año la tarea se centró exclusivamente en reuniones con grupos vecinales, sensibilizados y esperanzados en que esta norma fuera realmente la herramienta necesaria para abordar situaciones que pueden tornarse, literalmente, en pesadillas para quienes las sufren. Se trabajó de la mano con ellos, y también con los ayuntamientos, ostentadores de la gran mayoría de las

competencias en esta materia, hasta llegar a la aprobación por el Gobierno andaluz de un decreto con el que, creo, ya no hay excusas para ser tolerantes con el ruido. La lucha contra él debe ser una prioridad política, nunca un problema económico en el que escudarse.

El decreto -de una gran solidez técnica y en sintonía con la Directiva de la UE- plantea recursos de inspección y actuación suficientes para que las corporaciones puedan intervenir contra el atronar de los ciclomotores, de los grandes vehículos, el ruido de las obras, de las actividades comerciales o del ocio callejero, por citar los factores que los andaluces consideran más dañinos.

Y, sobre todo, la norma es la herramienta para la planificar nuevas ciudades, con requisitos para insonorizar las viviendas, la realización de estudios acústicos antes de abrir una actividad, o la fijación de áreas según los ruidos máximos permitidos. Con la ayuda que pue-

da facilitar la Junta de Andalucía, las corporaciones locales tienen la oportunidad a partir de ahora tanto de satisfacer uno de los grandes retos que demandan los ciudadanos, como de hacer crecer a sus localidades de forma coherente.

Decía el mítico *jazzman* Miles Davis que la música más bella es el silencio. No es la pretensión del decreto cambiar el estilo de vida que nos es propio; sí lograr que todos puedan disfrutar del derecho al descanso y a la salud, algo tan básico y ahora tan lejano.

En los temas de medio ambiente la imposición difícilmente resuelve por completo un problema; es la colaboración ciudadana la que puede lograr que el ruido no destruya la convivencia y la calidad medioambiental de nuestro entorno urbano. Hay, por tanto, tarea para todos. Entre ellos para los alumnos y alumnas que, gracias a esta publicación, podrán concienciarse de este moderno e importante déficit ambiental.

Fuensanta Coves Botella
Consejera de Medio Ambiente

Introducción

Los distintos estudios de percepción social de los andaluces indican que el problema ambiental más elevado en el ámbito local es "el ruido", por encima de la "falta de parques y jardines", la "suciedad de las calles", la "calidad del agua" o los "residuos sólidos urbanos", siendo doblemente más frecuente como elección en las grandes ciudades.

Por ello, la anterior Dirección General de Educación Ambiental se propuso editar una publicación dirigida a la Enseñanza Secundaria Obligatoria, con un Cuaderno de Apoyo y otro de Actividades que pudiera ser la base de un Programa de Educación Ambiental en los centros de la Comunidad Autónoma Andaluza en la que se implicasen el mayor número de profesores y profesoras.

Conscientes de ello, la oportunidad vino de la mano de las prácticas del alumnado del Ciclo Formativo Superior de la Formación Profesional en Salud Ambiental del I.E.S. Albert Einstein, ya que con la preparación y experiencia de la profesora D^a Dolores Zúñiga y el entusiasmo y la iniciativa de los alumnos D. José Antonio Blanco Arjona y D. Joaquín García Sousa pudo llevarse a cabo un programa que tuvo su colofón en su aplicación al alumnado de Secundaria de su propio Instituto.

Lo que ahora aquí se presenta es una magnífica versión corregida y aumentada de dicho trabajo fin de ciclo, que permitirá poner en pie un Programa que se puede concretar en campañas anuales y certámenes que lleven la concienciación de la reducción de los

ruidos en todos los ámbitos en los que se generan a nuestros alumnos y alumnas de secundaria, de manera que en un futuro no muy lejano podamos disfrutar de unos "estándares" similares a los que se perciben, por ejemplo, en los países del Norte de Europa.

Se ha buscado deliberadamente la claridad de ideas y la amenidad, para lo cual, se ha diseñado un formato cómodo y un texto con profusión de fotografías e ilustraciones que puedan facilitar la comprensión de los conceptos y términos -algunos complicados- que se barajan en la contaminación acústica.

En definitiva, el ruido no es más que otro contaminante más que se une a los otros ya existentes en la atmósfera, tales como ozono troposférico, SO₂, partículas, etc., pero del que muchos andaluces no somos ser conscientes,

puesto que gran parte de esta contaminación es de nuestra responsabilidad, bien directa o indirectamente.

Así, reducir el volumen de los receptores de radio y televisión o de los equipos de música, utilizar lo menos posible el claxon, evitar los escapes libres en los vehículos de motor, evitar las conversaciones en voz alta en los establecimientos públicos, etc. etc., está a nuestro alcance sin grandes dificultades y depende más de nuestra sensibilidad que de una normativa estricta.

Creo que este libro puede ser el primer paso para abrirle nuevas líneas de trabajo al profesorado más comprometido con la difusión de actitudes proambientales, teniendo el respaldo técnico - y en la medida de lo posible económico- de la Consejería de Medio Ambiente, para cuantos problemas que pudieran surgir en su puesta en práctica.

Francisco Oñate Ruiz
Director General de Educación Ambiental y Sostenibilidad

Sobre educación ambiental

CONCEPTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

Aunque existen numerosas interpretaciones del término, quizás el más adecuado sea el que se define a continuación:

- **Educación sobre el medio:** persigue tratar cuestiones ambientales en el aula o taller (sobre todo en los entornos rural y urbano).
- **Educación en el medio:** un estudio "in situ" del medio, con frecuencia de tipo naturalista, aunque cada vez son más los temas relacionados con el ámbito urbano.
- **Educación para el medio:** desemboca en una acción tendente al cambio de actitudes, para conservar el medio natural y/o urbano y para mejorarlo.



LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN ESPAÑA

En España, hasta la década de los ochenta no se elaboran apenas materiales ni recursos metodológicos de Educación Ambiental. Tras la firma de la Conferencia de Moscú en 1987, aparecen algunos materiales publicados por el M.O.P.U., coincidiendo con el "boom" naturalista, el cual va a influenciar de algún modo el tipo de Educación Ambiental en nuestro país.



ACONTECIMIENTOS RELATIVOS A LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

Seguidamente se relacionan los principales acontecimientos relativos a la Educación Ambiental durante la segunda mitad del Siglo XX:

- 1948** Creación del U.I.C.N (organización mixta ONGs y ONU).
- 1961** Fundación del W.W.F. (ADE-NA es la filial española).
- 1971** Informe del Club de Roma. Aparición del Programa Greenpeace.
- 1972** Conferencia de Estocolmo.
- 1973** Creación del P.N.U.M.A. y del P.I.E.A.
- 1975** Seminario de Belgrado.
- 1977** Conferencia de Tbilisi.
- 1980** Estrategia mundial para la conservación de la Naturaleza.
- 1982** Reunión de expertos en París.
- 1983** I Jornadas de Educación Ambiental en España.
- 1987** Conferencia de Moscú.
- 1992** Cumbre de Río.
- 1994** Convenio de Biodiversidad.
- 1997** Cumbre de Kioto (Panel Intergubernamental del Cambio Climático).

Del ya mencionado **Seminario de Belgrado**, señalamos los objetivos que se marcaron en Educación Ambiental:

- Tomar conciencia de la problemática ambiental.
- Conocimiento del problema.
- Desarrollo de actitudes positivas.
- Capacidad de evaluación.
- Participación.

De la **Conferencia de Tbilisi**, se indican algunas de las características de la Educación ambiental:

- Comportamientos positivos de conducta.
- Educación permanente.
- Conocimientos técnicos, valores éticos.
- Enfoque global.
- Vinculación, interdependencia y solidaridad.
- Resolución de problemas.
- Iniciativa y sentido de la responsabilidad.
- Renovación del proceso educativo.



MODELO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

El modelo aquí propuesto para la integración de la Educación Ambiental en el currículo escolar, se fundamenta en la resolución de problemas ambientales, en el entorno más próximo al alumnado, y está basado en el programa ALDEA (1991) desarrollado por la Junta de Andalucía para la formación del profesorado. Su objeto es llevar al aula las ideas y documentos de Tbilisi a través de la investigación del medio, y cuyas metas son cambiar los valores y actitudes para una posterior intervención en el mismo con objeto de conservarlo y mejorarlo. La justificación del modelo expuesto hay que buscarla en los siguientes hechos y circunstancias:

- La Educación Ambiental constituye uno de los principales ejes del currículum dentro del campo de las materias y áreas transversales, tal y como se recoge en la propia LOGSE.
- El procedimiento utilizado suele partir de un problema, a veces de una problemática más compleja, permitiendo conectar más vivamente con los intereses del alumnado.
- Permite trabajar las actitudes, valores y normas como parte esencial del currículum, desde la perspectiva de una nueva ética basada en la idea de que la humanidad debe sobrevivir utilizando la Naturaleza, de tal modo que nuestros impactos puedan ser absorbidos por la capacidad equilibradora de los sistemas, buscando nuevas formas de relación con el medio que reporten una armonía de las partes entre sí y las partes con el todo.
- Se ha mostrado eficaz en la selección de contenidos, dotándolos de una elevada potencialidad explicativa.
- Estimula una situación favorable a la interdisciplinariedad, toda vez que la mayoría de los problemas ambientales requieren un tratamiento consecuente con dicho planteamiento.

Problemática del ruido

INTRODUCCIÓN:

El ruido es la más común de las molestias que tenemos que soportar a diario, sobre todo los habitantes de la ciudad. La lucha contra el ruido constituye, por tanto, una prioridad, y la puesta en marcha de esta lucha precisa de la coordinación de diferentes actuaciones en el terreno legal, formativo, participativo, etc.

El ruido, de múltiples orígenes y percibido de distintas maneras según los lugares y las personas expuestas a él, constituye un fenómeno social complejo. A partir de un cierto nivel, es una molestia que amenaza la salud psicológica e incluso física (efectos sobre el oído) de las personas.

Desde los tiempos más remotos, los ruidos forman parte del ambiente humano. En la antigua Roma, existían nor-



mas para controlar el ruido emitido en el paso de carros por ciertas partes de la ciudad a determinadas horas del día y de la noche. En algunas ciudades de Europa medieval, no se permitía usar carruajes ni cabalgar durante la noche para asegurar el reposo a la población. Sin embargo, los problemas del ruido en el pasado no se pueden comparar con los de la sociedad moderna.

En la actualidad, las sociedades desarrolladas y los modelos que adoptan las sociedades en vías de desarrollo, tienen al ruido como protagonista. A diferencia del control de otros contaminantes, el control del ruido ambiental es muy limitado. Hay falta de conocimiento de sus efectos sobre los seres humanos y falta de criterios definidos sobre la relación entre dosis y respuesta subjetiva.

Sin embargo, la dimensión del problema del ruido es amplia. Según la Organización Mundial de la Salud, en la Unión Europea, alrededor del 50% de la población vive en zonas de gran contaminación sonora y más del 30% están expuestos a niveles de ruido que les trastoran el sueño. El problema también es grave en ciudades de países en desarrollo, sobre todo por el ruido de tránsito.

Los transportes, la industria, las actividades de ocio, la "cultura" del sonido, constituyen nuevas fuentes de ruidos y en unos niveles, en intensidad y duración, superiores a ninguna época.

La aceleración del crecimiento de la población ha conllevado el aumento de tamaño de las ciudades. Las actividades

y servicios son cada vez mayores en un espacio cada vez menor. Además, el ruido depende de sus fuentes, pero también del espacio donde circula y del tiempo que actúa.



Muchos países han reglamentado el ruido urbano del tránsito de aviones y autos, maquinaria de construcción y actividades industriales, a través de normas de emisión y reglamentos específicos. Pero pocos países tienen reglamentos para el ruido urbano del vecindario, probablemente debido a la dificultad para reglamentarlo y controlarlo.

Desde 1980 la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha tratado el problema del ruido urbano y ha establecido unas guías para abordar el problema. Estas guías pueden servir de base para preparar normas futuras. Plantean como efectos negativos para la salud, como consecuencia del ruido, la interferencia con la comunicación, pérdida de audición, trastornos del sueño, problemas cardiovasculares y psicofisiológicos, reducción del rendimiento, molestias y efectos sobre el comportamiento social.

Concepto de ruido

Es extremadamente difícil definir que se entiende por ruido. Generalmente, se denomina así al sonido no deseado. Pero lo que es ruido para una persona, para otra puede ser sonido placentero. Por ejemplo la música pop, rock, rap o jazz, puede ser agradable para unos y causa de depresión nerviosa para otros.

Algunos sonidos, normalmente aceptables, pueden convertirse en molestos si son fuertes o se producen a ciertas horas (la cisterna o los ruidos de pasos en el techo de una casa mal insonorizada).



Estas características aportan una gran complejidad a la valoración del problema y a sus posibles soluciones. Los estudios, cada vez más frecuentes, sobre grupos de población afectados o sometidos a situaciones de riesgo, van dando luz sobre los efectos del ruido sobre la salud humana. Han demostrado su efecto nocivo no sólo sobre la salud física sino también sobre la salud psíquica y social.



Los ruidos repentinos (en intensidad o en tono) no sólo entrañan la interrupción de las actividades sino que ocasionan la constricción de los vasos sanguíneos, aumentan el ritmo de los latidos del corazón y hacen aparecer crispaciones o espasmos estomacales.

Globalmente podemos repartir las consecuencias del ruido en 4 categorías:

- incomodidad,
- interrupción de la actividad,
- pérdida total o parcial de la audición
- deterioro físico o mental.

Los ruidos domésticos, aunque son fastidiosos y pueden a veces dar como resultado problemas de conducta, pocas veces llevan a la pérdida de audición. Sin embargo interfieren con las actividades normales, como el reposo o el sueño, con la concentración y el estudio, o con la conversación.

El ruido urbano contribuye a una atmósfera general de estrés y tensión. Expertos médicos piensan que el ruido excesivo puede ser un agente desencadenante de úlceras, alergias y problemas mentales.

El efecto más estudiado de una sobrexposición al ruido es la pérdida de la audición, que no es la sordera, sino la imposibilidad de escuchar sonidos que están dentro del abanico normal de intensidad y altura tonal. En otras palabras, es la incapacidad de escuchar sonidos que sí son escuchados por la mayoría de las personas.



El problema radica en que las víctimas de esta sobrexposición son pocas veces conscientes de su problema. Las personas más seriamente afectadas son aquellas cuyas ocupaciones se desarrollan en lugares donde los ruidos son, continuamente, del orden de 80dB. Esto conlleva además a grandes pérdidas de productividad.

La música destinada a los jóvenes, por medio de los cascos musicales y de los altavoces de alta potencia, crea pro-

blemas auditivos importantes, a menudo irreversibles, que alcanzan a una gran proporción de personas.

Desde un punto de vista técnico y económico, la contaminación acústica es más fácilmente controlable que la contaminación del agua o aire. Sin embargo, los reglamentos destinados a reducir el nivel de ruido desde su origen se van poniendo en marcha muy lentamente, son insuficientes o no se controla de forma adecuada su aplicación.

En Europa, en el ámbito de colectividades locales, la lucha contra el ruido se articula en tres grandes ejes:

1) Reducción de las fuentes de ruido por medio de:

- Previsión de las posibles molestias en la elaboración de los planes de ocupación de suelos.
- Previsión de problemas acústicos al construir equipamientos colectivos.
- Elección de materiales poco ruidosos (en pavimentos, por ejemplo).

2) La promulgación de reglamentos municipales antirruídos y creación de estructuras de recepción de quejas, capacitadas para la búsqueda de soluciones concertadas y para proceder a la imposición de las necesarias medidas técnicas.

3) Información al público: campañas de sensibilización y revalorización de las medidas adoptadas por los ayuntamientos.

Es en este último nivel donde la escuela puede jugar un papel importante.

Puede contribuir a que se tome conciencia del problema. Puede ser un lugar de búsqueda de soluciones alternativas a situaciones conflictivas que se den dentro de un barrio o de una comunidad.

Características del Ruido

El ruido presenta grandes diferencias con respecto a otros contaminantes:

- Es el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido.
- Es complejo de medir y cuantificar.
- No deja residuos, no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero si puede tener un efecto acumulativo en sus efectos en las personas.
- Tiene un radio de acción mucho menor que otros contaminantes, es localizado.
- No se traslada a través de los sistemas naturales, como el aire contaminado movido por el viento.
- Se percibe sólo por un sentido: el oído, lo cual hace subestimar su efecto. Esto no sucede con el agua, por ejemplo, donde la contaminación se puede percibir por su aspecto, olor y sabor

Causa, moderación y efectos del ruido sobre las personas

Factores que determinan la generación de efectos	Elementos moderadores	Efectos sobre los sujetos
<p>OBJETIVOS.</p> <p>Características físicas del sonido Condiciones ambientales Condiciones situacionales y circunstanciales.</p>	<p>Opinión sobre la fuente.</p> <p>Grados de control (métodos)</p>	<p>FISIOLÓGICOS.</p>
<p>SUBJETIVOS.</p> <p>Personalidad. Estado psíquico. Sensibilidad al ruido.</p>	<p>Tipo de actividad a realizar.</p>	<p>PSÍQUICOS.</p>

Ruido en los entornos civilizados

La naturaleza siempre ha constituido una fuente inagotable de sonidos, los cuales varían desde el punto de vista de la intensidad del sonido, desde el trinar de un pájaro o el flujo de una vertiente, hasta el estruendo de un

trueno o una erupción volcánica, quedando de manifiesto su variedad de timbre y de intensidad. Pero sin lugar a dudas, los entornos civilizados superan ampliamente los ejemplos mencionados, ya sea en la cantidad de fuentes generadoras, como en la periodicidad en que se manifiestan.



En segundo lugar dentro del ámbito del transporte están los aviones, utilizados frecuente y crecientemente por un gran número de personas y mercancías, por constituir un medio eficiente en términos de seguridad y rapidez, y por estar convirtiéndose cada vez más en vehículos de recreación.

La totalidad de autores y estudios, señalan a los vehículos motorizados, como las fuentes de ruido de mayor trascendencia en las grandes ciudades del mundo. Los niveles y espectros del ruido están en función de diversos parámetros tales como: tipo de vehículos, carga transportada, condiciones de utilización, estado de la infraestructura urbana (naturaleza del pavimento, regulación del tráfico, estructura urbanística), estos últimos jugando un rol trascendental. De los parámetros anteriormente mencionados sin duda, la intensidad del tráfico es el parámetro de mayor relevancia.

Por último tenemos los ferrocarriles, en los que la emisión fundamental de ruido no ocurre en los vehículos motrices, la mayoría eléctricos y por lo tanto silenciosos, sino, en la interacción entre ruedas y rieles, siendo dependiente de la velocidad de los trenes y su carga.

Por otra parte, existe un segundo grupo de objetos del ámbito acústico, habitualmente conocidas como "fuentes fijas", y que guardan relación con las industrias, talleres, centros de recreación, etc. En el caso de las industrias, se ubican en un principio en zonas periféricas, pero, con el rápido y desordenado creci-

miento de las grandes ciudades, vuelven a “caer” dentro del anillo urbano. En el caso de la pequeña y mediana industria y los talleres, están dispersos por toda la ciudad, produciendo un impacto indirecto de gran importancia sobre el ambiente sonoro, generado por el movimiento de materias primas, flujo de personas movilizadas y traslado de productos elaborados, además del impacto directo provocado por su funcionamiento.



Otros costes acústicos asociados al progreso son las obras públicas y las construcciones, que con sus compresores, excavadoras, martillos neumáticos y vehículos pesados, producen niveles tan elevados que se transforman en motivo de frecuentes quejas.

Por último señalamos los agentes de una variada gama de intensidad y de ocurrencia esporádica como: gritos de los niños que juegan en calles y parques, conciertos al aire libre, ferias y vendedores callejeros, sonidos de animales domésticos, fuegos artificiales, etc.

Todas las fuentes de ruido que se han citado hasta aquí, y otras muchas más, contribuyen en mayor o menor medida al "ambiente sonoro" que caracteriza nuestras ciudades. Por este motivo, incluso en el caso de que en algún momento determinado, no nos consideremos afectados por un suceso acústico claramente identificable, siempre percibiremos un cierto rumor general, producido por la actividad global de la comunidad urbana en que nos encontramos y que solemos denominar, ruido de fondo.



Física del sonido

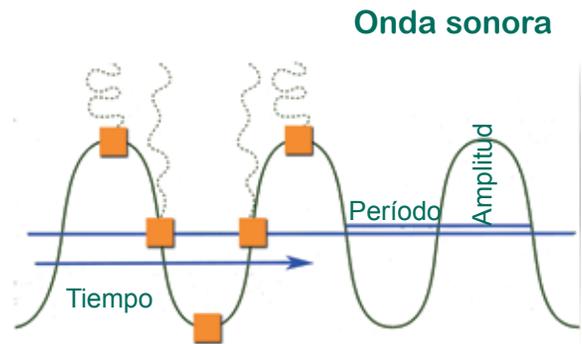
PRINCIPIOS BÁSICOS

Físicamente, no existe ninguna distinción entre sonido y ruido. El ruido es un conjunto de sonidos que adquieren un carácter desagradable más o menos inadmisibles por las diversas molestias que ocasiona. Generalmente, el ruido se define como un sonido no deseado.

La acústica es la parte de la física que trata del estudio del sonido, interpretando y resolviendo problemas que se plantean sobre su producción, propagación, propiedades y aplicaciones.

El sonido se puede explicar desde dos puntos de vista:

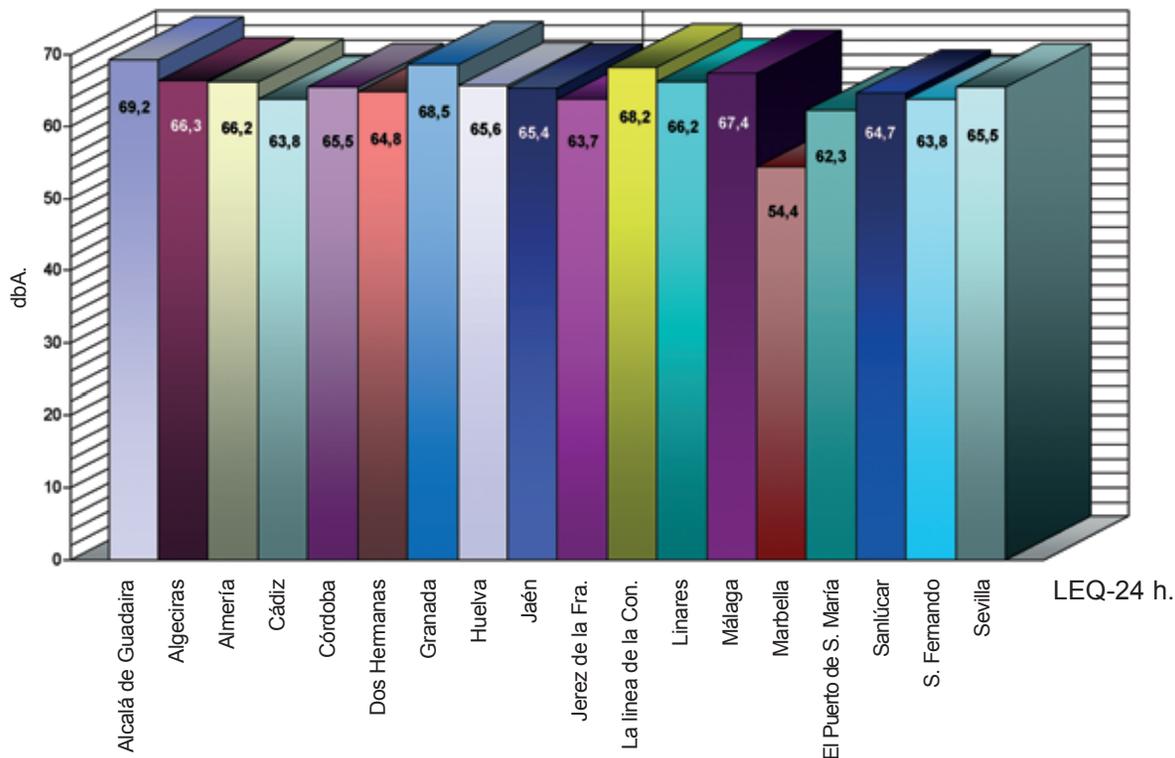
a) Fenómeno físico (objetivo): Alteración mecánica que provoca un movimiento ondulatorio a través de medios



elásticos (sólidos, líquidos o gaseosos) en todas las direcciones, en forma de ondas longitudinales de presión sonora.

Este fenómeno físico tiene su origen en las vibraciones mecánicas de la materia, generalmente un sólido que transmite la vibración a las partículas contiguas de aire, u otro medio de

Análisis de los niveles continuo equivalentes 24 h. en ciudades de más de 50.000 habitantes de Andalucía



propagación, en contacto con el mismo, pero sin arrastrarlas, produciendo de forma alternativa depresiones y sobrepresiones que se van transmitiendo a las capas de aire adyacentes, dando lugar a una onda de presión que se propaga con movimiento ondulatorio en todas las direcciones y

alejándose del foco. Cuando el sonido se transmite, hay un transporte de energía sin transporte de materia.

Las ondas sonoras se propagan a distinta velocidad según la elasticidad del medio. En los sólidos viajan más deprisa que en los líquidos y, en éstos,

más deprisa que en los gases. Esto se debe a que las fuerzas de cohesión entre las partículas son mayores en los sólidos que en los líquidos y gases, por lo que la velocidad del sonido aumenta a medida que aumenta la cohesión entre las partículas del medio.

El sonido, a la hora de estudiarlo y cuantificarlo aplicando las teorías físico-matemáticas del movimiento ondulatorio, se describe como vibración, siendo el resultado de su análisis totalmente objetivo.

b) Sensación auditiva (concepto psicofisiológico, subjetivo): El oído transforma las presiones acústicas en sensación auditiva, que es aquella engendrada en nuestro oído por una onda acústica y por la tanto siempre con un sentido subjetivo ya que depende del receptor de ésta.

Las variaciones de presión generadas por las ondas sonoras provocan la vibración del tímpano, situado en el oído, transmitiéndose a una cadena de huesecillos, lo que hace que por medio una serie de mecanismos

la sensación sonora llegue al cerebro mediante el nervio auditivo.

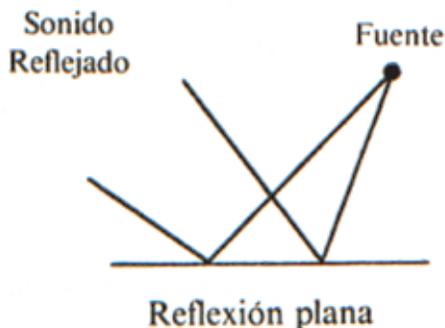
El que nos cueste reconocer nuestra voz grabada se debe a que, al hablar el sonido se origina dentro de nuestra garganta por lo que las vibraciones se transmiten primero a nuestro oído por los huesos de la cabeza, en cambio al escucharla grabada la oímos a través del aire.

ALGUNOS FENÓMENOS DE LAS ONDAS SONORAS

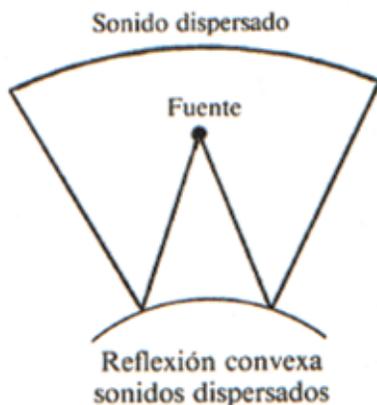
Principio de Huygens: El sonido se propaga en forma de frentes de ondas esféricas y concéntricas al punto emisor; cada frente de ondas está formado por un número infinito de frentes de ondas esféricas de las partículas del aire en movimiento.

Reflexión: Cuando un sonido que se transmite en un medio determinado choca con los objetos presentes, parte de la energía es reflejada. La onda reflejada conserva la misma frecuencia y longitud de onda que la onda incidente, aunque disminuye su amplitud y, por tanto, su intensidad.

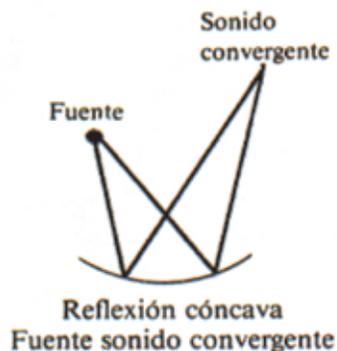
Reflexión plana: las ondas sonoras se reflejan conforme a las leyes de reflexión.



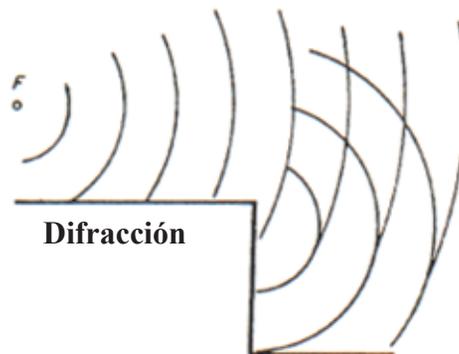
Reflexión convexa: las ondas sonoras que se reflejan sobre superficies convexas, provocan sonidos dispersos.



Reflexión cóncava: provoca un sonido convergente, es decir, que las ondas se concentran.



Difracción: Cuando un frente de ondas rodea un obstáculo, los distintos frentes de ondas se convierten en centros emisores, en aquellos puntos que son interceptados por el obstáculo, envolviéndolo, produciéndose zonas de sombra acústica por interferencias de estas ondas.



Refracción: Es el cambio de dirección que sufre una onda sonora al pasar de un medio a otro de distinta densidad.

Dispersión: Es la rotura de la onda de sonido al chocar contra un obstáculo, cuando la superficie de éste es más pequeña que la longitud de onda.

Eco: Es la reflexión de la onda de sonido, cuando al chocar con una superficie, aquélla vuelve a la fuente de sonido, con un retraso superior a 1/15 de segundo.

Resonancia: Este fenómeno se produce cuando al chocar una onda sonora contra un objeto, hace vibrar a dicho objeto, de forma que éste se transforme en una fuente de sonido.

MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

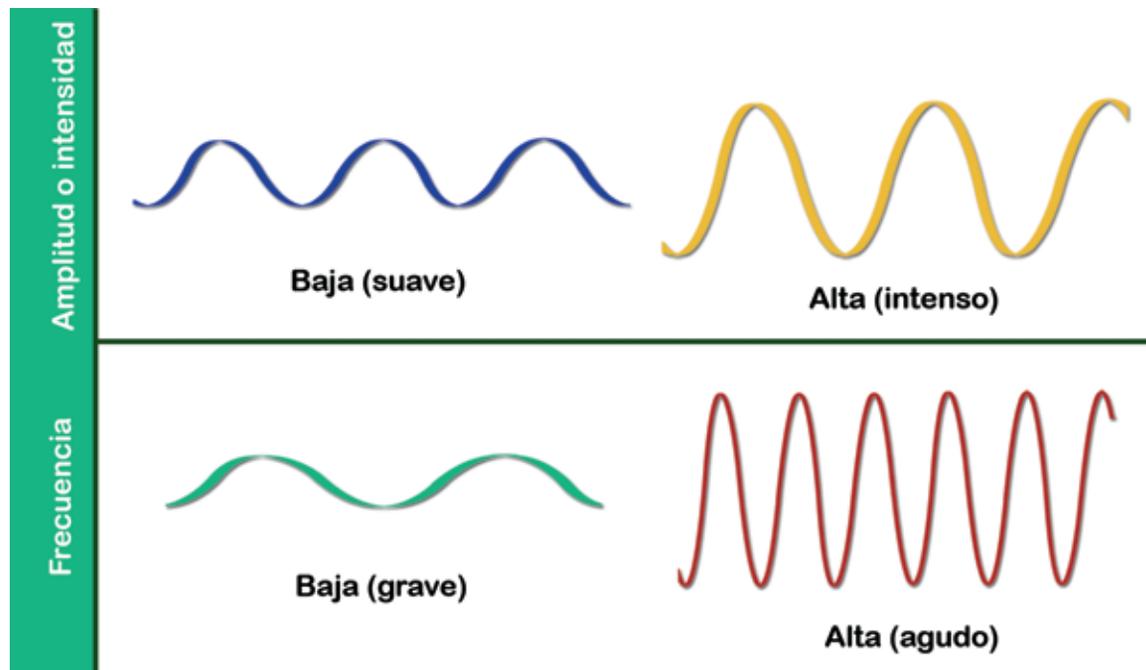
Frecuencia (f): Numero de vibraciones por unidad de tiempo, es decir, el número de ciclos completos que suceden en la unidad de tiempo. Se mide en ciclos/segundo o hercios ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ c/s}$). La frecuencia es la inversa del periodo.

El oído humano sólo es capaz de ser excitado por sonidos cuya frecuencia esté comprendida entre 20 y 20.000Hz, por encima de estos niveles se encuentran los ultrasonidos y por debajo los infrasonidos. La frecuencia nos indica el tono.

Periodo (T): El tiempo que tarda en producirse un ciclo completo de oscilación medido en segundos, es decir hasta que las partículas vuelven a su posición inicial, y es el inverso de la frecuencia.

Velocidad de propagación: Es la velocidad a la que se propagan las ondas o perturbaciones en un medio elástico. Depende de la masa y elasticidad del medio a través del cual se transmite.

Longitud de onda: Es la distancia recorrida por una onda durante un periodo. También se define como la distancia que recorre un frente de onda (superficie en la que todos los puntos vibran con idéntica amplitud y fase) en un periodo completo de oscilación. Depende de la velocidad de propagación y la frecuencia.



Amplitud (A): Supone el máximo desplazamiento de la onda en relación con su posición de reposo, es decir, la máxima presión sonora. La amplitud de la onda determina la intensidad física del sonido y se percibe como sonoridad o volumen. También puede definirse como la distancia entre el punto de equilibrio y cada uno de los puntos externos por los que pasa un cuerpo o medio material sometido a excitación. La Amplitud es igual a la elongación máxima, siendo la elongación la dis-

tancia, en un momento dado, entre la posición del cuerpo o medio material, que realiza un movimiento periódico, y su posición de equilibrio.

Intensidad sonora: Es la energía sonora que se propaga perpendicularmente a la dirección de propagación en la unidad de tiempo, y está directamente relacionada con la presión sonora. La intensidad de los sonidos varía inversamente con el cuadrado de la distancia desde el punto donde es evaluado el ruido.

Potencia sonora: Cantidad de energía sonora generada por una fuente en la unidad de tiempo.

Presión sonora: Se define como la variación de presión atmosférica producida en un punto como consecuencia de una onda sonora que se propaga a través del aire. Esta magnitud es la más usada en medida de ruidos, por ser medible directamente con los dispositivos llamados sonómetros. Para que un sonido sea audible, la variación de presión sonora debe estar comprendida entre $2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$ y $200 \mu\text{bar}$, siendo este último la presión sonora máxima que el oído humano puede soportar sin que se produzca dolor.

Oscilación periódica: La propagación de una onda acústica generalmente se relaciona a una oscilación periódica. La forma más simple de oscilación periódica es la correspondiente a un movimiento armónico simple. El sonido asociado a este tipo de oscilación recibe el nombre de "tono puro". Este tono depende únicamente de la presión sonora y de una única frecuencia.

Si dos o más tonos de distinta presión sonora y frecuencia se suman dan lugar a una onda sonora suma de todos ellos, que variará en el tiempo de forma repetitiva (periódica) y que tiene la propiedad de poderse descomponer en una suma de tonos puros de acuerdo con la teoría de series de Fourier.

CUALIDADES DEL SONIDO

Tono de un sonido: Es aquella sensación capaz de percibir el oído humano que nos ayuda a diferenciar subjetivamente los sonidos de baja frecuencia (tono grave, de 20-200Hz) y los de alta frecuencia (tonos agudos de 2000-20000Hz), es decir, la sensación de gravedad o agudeza. Los tonos agudos son los que tienen sonidos con frecuencias altas, como por ejemplo el sonido que produce un violín, y los tonos graves son los que caracterizan a sonidos con bajas frecuencias, como podría ser el sonido que produce un bombo.

Intensidad de un sonido: Depende de la amplitud de la oscilación y está relacionada directamente con la energía transportada por la misma. Los sonidos fuertes tienen mayor intensidad que los débiles.



Timbre de un sonido: Permite diferenciar dos sonidos de la misma frecuencia e intensidad emitidos por focos sonoros diferentes. Nos permite por ejemplo distinguir la voz de las personas y diferenciar una nota de un determinado tono emitida por una guitarra de la misma nota producido por un piano.

UNIDADES DE MEDIDA

A la magnitud percibida del sonido se le llama sonoridad. Se define como una caracterización subjetiva, es decir, la sensación sonora producida por el sonido a un oyente. Depende principalmente de la intensidad y frecuencia del so-

nido, por lo que se puede calcular a partir de mediciones físicas por diversos procedimientos. Dado que el principal objetivo de la medición de la sonoridad de un ruido es cuantificar la exposición global en los términos más sencillos posibles, las propiedades físicas y la percepción del ruido se miden de acuerdo con los distintos conceptos y unidades que se expresan a continuación:

Nivel de presión acústica: Las ondas sonoras producen variaciones en la presión de un medio elástico como el aire, caracterizándose por la amplitud de los cambios de presión, su frecuencia, la velocidad de propagación y su variación en el tiempo.

Puesto que el ruido es una forma de energía mecánica (la onda sonora lleva asociada un flujo de energía mecánica), la energía acústica que llega a una unidad de superficie normal a la dirección de propagación se conoce como intensidad acústica y se mide en vatios por m^2 (W/m^2). La energía acústica emitida por una fuente sonora en la unidad de tiempo se conoce como potencia acústica y se mide en vatios (W).

La intensidad acústica guarda proporción con la media cuadrática de presión acústica. Así, para caracterizar a un ruido se mide, mediante sonómetros, su presión acústica con relación a una presión tomada como referencia. Como la presión acústica tiene un margen muy amplio de variación, se ha hecho usual la utilización de "niveles de presión acústica" en lugar de presiones acústicas. Entre ambas magnitudes existe una relación logarítmica, adoptándose como unidad de medida de los niveles de presión acústica el decibelio(dB).

- **El decibelio:** El oído es capaz de detectar ondas sonoras de muy baja intensidad. El sonido más leve, que el oído humano típico puede percibir, tiene una intensidad de 10^{-12}W/m^2 . Este valor se denomina intensidad umbral de audición. Dicha intensidad corresponde a una onda de presión cuya variación es de tan sólo 0,3 billonésimas de una atmósfera y que provoca un desplazamiento de las partículas de aire de 1 billonésima de centímetro. En el extremo contrario, el sonido más intenso que el oído hu-

mano es capaz de captar, sin daño físico inmediato, es del orden de 100 billones de veces el umbral de sonido, es decir 10^2W/m^2 .

Dado que el umbral dinámico de audición es tan sorprendentemente amplio y que atendiendo a la ley de Weber-Fechner la respuesta del oído es logarítmica, parece lógico que se utilice una escala logarítmica para cuantificar la intensidad del sonido. En esta escala, se le asigna el valor de cero a la intensidad umbral, incrementándose en una unidad cada vez que la intensidad sonora se multiplica por diez; a 10^{-11}W/m^2 le correspondería el valor de 1 y así sucesivamente hasta 10^2W/m^2 valor límite fisiológico de la audición humana, que sería equivalente a 14 unidades. En honor a Graham Bell estas unidades fueron denominadas belios, siendo el decibelio (dB) su décima parte, con lo cual el rango dinámico de intensidad de audición se encuentra entre 0 y 140dB, cuya expresión matemática es:

$$L_i(\text{dB}) = 10 \cdot \log(L/L_0)$$

- **Definición de belio(B):** es la división fundamental de una escala logarítmica utilizada para expresar la relación de dos medidas de potencia. Se define el número de BELIOS como el logaritmo decimal del cociente de las dos cantidades.

Un decibelio es la más pequeña variación sonora perceptible por el oído humano. El oído es sobre todo sensible a las frecuencias medias (comprendidas entre 500 y 2000Hz). Por esta razón los aparatos de medida están dotados de un filtro "A" que reconstruye lo que percibe el oído humano. En consecuencia el dB(A) es la notación utilizada habitualmente en la evaluación del nivel de ruidos que producen molestia a las personas. Es una escala que sólo incluye frecuencias percibidas por el oído humano.

Especial atención hay que prestar al cálculo del nivel sonoro producido por varias fuentes de ruido. Por ejemplo, el ruido producido por dos motores de aviación que emiten cada uno 120 dB, no es 240 dB sino 123 dB, es decir el

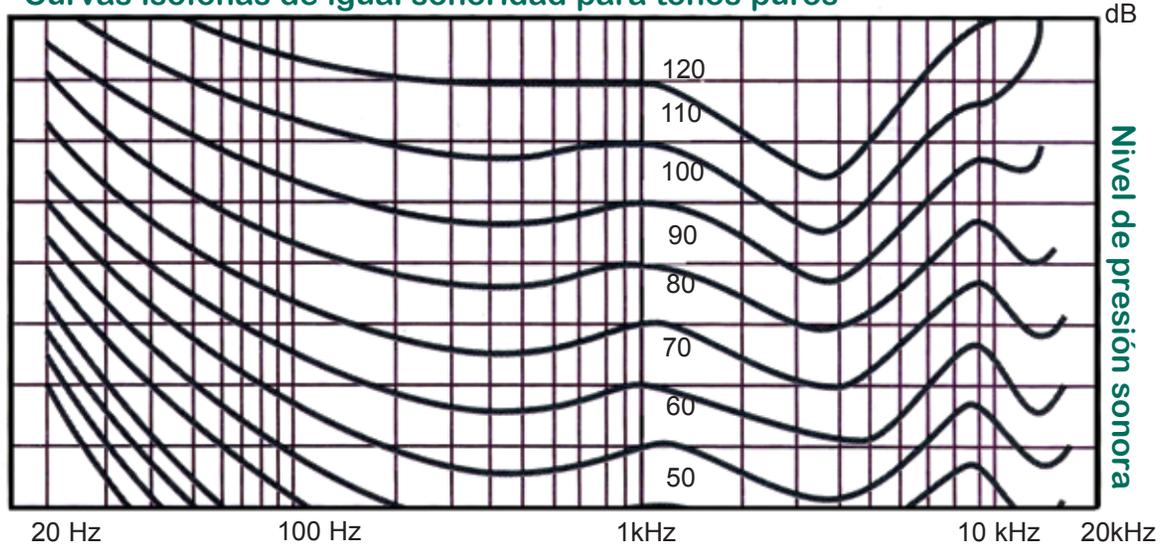
nivel sonoro producido por los dos aviones juntos es superior en 3 dB al producido por uno sólo. La razón es que primero debemos convertir los decibelios en potencia sonora relativa, sumar o restar y entonces convertir de nuevo los decibelios. El mismo procedimiento hay que utilizar cuando se trata de fuentes sonoras de distinto nivel de ruido, tal como un camión (95dB) y una motocicleta (89dB), el ruido producido por ambos vehículos circulando simultáneamente es de 96dB, es decir, 1 dB por encima del más ruidoso.

Espectro de frecuencias. Curvas de ponderación (filtro A): En la evolución del ruido y su control es necesario, en muchos casos, conocer no sólo el nivel de ruido general sino cómo la energía sonora se distribuye en cada una de las frecuencias que lo componen.

El ruido ambiental está compuesto por un amplio rango de frecuencias que componen el espectro de ruido.

Mediante el análisis de frecuencias de un ruido, la energía acústica del mismo se distribuye electrónicamente en

Curvas isófonas de igual sonoridad para tonos puros



bandas, obteniéndose un nivel de presión acústica por cada banda. Normalmente se usan 8 bandas, correspondientes cada una de ellas a una "octava". En cada banda (octava) la relación entre las frecuencias superior e inferior está en relación 2:1. Cada una de las bandas se define por la diferencia correspondiente al valor central de la banda, siendo los más comúnmente empleados los correspondientes a 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz, 8000Hz.

Dos ruidos pueden tener un nivel de presión sonora similar y presentar una

distribución de frecuencias completamente diferentes, siendo tanto más molesto e irritante un ruido cuanto mayor sea su componente en altas frecuencias.

Con el fin de tener en cuenta el distinto comportamiento humano a un ruido en función de su espectro de frecuencias se introdujo en la medida del ruido el concepto de Curvas Standard de ponderación. Estas curvas actúan como filtros selectivos de forma que en la respuesta discriminan el peso relativo de cada frecuencia en el conjunto del espectro de frecuencias.

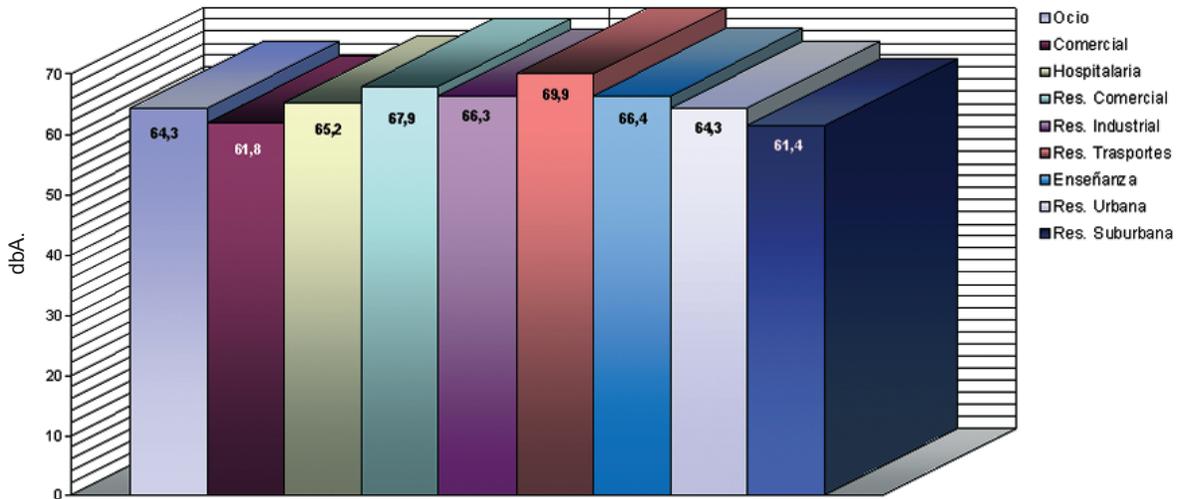
Habitualmente se utilizan tres tipos de curvas de ponderación, denominadas con las letras A, B y C.

De las tres, la A es la más ampliamente usada para la medida del ruido, debido a que su respuesta a las distintas frecuencias es la que mejor se relaciona con la forma de percibir el sonido por el oído humano. Las medidas del ruido obtenidas aplicando la escala A de ponderación se expresan en dB (A).

Nivel de presión acústica equivalente(L_{eq}): Un tercer factor a considerar en la caracterización del ruido es su variación en el tiempo. La pérdida de audición, por ejemplo, está directamente relacionada no sólo con la intensidad y frecuencia sino también con el tiempo de exposición. En este sentido las normativas sobre el control de la exposición al ruido recomiendan la máxima exposición al ruido en función del tiempo. La frecuencia de aparición del ruido influye así mismo en su percepción por parte de la población. En este sentido podemos clasificar los sonidos en:

- **Ruido continuo:** Un ruido se considera continuo cuando los niveles de presión acústica y el espectro de frecuencias varía en función del tiempo lentamente sobre pequeños márgenes. Este tipo de ruido suele ser originado por máquinas, tales como los motores eléctricos, bombas de agua, etc. Asimismo suele ser de este tipo el ruido ambiental de fondo.
- **Ruido fluctuante:** A este tipo corresponden los ruidos en los que tanto la presión acústica como el espectro de frecuencias varían de forma aleatoria en función del tiempo sobre un margen más o menos grande. Dependiendo de la repetición del ruido, éstos pueden ser periódicos o no. Un ejemplo de ruido fluctuante es el producido por el tráfico rodado.
- **Ruido transitorio:** Cuando su nivel sonoro comienza y termina dentro de un periodo de tiempo más o menos corto, como puede ser el ruido producido al paso de un tren o el vuelo de un avión.

Análisis de los niveles continuo equivalentes 24 h. por clasificación urbanística



LEQ-24 h.

- **Ruido de impacto:** Este ruido se trata de un incremento brusco y de corta duración del nivel de presión acústica. Es un caso especial de ruido transitorio. Ejemplos pueden ser el disparo de una pistola, el golpe de un martillo.

Si el sonido es intermitente se pueden tolerar mayores intensidades o la misma intensidad durante períodos de tiempo más largos, que si se trata de un ruido continuo.

Cada vez se está difundiendo más, como escala de medida de la exposición prolongada al ruido, el nivel de presión acústica equivalente. Esta magnitud representa el nivel de ruido constante que en el mismo intervalo de tiempo contiene la misma energía total que el ruido fluctuante que se ha medido. Este nivel está directamente relacionado con la integración matemática del cuadrado de la presión sonora. El Leq normalmente tiene la ponderación A, aunque en algunos equipos de medida

se usan otras ponderaciones. La medida se puede detener en cualquier momento y normalmente se da por terminada cuando al prolongar el tiempo no aumenta la precisión del valor obtenido.

Cuando se trata de comparar sucesos de ruido de distinta duración como, por ejemplo, el paso de trenes de mercancías o de viajeros, se suele emplear el nivel de exposición sonora, SEL, que es el nivel continuo equivalente referido a un segundo.

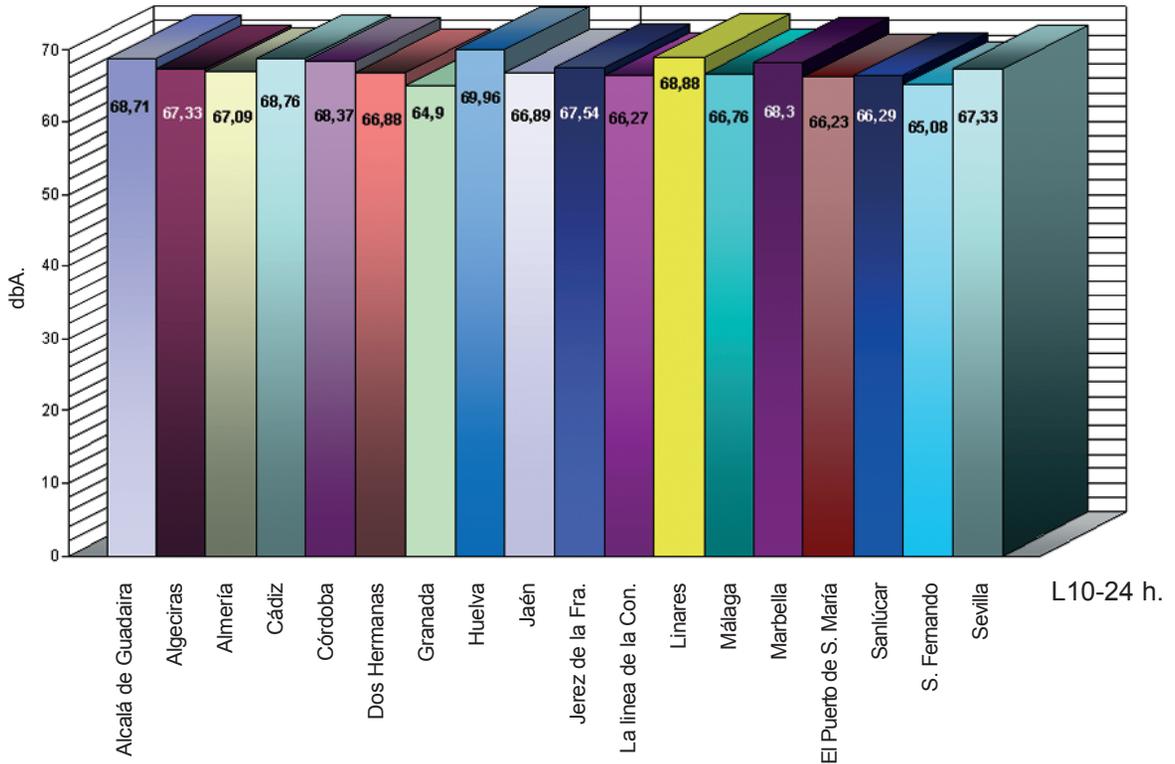
Si de lo que se trata es de evaluar el riesgo del ruido en el ámbito laboral, se suele utilizar el concepto de dosis de ruido, que se define como la cantidad de energía sonora que un oído normal puede percibir durante la jornada laboral para que el riesgo de pérdida auditiva al cabo de una jornada de 8 horas esté por debajo de un valor establecido. Es decir, la dosis de ruido es un Leq con duración de 8 horas que se expresa como tanto por ciento de la exposición máxima permitida diariamente, con 100% correspondiente a un Leq de 90dB (A) durante 8 horas (85 dB(A), en algunos países).

Análisis estadístico del ruido(L10, L50, L90): Asimismo, para registrar variaciones del nivel acústico se usa frecuentemente el análisis estadístico de distribución de niveles sonoros. Este método nos indica el porcentaje del tiempo total durante el cual se supera un determinado nivel acústico. Valores de tiempo del 10, 50 y 90% se usan con frecuencia como medidas de los niveles máximos, medios y de fondo, respectivamente.

Para las mediciones se pueden considerar dos períodos de tiempo diferentes. Para niveles de ruidos constantes o niveles instantáneos de ruidos variables se miden durante un tiempo muy breve (un segundo o menos), mientras que los sonidos variables pueden medirse para promedios de tiempo más prolongados, durante horas si es necesario, y se expresan en función del nivel de presión acústica equivalente (Leq).

La duración del ruido asimismo es muy importante cuando se evalúa la respuesta subjetiva de la población al mismo. En este sentido, y como complemento de las mediciones físicas del ruido, se han desarrollado varios tests subjetivos para evaluar la respuesta humana ante el ruido.

Análisis de los niveles percentiles L10 24 h. en ciudades de más de 50.000 habitantes de Andalucía



INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Introducción

Antes de empezar cualquier programa de medida de ruido debe estar bien definido el objetivo del mismo, los datos necesarios para conseguirlo

y las medidas que se deberán llevar a cabo. La cantidad y tipo de análisis que llevemos a cabo influirá en la elección de la instrumentación y de los procedimientos de medida (un programa de investigación necesitará muchos más datos que un programa de control de ruido).

Sistema básico de medida

Para la medida del ruido existen una gran variedad de sistemas (dependiendo del número de aparatos interconectados) con los que es posible dar respuesta a la mayoría de los problemas.

Aunque cada equipo es distinto, básicamente todos consisten en: un transductor, una sección de análisis y una unidad de visualización. El transductor es habitualmente un micrófono.

La sección de análisis es la más compleja. Se compone de una gran variedad de circuitos que acondicionan la señal eléctrica y la ponderan. En el caso más sencillo consiste en una ponderación en frecuencia de acuerdo a alguna de las curvas de ponderación anteriormente descritas (ponderación A, B, etc.).

Cuando el parámetro de mayor interés sea una evolución temporal del ruido, la ponderación A se puede integrar para obtener parámetros como LAeq.

La sección de salida o de visualización varía según la tecnología utilizada:

marcador de aguja, lectura digital, impresora alfanumérica, pantalla de rayos catódicos e incluso conexión con ordenadores.

Sonómetros: El sonómetro es probablemente la mejor elección para tener un sistema de medida completo y preciso. Es un instrumento de lectura directa del nivel global eficaz de presión sonora. Además es el aparato más usado para el control del ruido. Es un instrumento que sirve para medir los sonidos. Registra los distintos niveles sonoros en decibelios. Los sonómetros incluyen ponderaciones A, B, C, D, LAeq, valores pico y mínimos, etc.

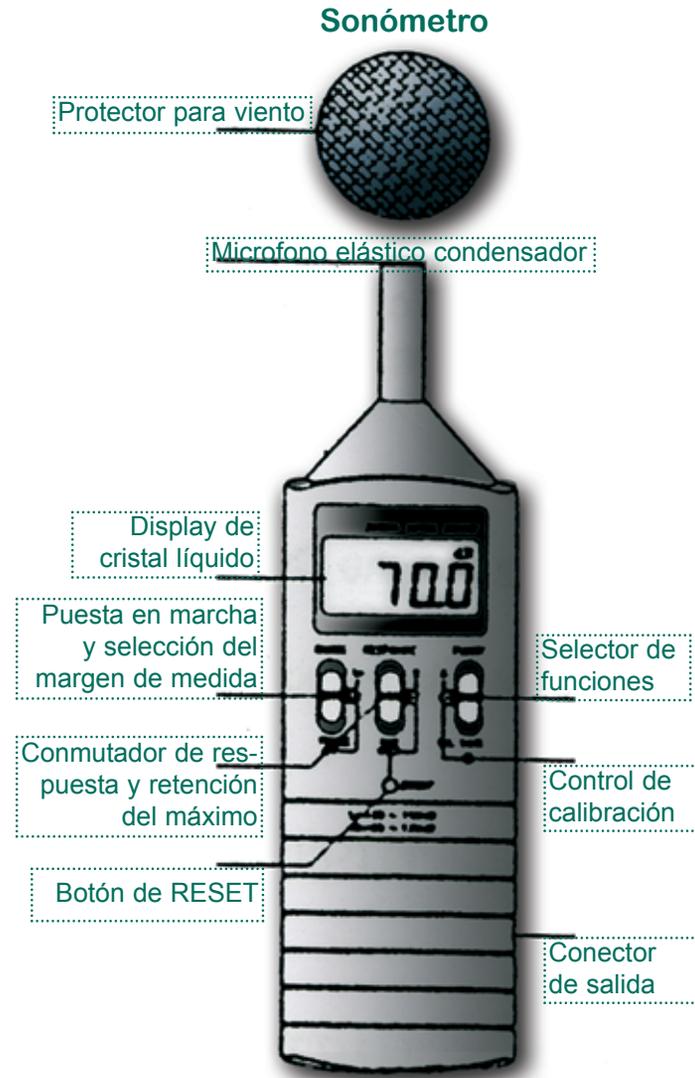
Es cómodo de usar y permite el desplazamiento (funciona con pilas).

Normalmente un sonómetro consta de un micrófono, preamplificadores (adaptan la señal eléctrica), amplificador (aumenta las señales hasta valores detectables), circuitos de ponderación (modulan la señal para que ésta tenga una relación directa con la sensación auditiva), circuito rectificador (rectifica y transforma la señal lineal/logarítmica), circuito

integrador (para que el equipo sea capaz de evaluar los distintos tipos de ruidos), indicador (muestra el valor de la presión sonora según las ponderaciones, filtros o integradores que se hayan utilizado), filtros (permiten conocer el valor de las distintas frecuencias de interés del ruido medido, de forma secuencial) y registradores (registran la señal detectada por el micrófono para su estudio posterior).

Los sonómetros se distinguen según su precisión en clase 0, 1, 2, y 3, siendo el de clase 0 el de mayor precisión y el de 1 de gran precisión.

Para medir el ruido producido por una fuente sonora en un lugar determinado, hay que tener en cuenta el llamado "ruido de fondo". Este ruido nunca debe enmascarar al sonido que interesa medir. Es necesario medir el ruido total y el ruido de fondo (sin la fuente sonora que queremos medir) y después calcular la diferencia entre ambas medidas. Si es inferior a 3db, el ruido de fondo es demasiado elevado para una medida precisa de la fuente emisora. Si está entre 3 y 10dB



es necesario realizar una serie de correcciones. Y si la diferencia es superior a 10db, no es necesaria ninguna corrección, ya que el nivel de la fuente absorbe al ruido de fondo.

Dosímetros: Son equipos destinados a la evaluación de una exposición a distintos niveles de ruidos en el tiempo, según una determinada ley de valoración. La evaluación, que se realiza mediante la utilización de dosímetros, es porcentual con respecto a la dosis máxima permitida, del 100%.

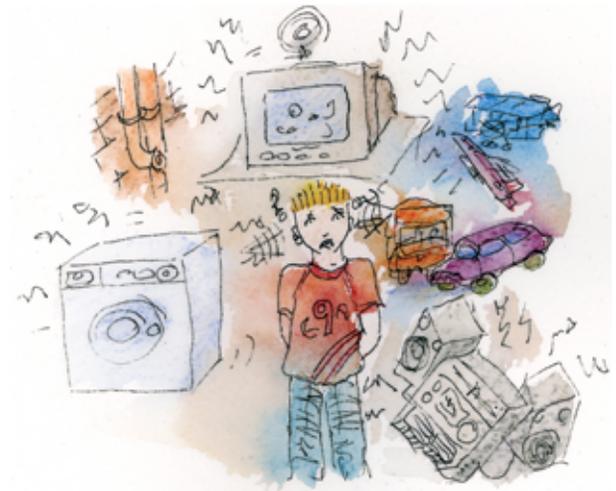
Normalmente los equipos de dosimetría constan de dos elementos: el monitor y el indicador, que bien pueden estar agrupados o por separado.

El monitor realiza el almacenamiento de la energía de acuerdo con una predeterminada ley, para su posterior lectura en el equipo de indicadores en el laboratorio. Actualmente los equipos reúnen ambas secciones de monitor e indicador, e incluso éstos transforman el porcentaje en el correspondiente nivel de ruido continuo equivalente en dBA.

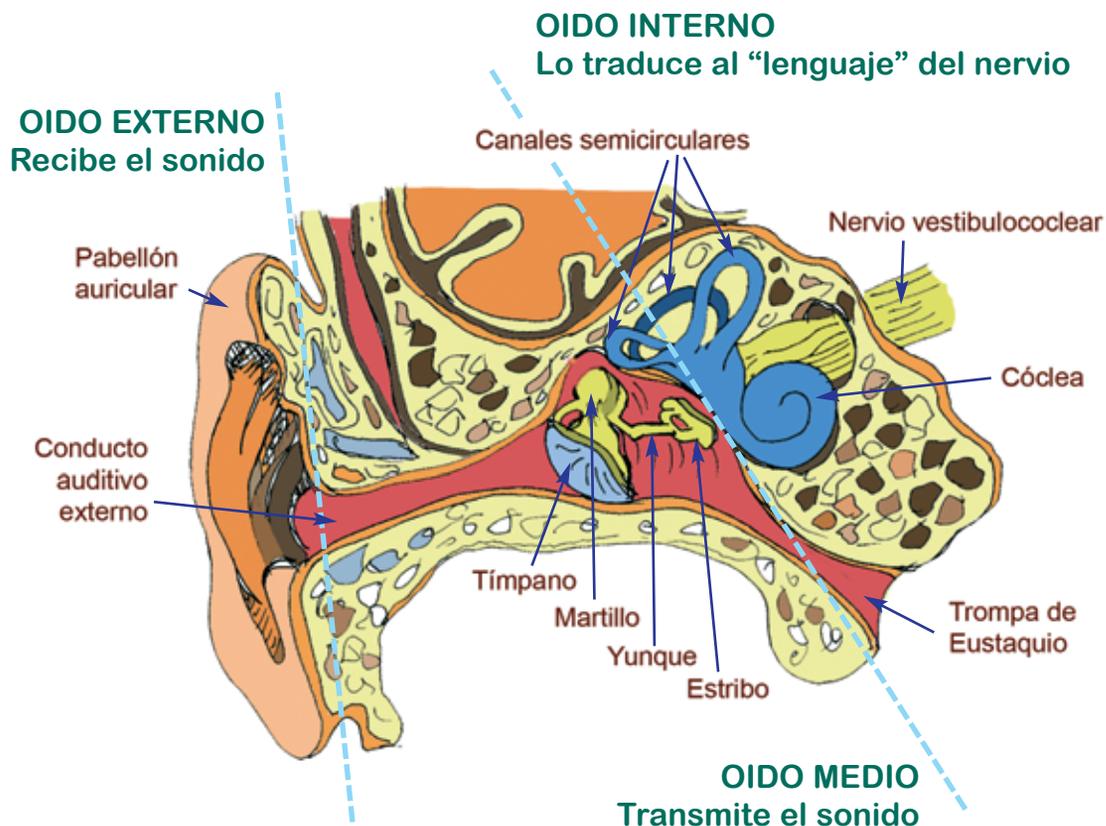
Fisiología de la audición

La audición es un sentido físico, dada la naturaleza del estímulo y a través del cual obtenemos información de un fenómeno de la naturaleza: el sonido. La audición es una actividad sensorial muy particular porque nos permite captar los sonidos de la voz y comunicarnos a través del lenguaje. También nos permite captar otros sonidos y adaptarnos al medio.

El proceso de la audición comienza cuando la onda sonora, captada por el pabellón auricular, es transmitida a través del conducto auditivo externo hasta el tímpano. Éste vibra y transmite el sonido al oído interno el cual convierte la onda sonora en energía bioeléctrica al tiempo que analiza y descompone la



onda sonora compleja proyectándola, ya como energía eléctrica, en el nervio auditivo y la convierte en impulso nervioso. Ese potencial recorrerá la vía auditiva hasta alcanzar los centros corticales del cerebro donde el mensaje es interpretado.



A lo largo de este proceso podemos estudiar dos fases: la transmisión o conducción y la percepción. La primera constituye todos los fenómenos que tienen lugar en el oído externo y medio, y la segunda, en el oído interno y vías nerviosas. La fase auditiva correspondiente al oído interno es muy importante, pues en

ese lugar tiene lugar la conversión de la energía mecánica del sonido en energía eléctrica. Al conjunto de fenómenos que tienen lugar allí, dentro de la percepción, se conoce con el nombre de recepción. La recepción sonora es pues una fase de la percepción, y a ambas se las conoce también como fase neurosensorial.

En definitiva, las vibraciones sonoras acceden al pabellón auricular y luego al tímpano, allí son transformadas en energía mecánica y transmitidas a través de una cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo) al líquido encerrado en el caracol (cóclea) que forma parte del oído interno.

El sistema tímpano-osicular, situado en el oído medio, no se limita a transmitir sino que amplifica la intensidad de la onda sonora, lo que facilita su captación por el oído interno. El oído medio actúa transmitiendo y amplificando la onda sonora como mecanismo habitual, pero puede actuar también reduciendo su amplitud, protegiendo al oído interno frente a sonidos de gran intensidad. Esta función protectora se produce por la con-

tracción refleja de unos músculos situados sobre los huesecillos martillo y estribo, aumentando su rigidez, lo que produce una reducción de la captación sonora. Cuando la onda sonora alcanza el oído interno, entramos en la fase neurosensorial. Esta fase podemos a su vez dividirla en dos: coclear y neural.

En la fase coclear, la cóclea se estimula por la llegada de los distintos sonidos y transmite la información a las terminaciones nerviosas, que después se organizarán en el nervio auditivo.

En la fase neural, el nervio auditivo transmite el mensaje al sistema nervioso central. A nivel cerebral, en la corteza auditiva, se produce la decodificación del mensaje y por tanto su interpretación.



Cover Page of H. 2004

Fuentes emisoras y medidas de control

Fuentes de ruido

TRANSPORTE:

Tráfico rodado: Procede principalmente del motor y las transmisiones así como la fricción causada por el contacto del vehículo con el suelo y el aire. Los niveles sonoros producidos por las transmisiones y motores aumenta con la velocidad del vehículo, tipo de calzada, estado de conservación de la misma y la distancia a la fuente.

Tráfico aéreo: Problemas graves de ruido durante las operaciones de despegue y aterrizaje. La producción de ruido por los aviones se relaciona con la velocidad del movimiento del aire, las hélices, los motores, los gases de escape y el estampido sónico.



Tráfico ferroviario: El ruido producido por la circulación de trenes depende principalmente del tipo de locomotora, vagones y raíles utilizados. En estaciones y muelles de carga y descarga suelen producirse ruidos de impacto.

INDUSTRIA:

Tiene su origen en el funcionamiento de la maquinaria.

- Equipos de ventilación y sopletes.
- Maquinarias giratorias y de vaivén.

Las operaciones en las que aparecen escapes de gases y de percusión son las que producen niveles de ruidos más altos.

En el interior de las zonas industriales suelen darse los problemas más graves causados por el ruido, afectando a una parte importante de la población activa, que puede verse sometida a niveles de ruido peligrosos.

CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS Y OBRAS PÚBLICAS:

Debido principalmente a la utilización de maquinaria:

- Mezcladora de hormigón.
- Grúas.
- Niveladores.
- Martillos neumáticos y compresores.

Así como:

- Operaciones de martilleo.
- Soldadura.
- Etc.



OTRAS FUENTES:

El ruido en el interior de los edificios:

- Calderas.
- Aires Acondicionados.
- Motores.
- Etc.
- Ruido de vecindad: Entendiendo como tal los ruidos producidos de forma general en las viviendas por las personas o grupos de personas que lo habitan. (TV., electrodomésticos, etc.). Siendo esta fuente una de las principales razones de quejas.

Instalaciones de determinadas actividades de ocio en los bajos de las viviendas (Pubs, discotecas, bares, etc.).

Ruido en el exterior de los edificios:

- Actividades musicales al aire libre.
- Recogida de basuras.
- Cortadores de césped motorizados.
- Mercados y locales comerciales.
- Reparto urbano de mercancías.
- Locales de espectáculos.
- Colegios.



Ruido en los edificios originados por las instalaciones auxiliares:

- Instalaciones de abastecimiento de aguas.
- Instalaciones de evacuación de aguas residuales y atmosféricas.
- Instalaciones de agua caliente sanitaria y calefacción.
- Instalaciones de transporte (ascensores y montacargas).

Locales de pública concurrencia.

Actividades industriales en las viviendas.

Medidas de control

TRANSPORTE

Tráfico rodado:

- **Métodos activos:** Dirigidos a la búsqueda de elementos más silenciosos mediante diseño y un proceso de fabricación especial.

- * Neumáticos más silenciosos.

- * Pavimentos más silenciosos.

- **Métodos pasivos:** Son los que van encaminados a que los niveles sonoros ya generados no se transmitan hacia fuera del vehículo.

- * **Encapsulado del motor:**

Inconvenientes:

- Problemas de refrigeración.
- Difícil acceso a éstos debido al encapsulado.

En motocicletas el problema de ruidos de escape y admisión no ha sido resuelto debido al inconveniente de instalar silenciadores grandes en un espacio reducido.

- * **Evitar la transmisión:**

Aumentando la distancia entre la fuente (vía de circulación) y receptor (viviendas). La única solución posible es hacer una previsión, mediante planificación urbana.

- * **Intercalar apantallamientos:**

- *Plantaciones naturales.*

- *Muros de hormigón.*

- *Diques de tierra.*

- *Pantallas acústicas:* Son aquellas superficies sólidas con suficiente peso superficial (al menos 20 Kg/m²), que se incorporan en el camino de las ondas sonoras, impidiendo parcialmente su propagación y creando una zona de sombra sonora.

Tráfico aéreo:

Las medidas que se pueden adoptar para controlar este tipo de ruido se reducen a:

- Limitar el ruido en la fuente.
- Aislamiento acústico de los edificios.
- Limitar el tráfico aéreo.
- Planificar el uso de la fuente.



Los dosímetros se utilizan cuando la exposición al ruido varía significativamente durante la jornada laboral, registrando la exposición total.

CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS Y OBRAS PÚBLICAS:

- Creación de leyes que obliguen a los fabricantes a hacer máquinas cada vez más silenciosas.

Tráfico ferroviario:

Aplicación de acciones concretas de protección sonora en los márgenes de las vías férreas nuevas tratando de mantener el nivel sonoro en la recepción alrededor de los 70 dB.

- Atenerse a la normativa local, en lo que se refiere a horarios de emisión.

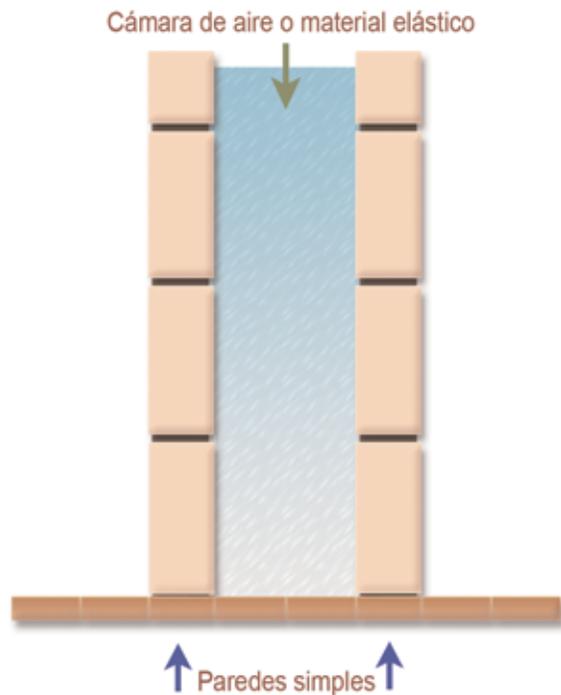
OTRAS FUENTES:

Para el control de estas fuentes, se utilizan principalmente medidas de choque sobre las PAREDES, VENTANAS, PUERTAS, TECHOS Y SUELOS.

INDUSTRIA:

- Medidas de aislamiento en edificios colindantes.
- Leyes que obliguen a la construcción de maquinaria más silenciosa.
- Planificación territorial.
- Protección de los trabajadores: Dosímetros y utilización de cascos protectores...
- **Paredes dobles:** Aislamiento superior de 40 dB. Básicamente consiste en dos paredes simples separadas por un material elástico o una capa de aire. Los factores que afectan a la reducción sonora conseguida por la pared son:

Aislamiento acústico de paredes



- Comportamiento individual de cada pared.
- Acoplamiento entre ambas.
- Absorción acústica en la cavidad (evitar puentes sonoros; uniones rígidas), al mismo tiempo se elegirán paredes desiguales con el fin de que la frecuencia de ambas capas

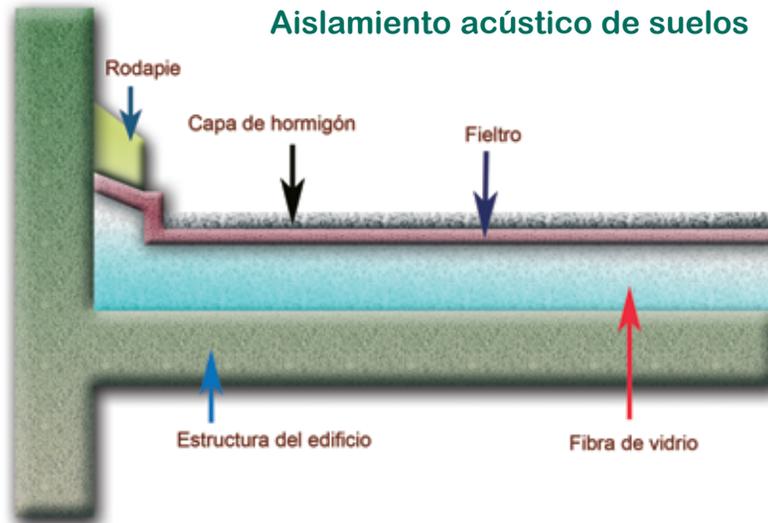
sea distinta y no cause una disminución notable del aislamiento por este motivo.

- **Puertas:** Utilización de juntas de fieltro o goma que sellen todo el perímetro de la puerta. Mayor aislamiento utilizando puertas dobles, separadas por una distancia de 8 cm. (aislamiento aproximado de 5 dB).
- **Ventanas:** Mejora del aislamiento mediante el uso de construcciones dobles, dos vidrios separados mediante una capa de aire.

Una ventana doble es aislante acústico efectivo siempre que el ancho de la cavidad sea al menos de 75 mm.

Se puede mejorar como en el caso de las puertas colocando material absorbente en el marco, dentro de la cavidad.

- **Suelos:** Se rige por los mismos principios que hemos indicado para paredes, solamente existen diferencias en su realización ya que están sometidos a otros esfuerzos.



Al suelo principalmente le afectan dos tipos de ruidos: el de impacto y el aéreo.

A veces un buen aislamiento al ruido aéreo, no es tan bueno para la transmisión del ruido de impacto.

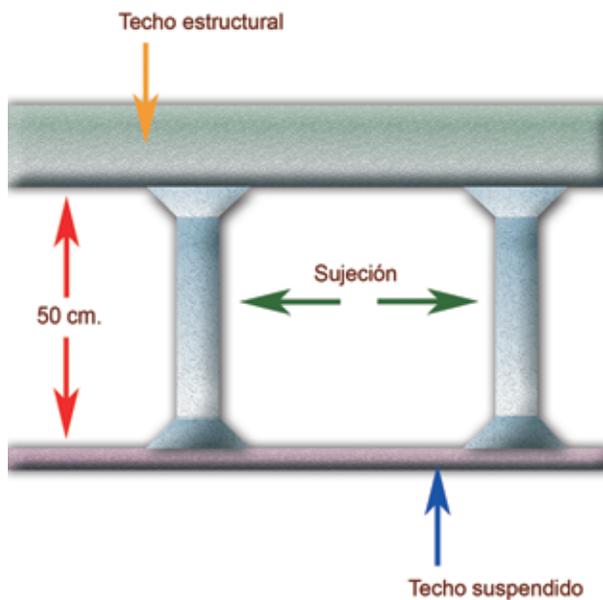
La solución más sencilla para resolver el problema de ruido de impacto es reducir su efecto mediante el recubrimiento del suelo con un alfombrado blando que a causa de su elasticidad atenúe la formación y transmisión del ruido de pisadas.

Estas soluciones suponen que ya partimos de un aislamiento al ruido aéreo suficiente pues este aspecto no se mejora en absoluto con el alfombrado, al ser una capa ligera montada directamente sobre la cubierta.

El método más práctico de obtener buenos aislamientos en suelos tanto frente a ruidos aéreos como frente a impactos es el uso de pavimentos flotantes. Consiste en una capa suplementaria, con una masa superficial que descansa sobre el suelo estructural, pero separado de éste por un soporte elástico, como una capa de fibra mineral. La construcción puede considerarse como un sistema masa-muelle amortiguado.

- **Falsos techos:** Segundo tratamiento posible para aumentar el aislamiento entre plantas.

Aislamiento acústico en techos



Hay dos tipos de techos que mejoran el aislamiento:

- El falso techo propiamente dicho, que es aquel independiente de la estructura del techo principal.
- Los techos suspendidos, son aquellos que se encuentran colgados del techo estructural, los lugares de sujeción constituyen puentes sonoros, por lo tanto deben ser blandos a ser posible, tener poca dilatación y mantener distancias entre sí no inferiores a 50 cm, al igual que para paredes dobles debe colocarse una capa de material absorbente en la cámara de aire, con el fin de reducir la resonancia de la cavidad.

Efectos del ruido

INTRODUCCIÓN:

Se sabe que biológicamente el oído precede a todos los órganos y condiciona nuestra manera de ser y de relacionarnos con el mundo. La audición es la fuente del lenguaje verbal y de la comunicación.

En los últimos años se han conocido nuevas patologías asociadas y relacionadas con la existencia de ruido y que no son estrictamente de naturaleza auditiva. Como señalaba el Dr. Soulaireic en un reciente simposium celebrado en Montpellier: "El ruido es un problema muy amplio, puesto que el individuo es afectado en su integridad. La agresión sonora afecta al sistema cardiovascular, endocrino, neurofísico y sensorial".



EFFECTOS AUDITIVOS:

- a) **Efecto máscara:** Consiste en que un sonido impida por su presencia la percepción total o parcial de otros sonidos. Este efecto se convierte en nefasto cuando perturba la percepción de señales o mensajes y en especial cuando afecta a la comunicación hablada. Es entonces un factor de aislamiento que, al margen de sus efectos negativos sobre la moral o el humor de las personas, puede disminuir la eficacia del trabajo e incluso aumentar el riesgo de accidentes.
- b) **Fatiga auditiva o desplazamiento temporal del umbral de audición:** Es un déficit temporal de la sensibilidad auditiva que persiste cierto tiempo después de la supresión del ruido que la ha provocado, disminuyendo progresivamente hasta la recuperación total.
- c) **Los acúfenos:** Su incidencia se estudia desde hace pocos años y su origen se atribuye al ruido urbano, si bien sus causas están por determinar de un modo concluyente y científico y tampoco aparece claro su tratamiento. Se describen como ruidos que aparecen en el interior del oído por alteración del nervio auditivo y hacen al enfermo escuchar un pitido interior constante causando ansiedad y cambios de carácter.
- d) **Pérdida progresiva e inconsciente de la audición o desplazamiento permanente del umbral de audición:** Con frecuencia se cree que el organismo se puede ir "habituando" al ruido. Es falso, cuando nos creemos habituados al ruido, su impacto sobre el organismo sigue siendo el mismo. El sistema auditivo se compone de 20.000 células auditivas (10.000 en cada oído) y el ruido va matando esas células que son irre recuperables. Cuando ha desaparecido un cierto número (tras la exposición fugaz a fuertes ruidos de los que provocan "fatiga auditiva" se va produciendo esa desaparición paulatina) se inicia el proceso hacia la sordera, que de temporal pasa a ser definitiva, sin que se vaya adquiriendo conciencia del proceso hasta que éste es irreversible.

EFFECTOS NO AUDITIVOS:

Además de las afecciones producidas por el ruido al oído, éste actúa negativamente sobre otras partes del organismo, donde se ha comprobado que bastan 50 a 60 dB A para que existan enfermedades asociadas al estímulo sonoro. En presencia de ruido, el organismo adopta



una postura defensiva y hace uso de sus mecanismos de protección. Se han podido observar efectos vegetativos como la modificación del ritmo cardíaco y vasoconstricciones del sistema periférico. Entre los 95 y 105 dB A se producen afecciones en el riego cerebral, debidas a espasmos o dilataciones de los vasos sanguíneos, además de alteraciones en la coordinación del sistema nervioso cen-

tral; alteraciones en el proceso digestivo, dadas por secreciones ácidas del estómago lo que acarrea úlceras duodenales, cólicos y otros trastornos intestinales; aumento de la tensión muscular y presión arterial; cambios de pulso en el electroencefalograma; dilatación de la pupila, alterando la visión nocturna, además de estrechamiento del campo visual.

Las reacciones fisiológicas al ruido no se consideran patológicas si ocurren en ocasiones aisladas, pero exposiciones prolongadas (por ejemplo, el ruido de tráfico urbano) pueden llegar a constituir un grave riesgo para la salud. Se ha comprobado que en los sujetos expuestos al ruido, se produce un incremento significativo en la concentración de la hormona GH, que es uno de los principales marcadores de estrés. En todo caso, el estrés ambiental no es más que la respuesta defensiva del organismo a estímulos adversos.

La salud no debe entenderse sólo como ausencia de enfermedad, sino que, salud debe ser sinónimo de bienestar físico y psíquico. La Psicoacústica es un área que se dedica a investigar sobre las

alteraciones psíquicas que provoca el ruido en tareas de vital importancia para el desenvolvimiento humano. Entre estas citamos el sueño, la memoria, la atención y el procesamiento de la información.

a) Efectos sobre el

sueño: El ruido puede provocar dificultades para conciliar el sueño y también des-

pertar a quienes están ya dormidos. En numerosas oportunidades hemos escuchado la típica frase de que el sueño es la actividad que copa un tercio de nuestras vidas y éste nos permite entre otras cosas descansar, ordenar, y proyectar nuestro consciente. Así como también está claro que está constituido por al menos dos tipos distintos de sueño: El sueño clásico profundo (no-REM, etapa de sueño profundo, el que a su vez se divide en cuatro fases distintas), y el sueño paradójico (REM). Se ha comprobado que sonidos del orden de los 60 dBA reducen la profundidad del sueño. Dicha disminución se acrecien-



ta a medida que crece la amplitud de la banda de frecuencias, las cuales pueden llegar a despertar al individuo, dependiendo de la fase del sueño en que se encuentre y de la naturaleza del ruido. Los estímulos débiles inesperados también pueden perturbar el sueño. Durante la noche, que debería servir como tiempo de equilibrio frente a la exposición diurna a

las tensiones de la contaminación acústica, el individuo sufre, como se ha comprobado, la repercusión de éstas por un efecto de memoria acumulativa.

Por otra parte, los ruidos sufridos durante la noche inciden en la calidad del sueño de una forma que ya ha sido ampliamente comprobada, a partir del registro de la actividad eléctrica cerebral y la actividad oculomotriz que se producen durante el sueño y que han permitido considerar su incidencia en cada una de sus etapas. Hay que tener en cuenta que el

sueño no solo implica al cerebro, sino a todo el conjunto del organismo en sus componentes neuroendocrinas, térmicas y cardiorespiratorias.

Durante el sueño, la actividad cardiovascular se ve perturbada a partir de un ruido de tráfico que penetre en la casa de entre 45 y 65 dB. Picos de ruidos superiores, (incluso sin percibirse conscientemente como una interrupción del sueño) provocan una aceleración cardíaca brusca seguida de una ralentización también brusca que produce vasoconstricción periférica seguida de vasodilatación, y a la larga puede ser causa de hipertensión crónica. Puede decirse que una persona que atraviesa una ciudad con una motocicleta a escape libre, deja a su paso decenas de miles de personas que han sufrido una taquicardia. Todo esto, es mucho más preocupante en el caso de los niños.



Cada noche se ven afectados colectivos amplísimos de personas en las grandes ciudades: la sociedad está poblada cada mañana de gente que, sin saber la causa, sufre astenia, fatiga nerviosa, hipertensión... y de insomnes y depresivos cuya sensibilidad al ruido se hace cada vez más acusada. Los individuos más emotivos y ansiosos son los que suelen experimentar más una gran fatiga por la mañana porque son a los que más perturba subjetivamente una calidad de sueño degradada.

b) Efectos sobre la conducta: La aparición súbita de un ruido o la presencia de un agente sonoro molesto para el sujeto, pueden producir alteraciones en su conducta que, al menos momentáneamente, puede hacerse más abúlica, o más agresiva, o mostrar el sujeto un mayor grado de desinterés o irritabilidad. Las alteraciones conductuales, que son pasajeras en la mayor parte de las ocasiones, se producen porque el ruido ha provocado inquietud, inseguridad, o miedo en unos casos, o bien, son causa de un mayor falta de iniciativa en otros.

Se pueden citar como expresión de las alteraciones psicológicas producidas por el ruido las siguientes: irritabilidad, astenia, susceptibilidad exagerada, agresividad, alteraciones del ca-



rácter, alteraciones de la personalidad y trastornos mentales. Estas manifestaciones psíquicas serían los eslabones finales de una cadena sintomática que comenzaría con los signos de disminución de la concentración, inseguridad, inquietud, etc., y que, con prolongadas exposiciones a ruidos de alta intensidad, conduce en un elevado número de casos a auténticos trastornos de la personalidad.

Son muchos los investigadores que consideran que existe una asociación entre ruido ambiental y salud mental, ya que éste sin ser la causa directa de la enfermedad mental, puede acelerar o intensificar el desarrollo de una neurosis latente. Existen estudios en los que se pone de manifiesto que los habitantes de zonas ruidosas tienen un índice mayor de ingresos en hospitales mentales, en contraposición a habitantes de zonas más silenciosas.

En estudios realizados sobre comportamiento solidario se comprueba que éste disminuye conforme se incrementa el ruido ambiental, llegando incluso a desaparecer en caso de sobrecarga ambiental.

- c) Efectos en la memoria:** En tareas donde se utiliza la memoria, se observa un mejor rendimiento en los sujetos que no han estado sometidos al ruido. Ya que con el ruido crece el nivel de activación del sujeto y esto, que en principio puede ser ventajoso en relación con el rendimiento en cierto tipo de tareas, en otras lo que produce es una sobreactivación que conlle-

va un descenso en el rendimiento. El ruido hace más lenta la articulación en la tarea de repaso, especialmente con palabras desconocidas o de mayor longitud. Es decir, en condiciones de ruido, el sujeto sufre un coste psicológico para mantener su nivel de rendimiento.

d) Efectos en la atención:

El ruido repercute sobre la atención, focalizándola hacia los aspectos más importantes de la tarea, en detrimento de aquellos otros aspectos considerados de menor relevancia.



e) Estrés: Parece probado que el ruido se integra como un elemento estresante fundamental. Y no sólo los ruidos de alta intensidad son los nocivos. Ruidos incluso débiles, pero repetidos pueden entrañar perturbaciones neurofisiológicas aún más importantes que los ruidos intensos. El ruido de débil intensidad, pero prolongado en el tiempo, introduce una dimensión

subjetiva y puede entrañar molestias psicológicas y dolencias somáticas graves que no están ligadas a los aspectos puramente físicos del oído.

Según un informe de la OMS: "el ruido causa distintas reacciones a lo largo del eje hipotalámico-hipofisario-suprarenal, entre ellas un aumento de la hormona adrenocorticotrópica liberada y una elevación de las concentraciones de corticosteroides. En experiencias en laboratorio se han provocado formas agudas de algunas de estas reacciones con niveles de ruido más bien moderados".

Es preciso fundamentar más estudios para determinar los riesgos a largo plazo causados por la acción del ruido sobre el sistema nervioso autónomo.

f) Efectos en el embarazo: Se ha observado que las madres embarazadas que han estado desde el principio en una zona muy ruidosa, tienen niños que no sufren alteraciones, pero

si se han instalado en estos lugares después de los 5 meses de gestación (en ese periodo el oído se hace funcional), después del parto los niños no soportan el ruido, lloran cada vez que lo sienten, y al nacer su tamaño es inferior al normal. Los estudios realizados en diferentes zonas de aeropuertos del mundo revelan unas tasas de malformaciones anormalmente elevadas y un número también más elevado de niños que nacen muertos. El ritmo cardiaco de un lactante se acelera ante un ruido intenso y se provoca, como en adultos, perturbaciones del sistema cardiovascular y respiratorio y alteraciones hormonales diversas.

g) Efectos sobre la infancia: El ruido es un factor de riesgo para la salud de los niños y niñas, repercute negativamente en su aprendizaje. Educados en un ambiente ruidoso se convierten en menos atentos a las señales acústicas y sufren perturbaciones en su capacidad de escuchar y un retraso en el aprendizaje de la lectura. Se dificulta la comunicación verbal, favoreciendo el aislamiento y la poca sociabilidad. La exposición al ruido afecta al sistema respiratorio, disminuye la

actividad de los órganos digestivos, acelerando el metabolismo y el ritmo respiratorio, provoca trastornos del sueño, irritabilidad, fatiga psíquica, etc. De hecho, el ruido parece tener una influencia negativa sobre las facultades de atención que se desarrollan desde los primeros años de vida. Se nota también una participación reducida en las diferentes actividades que se les proponen, una dificultad especial a fijarse un tiempo muy largo sobre una tarea y la tendencia a abandonar rápidamente un trabajo que se juzga difícil.

En diferentes estudios comparativos de poblaciones infantiles sometidas o no a un medio ambiente ruidoso, se observa en los primeros, mayores manifestaciones de agresividad, fatiga y agitación psicomotriz que puede deteriorar el clima social y ser la causa de constantes conflictos y riñas. Se estima también que el ruido que con frecuencia hace difícil la comunicación verbal, puede favorecer la aparición de un sentimiento de aislamiento, dificultar la sociabilidad y entrañar perturbaciones en la forma de relacionarse con los demás.

Muy pronto (entre los 7 y los 11 meses), el ruido de la casa puede frenar la expansión psicológica normal, lo que puede ser medido por un retraso en pruebas de desarrollo. Se estima también que un nivel sonoro demasiado elevado en la escuela o en el domicilio, puede alterar el número, la calidad y el contenido de las comunicaciones verbales.

Los niños y niñas sometidos en su domicilio a una superposición de fuentes sonoras diversas, tales como la radio, la televisión, el aspirador... lo que se ha llamado por diversos autores "confusión de ruidos" parecen aprender más lentamente que otros a hablar correctamente en el curso de los dos primeros años de su desarrollo.

EFFECTOS ECONÓMICOS:

La sobrecarga acústica a nivel urbano influye sobre el precio de los solares, viviendas, alquileres, etc., que irá decreciendo en función del aumento de ésta. En cuanto al coste del ruido para la sociedad o el Estado habrá que diferenciar entre:



- **Costes directos:** pérdida de productividad, dificultades de comunicación, además de los costes directos de las medidas de insonorización.
- **Costes indirectos:** son consecuencia de las molestias o efectos negativos a largo plazo.

EFFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE:

Este aspecto no ha sido explorado aún suficientemente. Los resultados de las investigaciones disponibles apuntan a efectos negativos sobre la nidificación de las aves, los sistemas de comunicación de los mamíferos marinos y otros peor definidos.

Es de temer que sólo estemos viendo el pico del iceberg y que éstos no sean sino unos pocos ejemplos de un efecto mucho más general y que puede estar ocurriendo a gran escala: la contribución del ruido al despla-



miento de muchas especies animales de sus hábitats y rutas naturales, así como a la creación de impedimentos a sus costumbres de reproducción y alimentación.

Normativa sobre la emisión y exposición al ruido

ESTADO ESPAÑOL:

NORMATIVA CON CARÁCTER GENERAL

a) Constitución española:

Artículo 15: Derecho a la integridad física y moral.

Artículo 18: Derecho a la intimidad personal y familiar. Inviolabilidad del domicilio.

Artículo 43: Derecho a la salud.

Artículo 45: Derecho a un medio ambiente adecuado.

Artículo 53: Garantías de los derechos fundamentales

Artículo 104: Misión de los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad.

(Estos artículos se relacionan con denuncias por ruidos según reconoce la sentencia del Tribunal Constitucional del 29/5/2001 y posteriores)

b) Código Civil:

El Código Civil español no menciona expresamente el ruido. Sin embargo, es doctrina unánime que, de acuerdo con la regla de analogía de su artículo 4.1, son de aplicación los **artículos 590 y 1902 y siguientes, especialmente el 1908**. Ver también el **artículo 7**.

c) Código Penal:

Artículos relacionados con el ruido:

Artículo 325: Emisión de ruidos.

Artículo 326: Agravantes.

Artículo 327: Consecuencias accesorias.

Artículo 329: Prevaricación de las autoridades y funcionarios

Artículo 331: Atenuante

d) Seguridad ciudadana:

Ley Orgánica 9/1983, de 15 de Julio, reguladora del Derecho de Reunión.

Ley Orgánica 2/1986, de 13 de marzo, de Fuerzas y Cuerpos de seguridad.

Ley Orgánica 1/1992, de 21 de febrero, sobre Protección de la Seguridad Ciudadana.

NORMATIVA ESPECÍFICA

a) Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.

b) Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico.

c) Real Decreto 1909/81, de 24 de julio, que aprueba la Norma básica de edificación NBE-CA-88 sobre Condiciones Acústicas en los edificios.

d) Actividades molestas y aparatos ruidosos:

La Ley 49/60 de Propiedad Horizontal (artículo 7.2) y la **Ley 29/94** de Arrendamientos Urbanos(artículo 27 punto 2, apartado e) contienen disposiciones que protegen contra el ruido causado por vecinos, u otras actividades molestas realizadas por los mismos, tanto copropietarios como arrendatarios.

Decreto 2414/1961, de 30 de diciembre, Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (RAMINP) y **O.M. de 15 marzo de 1963**, que da instrucciones complementarias para la aplicación del RAMINP.

RD 1316/1989 sobre protección de los trabajadores frente al ruido.

RD 213/1992, de 6 de Marzo, sobre especificaciones sobre el ruido en el etiquetado de aparatos.

e) Vehículos a motor:

Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial (**RDL 339/1990**).

Real Decreto 13/1992, de 17 de enero, Reglamento General de Circulación.

Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.

Decreto 1439/1972 sobre Homologación de Vehículos Automóviles en lo que se refiere al ruido por ellos producido.

Real Decreto 320/1994, de 25 de Febrero, que aprueba el Reglamento del Procedimiento Sancionador.

NORMATIVA RELACIONADA CON LA ADMINISTRACIÓN

a) Ley Orgánica 1/2002, de 22 de marzo, reguladora del Derecho de Asociación.

b) Ley Orgánica 4/2001, reguladora del Derecho de Petición.

c) Ley 30/1992, del Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

d) Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa.

e) Ley 38-1995 de 12 de Diciembre, sobre el derecho de acceso a la información en materia de medio ambiente.

COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA

La Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental aprobada por el Gobierno Andaluz para su aplicación en la Comunidad Autónoma de Andalucía recoge, en el Capítulo I (de la calidad del aire) del Título III (Calidad Ambiental), un apartado referido a ruidos y vibraciones.

Posteriormente por el Decreto 74/1996 se aprueba el Reglamento de Calidad del Aire. En él se hace referencia en Título III a medidas contra el ruido. El **Decreto 326/2003**, del 25 de noviembre, deroga este Título y amplía las medidas contra el ruido aprobando el **Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía**.

El mencionado Reglamento recoge entre otros los siguientes artículos que reseñamos por su interés:

En el **artículo 4**, referido a las competencias, refiere que corresponde a la Consejería de Medio Ambiente la vigilancia y control de la contaminación acústica, y que corresponde a los Ayuntamientos la aprobación de ordenanzas municipales y la vigilancia y control in situ, así como la determinación de áreas de sensibilidad acústica, declaración de zonas saturadas, etc.

También plantea la obligación de aprobar ordenanzas municipales en poblaciones mayores de 20.000 habitantes.

En el **artículo 5**, referido a Ordenanzas Municipales, se dice que las ordenanzas deberán regular como mínimo los siguientes aspectos (sin que en ningún caso puedan reducir las exigencias y los parámetros de contaminación acústica establecidos por este Reglamento):

- a) La emisión de ruidos producida por la circulación de vehículos a motor, especialmente ciclomotores y motocicletas.
- b) Los sistemas sonoros de alarma.
- c) La emisión de ruidos producida por actividades de ocio, espectáculos públicos, recreativos, culturales y de asociacionismo.
- d) Los criterios para la autorización de licencia para veladores en establecimientos de hostelería y su régimen de control como actividad generadora de ruidos en la vía pública.
- e) Los trabajos en la vía pública y en las edificaciones.
- f) Las actividades de carga y descarga de mercancías.
- g) Las actividades propias de la relación de vecindad, como el funcionamiento de aparatos electrodomésticos de cualquier clase, el uso de instrumentos musicales y el comportamiento de animales domésticos.
- h) Las instalaciones de aire acondicionado, ventilación o refrigeración.
- i) Los trabajos de limpieza de la vía pública y de recogida de residuos.

- j) Los mecanismos de coordinación interna entre los distintos departamentos del Ayuntamiento que tengan competencia sobre una misma actividad generadora de ruidos.

El artículo 11 establece una clasificación de las áreas de sensibilización acústica, y diferencia los siguientes tipos:

Tipo I: Área de silencio. Zona de alta sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una especial protección contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- a) Uso sanitario.
- b) Uso docente.
- c) Uso cultural.
- d) Espacios naturales protegidos, salvo las zonas urbanas.

Tipo II: Área levemente ruidosa. Zona de considerable sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección alta contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- a) Uso residencial.
- b) Zona verde, excepto en casos en que constituyen zonas de transición.
- c) Adecuaciones recreativas, campamentos de turismo, aulas de la naturaleza y senderos.

Tipo III: Área tolerablemente ruidosa. Zonas de moderada sensibilidad acústica, que comprenden los sectores del territorio que requieren una protección media contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- a) Uso de hospedaje.
- b) Uso de oficinas o servicios.
- c) Uso comercial.
- d) Uso deportivo.
- e) Uso recreativo.

Tipo IV: Área ruidosa. Zona de baja sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren menor protección contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- a) Uso industrial.
- b) Zona portuaria.
- c) Servicios públicos, no comprendidos en los tipos anteriores.

Tipo V: Área especialmente ruidosa. Zona de nula sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio afectados por servidumbres sonoras a favor de infraestructuras de transporte, autovías, autopistas, rondas de circunvalación, ejes ferroviarios, aeropuertos y áreas de espectáculos al aire libre.

A efectos de la delimitación de las áreas de sensibilidad acústica, las zonas que se encuadren en cada uno de los tipos señalados en el apartado anterior lo serán sin que ello excluya la posible presencia de otros usos del suelo distintos de los indicados en cada caso como mayoritarios.

Asimismo, a fin de evitar que colinden áreas de diferente sensibilidad, se podrán establecer zonas de transición, en la que se definirán valores intermedios entre las dos zonas colindantes. En el caso de que una de las áreas implicadas sea de Tipo I los valores intermedios no podrán superar los asignados a las áreas de Tipo II.

Tabla 1: (Referida al ambiente interior)

ZONIFICACIÓN	TIPO DE LOCAL	NIVELES LÍMITES (dBA)	
		DÍA (7 - 23)	NOCHE (23 - 7)
Equipamientos	Sanitario y bienestar social	30	25
	Cultural y religioso	30	30
	Educativo	40	30
	Para el ocio	40	40
Servicios Terciarios	Hospedaje	40	30
	Oficinas	45	35
	Comercio	55	45
Residencial	Piezas habitables, excepto cocina y cuartos de baño.	35	30
	Pasillos, aseos y cocinas	40	35
	Zonas de acceso común	50	40

Tabla 2: (Referida al ambiente exterior)

SITUACIÓN ACTIVIDAD	NIVELES LÍMITES (dBA)	
	DÍA (7 - 23)	NOCHE (23 - 7)
Zonas de equipamiento sanitario	60	30
Zona con residencia, servicios terciarios, no comerciales o equipamientos no sanitarios	65	55
Zona con actividades comerciales	70	60
Zonas con actividad industrial o servicio urbano excepto servicios de administración	75	70

Tanto la Ley como el Reglamento reconoce el papel principal de los Ayuntamientos en la vigilancia y control del ruido, otorgándoles potestad sancionadora y obligándoles a la elaboración de ordenanzas municipales acordes con las normativas estatal y autonómica.

Actualmente son cada vez más las ciudades andaluzas que cuentan con ordenanzas municipales sobre ruidos, sin embargo no ocurre lo mismo en municipios de menor densidad poblacional.

UNIÓN EUROPEA:

Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y el Consejo de 25 de junio de 2002, sobre Evaluación y gestión del ruido ambiental.

Informe de la Comisión al Reglamento Europeo y al Consejo sobre las medidas comunitarias vigentes en relación con las fuentes de ruido ambiental, de conformidad con el apartado 1 del artículo 10 de la Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.(Bruselas, 10/3/2004)

DERECHO INTERNACIONAL:

Declaración Universal de los Derechos Humanos

Convenio Europeo de los Derechos Humanos

GUÍAS DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

Valores límite recomendados.

Ambiente	Efectos en la salud	LAeq (dB)	Tiempo (horas)	LAm _{ax} , fast (dB)
Exterior habitable	Molestias graves, día y anochecer Molestias moderadas, día y atardecer	55 50	16 16	- -
Interior de viviendas	Interferencia en la comunicación verbal, día y anochecer	35	16	
Dormitorios	Perturbación del sueño, noche	30	8	45
Fuera de los dormitorios	Perturbación del sueño, ventana abierta (valores en el exterior)	45	8	60
Aulas de escolar y preescolar, interior	Interferencia en la comunicación, perturbación en la extracción de información, inteligibilidad del mensaje	35	Durante la clase	-
Dormitorios de preescolar, interior	Perturbación del sueño	30	Horas de descanso	45
Escolar, terrenos de juego	Molestias (fuentes externas)	55	Durante el juego	-
Salas de hospitales, interior	Perturbación del sueño, noche Perturbación del sueño, día y anochecer	30 30	8 16	40 -
Salas de tratamiento en hospitales, interior	Interferencia con descanso y restablecimiento	1 ¹		
Zonas industriales, comerciales y de tráfico, interior y exterior	Daños al oído	70	24	110
Ceremonias, festivales y actividades recreativas	Daños al oído (asistentes habituales: < 5 veces/año)	100	4	110
Altavoces, interior y exterior	Daños al oído	85	1	110
Música a través de cascos y auriculares	Daños al oído (valores en campo libre)	85 ⁴	1	110
Sonidos impulsivos de juguetes, fuegos artificiales y armas de fuego	Daños al oído (adultos) Daños al oído (niños)	- -	- -	140 ² 120 ²
Exteriores en parques y áreas protegidas	Perturbación de la tranquilidad	3		

Notas:

¹ Tan débil como se pueda.

² Presión sonora pico (no LAm_{ax}, fast), medida a 100 mm del oído.

³ Las zonas tranquilas exteriores deben preservarse y minimizar en ellas la razón de ruido perturbador a sonido natural de fondo.

⁴ Bajo los cascos, adaptada a campo libre.

Fuente: Lucha contra el ruido (El sitio dedicado a la contaminación acústica, www.ruidos.org)

Bibliografía

- Aguerri Sánchez, M.P. (1998) *La Ciudad Sonora*. Ayuntamiento de Zaragoza, Servicio de Medio Ambiente.
- Albert, F.J. y Gutiérrez, E. (2001) *Contaminación Atmosférica, Ruidos y Radiaciones*. Editex, S.A., Madrid
- Alonso García, E. (1993) *El marco contenido sustantivo de la legislación comunitaria de Medio Ambiente*. Fundación Universidad-Empresa, Civitas. Madrid.
- Ayuntamiento de Granada (1991) *Análisis del medio acústico de la ciudad de Granada: mapa de ruidos*. Delegación de Medio Ambiente y Consumo, Estudios y Programas, Ayuntamiento de Granada.
- Ayuntamiento de Madrid (1991) *El ruido en la ciudad. Gestión y Control*. Concejalía de Medio Ambiente-Sociedad Española de Acústica, Madrid.
- Ayuntamiento de Madrid (2001) *Libro Blanco de la Contaminación Acústica*. Ayuntamiento de Madrid, Área de Medio Ambiente, Madrid.
- BOE (1989) "*Real decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo*". BOE del 2/11/1989.
- Celma, C. (1987) *El ruido como Agente Contaminante en la Industria*, Tomo 1. Ayuntamiento de Zaragoza: Mutua de Seguros de Zaragoza.
- Celma, C. (1987) *El ruido como Agente Contaminante en el medio ambiente*, Tomo 2. Ayuntamiento de Zaragoza: Mutua de Seguros de Zaragoza.
- Cuello, A. (1992) *Orientaciones didácticas para la Educación Ambiental en Educación Primaria*. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura y Medio Ambiente, Consejería de Educación y Ciencia, Agencia de Medio Ambiente, Sevilla.

Bibliografía

Cyril M. Harris (1998) *Manual de Medidas Acústicas y Control del ruido*. McGraw-Hill, Madrid.

Daza, I. y Martínez, M. (1994) *Manual de educación ambiental: "guía para profesores y educadores ambientales"*. Diputación de Sevilla, Sevilla.

Flores Pereita, P. (1988) *Guía Técnica de Medidas Correctoras: Ruido, Humos, Olores, pinturas, Incendios y Explosiones*. Agencia de Medio Ambiente, Sevilla.

García, A.(1994) *Estudio del ruido ambiental en la Comunidad Valenciana*. Consejería de Medi Ambient, Generalitat Valenciana.

García, A.M. (1991) *Estudios de los efectos del ruido ambiental sobre la salud en medios urbanos y laborales*. Generalitat Valenciana, Consejería de Sanidad y Consumo, IVESP, Valencia.

García, F. y García, J.E. (1992) *Orientaciones didácticas para la Educación Ambiental en E. Secundaria*. ALDEA, Consejería de Educación y Ciencia y Consejería de Cultura y Medio Ambiente y Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla.

Giordan, A. y Souchon, Ch. (1995) *La educación ambiental: guía práctica(colección investigación y enseñanza)*. Diada edit., Sevilla.

Junta de Andalucía (1990) *Diseño Curricular Base del ámbito de Educación Ambiental*. Ciclo 6-12 años. Consejería de Educación y Universidades, Junta de Andalucía, Sevilla.

Junta de Andalucía (1992) *ALDEA. Programa de Educación Ambiental*. Consejería de Educación y Ciencia. Agencia de Medio Ambiente, Sevilla.

Junta de Andalucía (1993) *Audiología aplicada a la salud laboral*. Junta de Andalucía, Consejería de Trabajo, Dirección General de Trabajo y Seguridad Social.

Junta de Andalucía (1996) *Análisis de las repercusiones sociales y económicas de los niveles de ruido en las principales ciudades de Andalucía*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, Sevilla.

Junta de Andalucía (1998) *Análisis de los niveles de ruido ambiental y su evolución durante el periodo 1992-1998 en las ciudades de más de 50.000 habitantes de la Comunidad Autónoma de Andalucía*. Dirección General de Protección Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla.

- Lara, A., Moreno, A. y Santiago, J.S. (1975) *Condicionantes acústicos en la edificación: bases del control del ruido en edificios*. Publ. Tec. Patr. J. Cierva, CSIC.
- Mestre, L. (1993) *El Ruido como Problema Ambiental*. Agencia de Medio Ambiente, Madrid.
- Norma. (1988) "*Norma Básica NBE-CA-88 sobre condiciones acústicas en los edificios*" Reales Decretos 1909/81 y 2115/82 y Orden Ministerial de 29/9/88. BOE 7/9/81, 3/9/82, 7/10/82 Y 8/10/88.
- Novo, M. (1995) *La Educación Ambiental; Bases éticas, conceptuales y metodológicas*; Editorial Universitas S.A.
- O.M.S. (1983) *Criterios de Salud Ambiental. El ruido*. Servicio de Publicaciones y Documentación, Organización Mundial de la Salud, México.
- Peña Castañeira, F.J.(1990) *Salud Ambiental*. Ciencias 3, S.A.
- Sánchez Sánchez-Cañete, F.J. (2001) *El Ruido en Baena: Propuestas didácticas para la mejora de la calidad de vida ciudadana*. Consejería de Medio Ambiente(Junta de Andalucía), Sevilla.
- Sanz, J.M. (1987) *El Ruido, Unidades Temáticas Ambientales de la Dirección General de Medio Ambiente*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Centro de Publicaciones.
- Seoáñez Calvo, M. (2001) *Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano (Colección de Ingeniería del Medio Ambiente)*. Mundi-Prensa Libros, Madrid.
- Servicio Vasco de Salud (1992) *Salud laboral, protocolos sanitarios específicos de vigilancia médica de los trabajadores*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria.
- Stanners, D. y Bourdeau, Ph. (1998) *Medio Ambiente en Europa: el Informe Dobris*. Agencia Europea de Medio Ambiente. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo. Revisión española: López, F. , Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Rico Vercher, M.(1990) *Educación ambiental: diseño curricular*. Cincel, Madrid.
- VV.AA. (2000) *Fundamentos de Tecnología Ambiental*. S.A.P.T. Publicaciones Técnicas, Madrid.

Bibliografía

VV.AA. (1996) *Programa de educación sobre problemas ambientales en las ciudades*. Consejería de Medio Ambiente y Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía. Los Libros de la Catarata, Madrid.

VV.AA. (1990) *Influencia del ruido en la salud*. Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid.

VV.AA. (1995) *La contaminación sonora: evaluación, efectos, control*. Fundación Bancaixa, Valencia.

Young, A.J. y McElhone, M.J. (1994) *Principios Fundamentales para el desarrollo de la Educación Ambiental no convencional*. Programa internacional de Educación Ambiental UNESCO-PNUMA. Los Libros de la Catarata, Madrid.

Velásquez de Castro, F. *Temas Transversales: Educación Ambiental; Orientaciones, actividades, experiencias y materiales*; Materiales 12-16 para Educación Secundaria; Ministerio de Educación y Ciencia, Narcea,s.a. de ediciones.

INTERNET:

<http://europa.en.int> (Página de la Unión Europea; Libro Verde de la Comisión Europea, Política Futura de Lucha contra el Ruido, Bruselas 1996)

<http://www.ruidos.org> (El portal de la lucha contra el ruido)

<http://www.elruido.com> (La web del ruido)

<http://www.conama.cl> (Comisión Nacional de Medio Ambiente de Chile)

<http://www.controlaturuido.com> (Campaña de concienciación sobre la contaminación acústica Ayuntamiento de Madrid)

<http://www.msc.es> (Ministerio de Sanidad y Consumo)

<http://www.ruido.info> (Plataforma contra el Ruido)

<http://www.auditio.com> (El portal de audiología)

<http://www.ondasalud.com> (Portal de Salud)

<http://www.e-mutua.com> (Mutua electrónica)

<http://www.preacram.com> (Asociación Estatal de Asociaciones Contra el Ruido y las Actividades Molestas)

<http://www.aecor.es> (Asociación española contra la contaminación acústica por el ruido)

<http://www.juristas-ruidos.org> (Juristas Contra el Ruido)

