

El ruido y la ciudad

Resumen

Las grandes urbes, con sus grandes poblaciones y cantidad de actividades producen emisiones contaminantes considerables para generar problemas importantes en la salud y en el bienestar de las personas. Tal es el caso del ruido, que hoy en día se considera como un contaminante importante que afecta física, fisiológica y psicológicamente a la población de las grandes ciudades. En este artículo se hace una descripción del fenómeno del ruido en las ciudades, así como de los factores que inciden para crearlo, los problemas que ello genera y las estrategias que se pueden dar tanto a nivel gubernamental como de soluciones específicas de diseño para controlarlo. En México este problema aún no se aborda de manera decisiva y en este documento se dan algunos elementos importantes para que este fenómeno pueda ser abordado con una mayor aproximación por los profesionales del diseño.

Abstract

Large cities, with their large populations and numbers of activities produce significant emissions to cause major problems in the health and welfare of people. Such is the case of noise, which today is considered a major contaminant that affects physical, physiological and psychologically to the population of these cities. This article gives an overview of the phenomenon of noise in cities, as well as the factors that influence to create it; the problems that it creates and the strategies that can provide the government and specific design solutions to control it. This problem is not decisively addressed in Mexico, and in this document are some important elements for this phenomenon can be undertaken with a closer approach by design professionals.

Fausto E. Rodríguez Manzo

Laboratorio de Análisis y Diseño Acústico,
Departamento de Procesos y Técnicas de
Realización, CyAD-UAM-A.

Elisa Garay Vargas

Laboratorio de Análisis y Diseño Acústico,
Departamento de Procesos y Técnicas de
Realización, CyAD-UAM-A.

Laura A. Lancón Rivera

Laboratorio de Análisis y Diseño Acústico,
Departamento de Procesos y Técnicas de
Realización, CyAD-UAM-A.

El ruido y la ciudad

Introducción

Los problemas del medio ambiente se concentran hoy en día, en gran medida, en las grandes urbes, ya que debido a la gran actividad humana que en ellas se realiza se genera un impacto importante en el entorno natural, físico, social y económico. Todo esto produce lo que hoy conocemos como contaminación.

Un fenómeno poco conocido en México pero que a nivel internacional es hoy reconocido como una manifestación que altera de manera importante los ecosistemas urbanos, es el ruido. El ruido se considera ya como un contaminante ambiental que afecta a los seres humanos, tanto desde el punto de vista fisiológico como del psicológico, generando muchas veces daños irreversibles (www.euro.who.int, 2010).

La Organización Mundial de la Salud (www.euro.who.int, 2010) nos dice que el ruido es una amenaza subestimada que puede causar problemas a corto y largo plazo tales como los problemas de sueño, los efectos cardiovasculares, el bajo desempeño en el trabajo y en la escuela, el daño auditivo, la agresividad o la pasividad, el dolor y la fatiga auditiva, los problemas del lenguaje

y las respuestas hormonales con consecuencias en el metabolismo humano y el sistema inmunológico.

En el ámbito de la arquitectura y el urbanismo es ampliamente conocido que la cultura visual es lo que predomina, de aquí que los aspectos relacionados con el sonido y por lo tanto con el ruido, se llegan a pasar por alto fácilmente. Esto impacta directamente en los programas y proyectos de planeación de las ciudades, en los cuales este aspecto tan importante no queda incluido.

Desde el punto de vista cultural lo visual también predomina sobre lo auditivo, aunque existen sociedades acostumbradas al ruido considerando sus tradiciones, es común enterarse que existen personas que se habitúan al ruido, aún y cuando viven cerca de vías muy transitadas, en zonas de gran actividad comercial y recreativa, e inclusive cerca de los aeropuertos, lugares todos, donde indudablemente se generan niveles altos de ruido. Es claro entonces que el asunto del ruido en las grandes urbes tiene diversos enfoques como lo son: el cultural, el social, el económico y el espacial.

Este artículo pretende mostrar las particularidades del fenómeno del ruido en el ámbito urbano, concretamente en las grandes ciudades. En la primera parte se aborda el concepto de ruido desde varios puntos de vista, seguido de los aspectos ambientales, donde el ruido se ubica como un contaminante importante, posteriormente se revisan las distintas fuentes de ruido que se generan en la ciudad. Más adelante se analizan los distintos problemas que genera el ruido en diferentes ámbitos como son: el económico, el social y el cultural, seguido de los aspectos normativos, las herramientas para caracterizar y evaluar las condiciones de ruido de la ciudad y finalmente se abordan las estrategias contra el ruido desde el punto de la planeación y del diseño.

El artículo intenta iniciar la difusión, en este anuario, de la línea de investigación en ruido desde el punto de vista de la arquitectura, el urbanismo y el diseño, que de acuerdo a lo que aquí se ha expresado es amplia, vasta y enriquecedora.

1. El ruido

En el medio acústico, el ruido generalmente se define como un sonido no deseado, una definición un poco vaga ya que la primera pregunta sería ¿Un sonido no deseado para quién? Al tratarse de sonido, el ruido queda inmerso dentro de la ciencia de la acústica, motivo por el cual su comportamiento físico está regido por las leyes de la misma.

Para que exista ruido debe existir una inte-

racción entre la fuente sonora, el medio de propagación y el receptor. Las fuentes sonoras como su nombre lo indica son aquellos elementos, objetos o personas de las cuales emana el sonido, es decir, que las personas mediante el habla, los instrumentos mediante la música, los pájaros, los ríos, el viento y otros que generan los sonidos de la naturaleza y los artefactos electro-mecánicos, como los motores, la maquinaria en general y hasta los aparatos electrónicos son considerados fuentes sonoras. La cuestión se presenta en determinar ¿En qué momento estas fuentes sonoras se convierten en ruido? Podemos considerar que la conversión en ruido se da en el momento en que el sonido interfiere con nuestro bienestar y nuestra actividad. Los sonidos naturales *per se* no podrían considerarse como ruido, en condiciones normales, aunque se entiende que un volcán en erupción, un huracán y cualquier fenómeno natural de carácter destructivo si lleva implícito el aspecto de ruido.

El medio de propagación del sonido es cualquier medio elástico, lo que incluye materialmente cualquier medio líquido, sólido y gaseoso. El medio más común es sin duda el aire, ya que a través de él es como las personas escuchan, en el caso de los líquidos como es el agua es útil para cierto tipo de animales como son los delfines y las ballenas, a través del cual establecen su comunicación. En cuanto a los sólidos cualquier material puede ser conductor del sonido y esto es evidente en las construcciones donde cualquier

impacto se escucha a través de la estructura.

Los receptores del sonido, son los seres vivos, donde el más importante es el ser humano, quien recibe y sufre el ruido.

A continuación se abordarán algunos conceptos relacionados con el sonido que es importante comprender para una discusión acerca del ruido en la ciudad.

1.1. Conceptos acerca del sonido

Para entender el ruido urbano es necesario comprender la forma en que el sonido interactúa con el medio. El sonido se propaga como anteriormente se dijo, a través de un medio elástico, en este caso el aire, el patrón de propagación es de tipo esférico en forma de ondas longitudinales a base de compresiones y descompresiones.

El parámetro utilizado para caracterizar al sonido es la presión sonora y a su vez ésta se traduce en niveles de presión sonora conocidos como decibeles (dB). El sonido se caracteriza por su frecuencia, velocidad y longitud de onda, donde la primera corresponde en términos prácticos a la tonalidad del sonido, la segunda a la distancia que recorre el sonido en un segundo, dependiendo del medio de propagación y la tercera corresponde al tamaño que tiene la onda sonora de acuerdo a su frecuencia, donde las frecuencias bajas son mayores en tamaño que las frecuencias altas.

El oído humano es sensible al rango de frecuencias que va de 20 Hz a 20000 Hz y esto corresponde a una longitud de onda de entre 17 m

y 1.7 cm, lo cual pone de manifiesto la manejabilidad e interactividad del sonido a través de elementos físicos de tipo arquitectónico y urbano.

Es importante conocer los niveles de sensibilidad del oído humano los cuales quedan claramente expresados en el gráfico Fletcher-Munson (Long, 2006:83) (Fig. 1), donde las frecuencias altas de entre 3000 Hz y 5000 Hz son a las que es más sensible el oído. El gráfico como se puede observar muestra también los niveles de presión sonora que van de 0 a 120 dB y esto al relacionarse con las frecuencias nos permite conocer el grado de sensibilidad del oído humano. En las frecuencias bajas de entre 20 Hz y 200 Hz la sensibilidad se establece entre los 70 dB y los 20 dB respectivamente, mismos que son necesarios para poder llegar al umbral de audición, las frecuencias medias entre 200 Hz y 1000 Hz están entre 20 dB y 0 dB respectivamente, las frecuencias altas entre 1000 Hz y 4000 Hz alcanzan una sensibilidad muy alta por debajo de los 0 dB lo que indica que son perceptibles de inmediato y en el caso de los 4000 Hz hasta molesta, si fuera el caso de un nivel sonoro alto para la misma. Las frecuencias muy altas de 4000 Hz a 20000 Hz van por debajo de 0 dB hasta 20 dB, a lo cual el oído por lo tanto también es sensible.

El gráfico también muestra los niveles de sonoridad referidos a la frecuencia de 1000 Hz, lo cual indica a qué nivel de presión del sonido es igualmente sonora cada una de las frecuencias, tomando en cuenta que la sonoridad “es el atri-

buto de los sonidos percibidos subjetivamente que permite al oyente ordenar su magnitud sobre una escala de bajo a alto” (Harris, 1995: 17.9).

Curvas de igual sonoridad

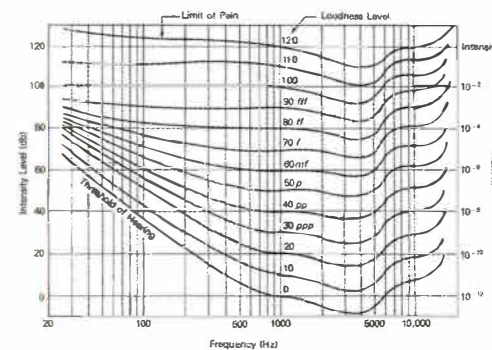


Fig. 1. Gráfica Fletcher-Munson (adaptada de Long, 2006:83)

El oído humano se ve fácilmente afectado por las frecuencias altas y en el caso de las frecuencias bajas, a menos que éstas se presenten con niveles sonoros muy altos, llegan a ser dañinas. Basta observar en el gráfico anterior (Fig. 1) cómo la curva de sensibilidad va tendiendo a volverse horizontal en los niveles altos, lo que indica que a niveles altos siempre existirá molestia y posible daño al oído en todas las frecuencias, al alcanzar el umbral del dolor.

Un factor importante que puede determinar que tan molesto es un sonido, dependiendo del nivel de presión sonora que éste tenga, es la distancia a la que se encuentra una persona de la fuente. Esta relación entre distancia y el nivel de

presión sonora se deriva de la ley del inverso del cuadrado (Egan, 1988:10) donde por cada vez que se duplica la distancia, el nivel de presión sonora disminuye 6 dB en campo abierto y 3 dB en un medio construido, de esta forma si una persona está expuesta a una fuente sonora a 1 m de distancia recibirá el sonido directo y sin ninguna pérdida, en cambio una persona que se encuentra a 15 m de distancia puede disminuir hasta 9 dB el nivel de presión sonora y con ello puede quedar fuera de la posibilidad de molestia o daño al oído.

Se han llevado a cabo estudios para determinar las diferencias notorias en la variación de dB. Existe una clasificación que permite determinar los cambios en la percepción de los incrementos y decrementos de los niveles sonoros en dB. La tabla a continuación muestra las diferencias aparentes entre niveles de intensidad sonora (Tabla 1).

Diferencias aparentes entre niveles de intensidad sonora

Cambio en el nivel sonoro en dB	Cambio en la percepción aparente de la intensidad de sonido
1	Imperceptible (excepto para tonos)
3	Apenas perceptible
6	Claramente notorio
10	El doble o la mitad de alto (intensidad)
20	Cuatro veces o un cuarto de alto (intensidad)

Tabla 1. (Egan, 1988:21).

El comportamiento del sonido en espacios exteriores y en espacios interiores se ve alterado

normalmente por la presencia de elementos que van a afectar la propagación normal del sonido.

El sonido generalmente no viaja en línea recta, especialmente más allá de los 60 m, como se mencionó anteriormente el medio de propagación común es el aire y el sonido puede cambiar la dirección de propagación de cuatro formas distintas: reflexión, difusión, difracción y refracción.

La reflexión del sonido es aquella en la cual el sonido al alcanzar una superficie u objeto choca con él y se regresa. La difusión es una forma de reflexión donde la superficie genera que la onda se disperse al entrar en contacto con ella. La difracción del sonido se genera al alcanzar la onda sonora el borde de un objeto o superficie obligando de esta forma a que su dirección cambie hacia adentro, y la refracción del sonido se da cuando existe en su vía de propagación un cambio de densidad o movimiento en el medio, como es el caso de los cambios por temperatura y la presencia del viento.

1.2. El medio urbano

La acústica arquitectónica estudia el fenómeno del sonido dentro y fuera de los recintos, esta última condición se relaciona directamente con el ámbito urbano. Para entender el ruido en las ciudades, es importante entender las características físicas, sociales y culturales de las mismas.

Los rasgos característicos de las ciudades son: la concentración de la población, su estructura física y espacial consistente en edificios, vialida-

des y espacios abiertos, su infraestructura y la concentración de actividad de tipo económico, social y cultural. A esto se le puede llamar medio urbano.

El medio urbano tiende a desarrollarse en el tiempo creando estructuras espaciales de gran magnitud donde la actividad humana genera sonido que interactúa con ellas. No sería lo mismo que las actividades humanas que se desarrollan en las ciudades, se llevaran a cabo en el campo abierto, ya que los sonidos que esa actividad genera se dispersarían fácilmente, sin embargo alcanzaría a escucharse aunque no con la misma intensidad. De esta forma se puede decir que las ciudades por su estructura física y espacial y en combinación con las actividades humanas tienden a crear un carácter acústico propio, es decir, una personalidad sonora.

1.3. Aspectos ambientales

El medio urbano por su carácter de espacio donde confluyen las actividades, los seres vivos y los aspectos físicos, está sujeto a una revisión de tipo ambiental con el objeto de hacerlo habitable. El medio urbano representa un ecosistema al interactuar en él organismos vivos con el medio físico y por lo mismo está expuesto a transformaciones por intercambios de materia, energía e información (www.guía-urbana.com, 2010).

Hoy en día existen más personas viviendo en las ciudades que en las zonas rurales, por ejemplo en Europa cerca del 75% de la población vive en

zonas urbanas por lo que la demanda de suelo se ha vuelto intensa y la expansión urbana está afectando la calidad de vida de las personas y el medio ambiente (www.eea.europa.eu, 2010).

Uno de los temas críticos del medio ambiente en las ciudades es sin duda la contaminación, que como sabemos es consecuencia de la actividad humana que altera directamente al ecosistema provocando un desequilibrio.

Dentro de los agentes contaminantes se encuentra uno que afecta de manera definitiva a los seres vivos y ese es el ruido. La contaminación por ruido se conoce como contaminación acústica y ésta se da generalmente por un exceso en los límites tolerables de la audición humana.

La contaminación acústica es el exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente, como ya se dijo anteriormente el ruido se refiere a un sonido no deseable y en años recientes la contaminación por ruido ha sido un tema importante, así como tópico de acciones de política y regulación ambiental.

Para el estudio del ruido en las áreas urbanas, éstas se pueden dividir en áreas industriales, áreas comerciales, áreas residenciales y zonas de silencio y cada uno tiene un nivel límite de ruido para el día y para la noche, así por ejemplo en la India, país conocido por una cultura popular relacionada con el ruido, existe una norma de protección ambiental (Singh, 2004: 182) (Tabla 2) que plantea un código de áreas con límites en dB de la siguiente forma:

Niveles ambientales de ruido para diferentes áreas/zonas

Código	Categoría Área / Zona	Límite en dBA*	
		Día	Noche
A	Área industrial	75	70
B	Área comercial	65	55
C	Área residencial	55	45
D	Zona de silencio	50	40

*El límite en dB denota el promedio ponderado del sonido en dB en la escala A relativa a la audición humana.

Tabla 2. (Singh, 2004:182)

En esta tabla se observa como la autoridad ha determinado cuales son los niveles límite a los cuales un área urbana debiera estar expuesta. Más adelante se abordará el tema de la normatividad relacionada con el ruido.

Al hablar de contaminación acústica uno de los aspectos más importantes es conocer qué genera la contaminación ambiental y sin duda se debe hacer referencia a las fuentes del ruido en la ciudad.

2. Las fuentes del ruido en la ciudad

La ciudad como un fenómeno derivado de la industrialización y la civilización moderna, ha creado una serie de actividades producto del desarrollo urbano que han tenido como consecuencia la formación de diversos tipos de fuentes sonoras que son las que generan el ruido en la ciudad.

La mayoría de los sonidos a los que estamos expuestos en nuestra vida cotidiana no repre-

sentan ninguna amenaza a nuestro confort o a nuestro sistema auditivo, sin embargo existen fuentes dañinas que potencialmente pueden causar pérdida de audición debido a los altos niveles sonoros y al tiempo de exposición a los que las personas puedan estar sujetas. A continuación se revisan distintos tipos de fuentes sonoras en las ciudades.

2.1. Actividades humanas

Toda actividad humana es necesariamente generadora de sonido, dependiendo del tipo de actividad ésta puede llegar a convertirse en ruido, el solo hecho de que existan grupos de personas realizando actividades donde sus voces se escuchen como pueden ser juegos deportivos, festividades, mítines políticos, actividades recreativas diurnas y nocturnas, actividades comerciales, son actividades que pueden generar molestia dependiendo del entorno en el que se desempeñen.

Otro aspecto son los establecimientos donde se desarrollan actividades humanas que generan sonido hacia el exterior como son los centros comerciales, salones de baile, entre otros y que pueden catalogarse como fuentes de ruido.

2.2. Fuentes de transporte

Las fuentes relacionadas con el transporte son grandes contribuidores al ambiente ruidoso de las ciudades, quedan incluidos los automóviles, las motocicletas, el transporte de carga, los

autobuses, los trenes y la aviación.

La aparición de los motores de combustión interna cambió definitivamente el paisaje auditivo de las ciudades, aunque desde la antigüedad se consideraba que el tráfico vehicular generaba ruido por la interacción entre las ruedas de las carretas y carruajes con las calles de piedra. Hoy en día la combinación de estos dos aspectos hace del tráfico vehicular la principal fuente de ruido en las grandes ciudades ya que los pavimentos, los neumáticos y los motores forman en conjunto dicha fuente. La situación de la población de las ciudades ante este medio de comunicación hoy indispensable, es que queda expuesta en un gran porcentaje al ruido que genera.

Cowan (1994: 228) indica que la población no solo está expuesta a los niveles exteriores de ruido generados por los medios de transporte, sino que también están expuestos como pasajeros al interior de dichos medios.

Un promedio de las emisiones de ruido tanto al exterior como al interior, según Cowan (1994) refiere, se pueden apreciar en la siguiente tabla (Tabla 3).

Si consideramos que la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1999 citado en KANG, 2007:33) recomienda niveles diurnos por debajo de los 50 dBA cualquier vehículo como los anteriormente indicados genera necesariamente molestia en la población.

Niveles de ruido al exterior y al interior de fuentes de ruido vehicular cotidianas

Vehículo	Niveles al exterior (dBA a 10 m)	Niveles al interior (dBA)
Automóvil	72-75	69-78
Autobús	82-87	-
Tren de carga	85-88	-
Tren de pasajeros	85-88	63-67
Metro	98-103	74 - 9
Camión	82-89	-
Avión (a 300 m)	96-113	75-85
Helicóptero (a 300 m)	79-99	85-95

Tabla 3. (Cowan, 1994: 229)

2.3. Industria

En el ámbito industrial y sobre todo cuando se trata de plantas industriales tenemos que considerar que nos enfrentamos a fuentes sonoras complejas, conformadas a su vez por fuentes puntuales como motores, bombas, engranajes, ventiladores y chimeneas entre otros; fuentes lineales como tuberías y bandas transportadoras; y emisores superficiales como muros exteriores de edificios, hornos, torres de enfriamiento y radiadores (Kang, 2007:168).

Una planta industrial representa de esta forma una fuente importante a considerarse. Lo ideal sería que las zonas industriales estuvieran aisladas, sin embargo en muchas ciudades existen zonas industriales mezcladas con otros usos urbanos. Es muy importante considerar que un complejo industrial al estar conformado con tantas fuentes de ruido es un riesgo a la salud auditiva de los empleados y visitantes a las mismas.

2.4. Construcción

Debido a la cada vez más creciente utilización de todo tipo de maquinaria en la industria de la construcción a nivel edificios, producción y mantenimiento de áreas públicas como son compresores, aplanadoras, excavadoras, taladros, bulldozers y revolventadoras de concreto, es importante tomar en cuenta la actividad de construcción como una fuente de ruido en las ciudades. Según Cowan (1994: 230) este tipo de maquinaria puede generar ruido de entre 80 dBA a 100 dBA a 3 m de distancia lo que las convierte potencialmente en fuentes sonoras dañinas al ser humano.

2.5. Actividad comercial

En las grandes ciudades la actividad comercial se lleva a cabo generalmente en concentraciones complejas, tanto en espacios abiertos como en edificios y conjuntos arquitectónicos cerrados. Cuando la actividad comercial se lleva a cabo en la vía pública la oferta de los productos se hace por medio de la voz o de la utilización de sistemas de refuerzo sonoro. Cuando esta actividad se mezcla con usos relacionados con la vivienda, zonas de trabajo y de equipamiento de tipo cultural y salud, se convierte en una fuente de ruido que genera molestias a las actividades circundantes, aunque en muchas ocasiones puede formar parte de la cultura de la población.

En centros comerciales generalmente el ruido se produce hacia el interior de los espacios mediante el uso de música ambiental, sistemas

de altavoz y el murmullo de las personas que ahí asisten.

2.6. Actividad recreativa

La actividad recreativa que puede considerarse fuente de ruido, generalmente implica la concentración de muchas personas realizando una actividad, así como los espectadores. Las actividades deportivas, los juegos al aire libre, los conciertos, las fiestas, los clubes nocturnos y salones de baile, y las arenas juegan un papel importante como fuentes de ruido en la ciudad.

Como se puede notar las fuentes de ruido producto de las actividades humanas y de las transformaciones físicas del entorno por el ser humano son los principales actores del ruido en la ciudad ya que sin ellos las emisiones sonoras estarían reducidas a un mínimo sin importancia.

Las fuentes de ruido en la ciudad contribuyen a la contaminación acústica de la misma ya que no se dan de forma aislada sino que es común que se mezclen entre ellas conformando de esta manera un paisaje sonoro complejo. La contaminación acústica representa también un grave problema para la población en términos de afectaciones económicas, sociales y culturales. En la siguiente sección se abordan los problemas del ruido en la ciudad.

3. Los problemas del ruido en la ciudad

Tratar de entender los problemas de ruido en la ciudad ha llevado a desarrollar esfuerzos im-

portantes encaminados hacia el control del ruido de las comunidades, teniendo como principal objetivo el reducir los niveles sonoros a niveles aceptables.

Generalmente se atribuye a la intensidad del sonido y a los parámetros estrictamente acústicos, como los causantes principales de las afectaciones que el ruido genera en el ser humano, pero existen ocasiones en que los factores que afectan a la población no implican necesariamente una alta intensidad del sonido o cualquier otro parámetro acústico.

En los últimos años se ha desarrollado investigación en el ámbito del ruido concentrándose en la forma en la que las personas conscientemente perciben su entorno incluyendo los aspectos, físicos, sociales, culturales, psicológicos y arquitectónicos (Kang, 2007: 43), ya que la población en muchas ocasiones no considera el nivel sonoro como un factor, sino que más bien se fija en el tipo de fuentes sonoras, en las características de los usuarios y en otros factores que juegan un papel importante.

Para algunos autores como Guski (1998), Berglund (1998), Job (1988) y Lercher (1998), (citado en Kang, 2007: 23) la evaluación de los niveles sonoros representa solamente un porcentaje que va del 20% al 30% de la molestia por ruido en los habitantes. Adicionalmente a los parámetros acústicos existen aspectos de orden social, psicológico que juegan un papel importante en la molestia del ruido en la población.

Los problemas de ruido al ser éste un fenómeno altamente subjetivo se pueden apreciar desde el punto de vista de la molestia del fenómeno en la población. La molestia por ruido es una actitud determinada tanto por factores acústicos como no acústicos y no es una queja. Los factores acústicos son el nivel absoluto, la duración, el espectro sonoro y sus fluctuaciones, los factores no acústicos son la adaptación, la interferencia con las actividades y las actitudes (Harris, 1995: 23.2).

Kang (2007: 23) se basa en varios autores para dar un panorama general de lo que es la molestia del ruido en la población y se refiere a los factores sociales, psicológicos y económicos de la siguiente manera: el primer aspecto es el miedo que se relaciona con el peligro, alguna fobia o alguna amenaza de afección a la salud. El segundo aspecto es cuando alguna persona es la causante del ruido por la dependencia económica del mismo y la probabilidad de ser castigada. El tercer aspecto es la sensibilidad al ruido, especialmente por cierto tipo de fuentes y ésta, según el autor, puede variar hasta en 10 dB entre distintos tipos de personas. El cuarto aspecto es la actividad donde el ruido aparece como más molesto para cierto tipo de actividades, como las comunicaciones orales, la audición del radio y las tareas intelectuales. El quinto aspecto es la percepción de un área específica donde la molestia puede incrementarse si una zona es percibida negativamente y también está influenciada por el estilo de vida

de ciertas personas para quienes el ruido es parte de su vida. En estos casos las personas pueden acostumbrarse y sentirse menos molestas.

El siguiente aspecto es la percepción del entorno incluyendo la interacción entre factores físicos y acústicos como el polvo, la luz, el olor, el viento y la temperatura, así como los factores visuales y el paisaje. Algunos autores que refiere Kang (2007: 24) han mostrado que las chimeneas industriales tienden a causar una mayor molestia, así como la vibración de una fuente sonora, en contraste, los árboles pueden reducir la molestia del ruido.

Kang (2007: 23) también refiere que existen estudios de tipo demográfico donde se han analizado por ejemplo el efecto de la edad en la molestia al ruido. La mayoría de los estudios sugiere por otro lado que el efecto del género no es importante, sin embargo, alguno menciona que los ruidos en frecuencias bajas molestan más a los hombres que a las mujeres. El número de personas en una vivienda parece que también afecta la molestia al ruido, donde por ejemplo, se sugiere que las personas que viven solas se sienten menos molestas que las que viven en familias grandes. Es importante aclarar que esta última observación tiene que ver con la naturaleza del ejercicio realizado en donde las personas encuestadas fueron todas sometidas al mismo ruido y dentro de la encuesta se clasificó a las personas de acuerdo a sus características personales.

En términos de educación, algunos estudios

muestran que no hay un efecto significativo en la molestia, pero otros estudios parecen sugerir que las personas con un nivel de educación superior se molestan ligeramente más, los ingresos y estatus económicos aparecen como insignificantes para la molestia y así es también el estado general de la salud.

Kang (2007: 24) documenta también estudios donde las diferencias regionales incluyendo la herencia cultural, los estilos de vida, los métodos de construcción y el clima, pueden influenciar la molestia por ruido, así se ha demostrado que el factor cultural es importante en la evaluación del ruido. En una comparación entre respuestas de comunidades de diversos países se han mostrado diferencias notables en la evaluación de la molestia debido a los factores culturales.

Otro aspecto importante que se reporta es el tamaño de la ciudad, donde a un nivel de ruido determinado los habitantes de poblaciones pequeñas parecen estar menos molestos que aquellos de las grandes comunidades urbanas.

En términos económicos se han hecho estudios donde el aspecto del ruido puede afectar el precio de las propiedades, donde inclusive se han desarrollado índices de depreciación por sensibilidad al ruido.

Hasta el momento se han abordado los problemas de carácter social, económico y psicológico, pero quizá el problema más importante que el ruido genera en una ciudad es el efecto de la

contaminación por ruido en los humanos, concretamente en la salud.

La contaminación de ruido nos puede afectar como seres humanos generando problemas de audición, como es el caso de la pérdida temporal o permanente del oído, por ejemplo las personas que trabajan en la vía pública por tiempos prolongados tienden a desarrollar una disminución en su capacidad de audición. Otra afección en los seres humanos pueden ser los problemas cardiovasculares ya que de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (www.euro.who.int, 2010) en presencia de ruido se llevan a cabo pequeños cambios en la circulación de la sangre incluyendo presión arterial, arritmia y vasoconstricción. En los últimos años estudios han generado la hipótesis de que un estrés persistente por ruido incrementa el riesgo de desordenes cardiovasculares incluyendo hipertensión y enfermedades del corazón.

Uno de los efectos más serios del ruido es la perturbación del sueño causando efectos inmediatos y a largo plazo en la salud mental y cardiovascular.

Un ambiente ruidoso que produzca más de 50 dB o 60 dB no permite que dos o más personas se comuniquen adecuadamente, interpretar el habla de una persona puede llegar a ser muy difícil. La exposición a sonidos intensos puede generar niveles de estrés elevados así como problemas de salud mental y agresividad, puede también ser un detonador de dolores de cabe-

za y hacer que la gente experimente ansiedad y tensión perturbándose así su balance emocional (www.buzzle.com, 2010).

No solo los humanos tienen afectaciones con el ruido, también los animales se ven afectados por él, como por ejemplo los pájaros en la ciudad se ven afectados en su canto al verse forzados a variarlo por efecto del enmascaramiento del ruido urbano, lo que afecta sus sistemas de comunicación, sus hábitos para reproducirse e inclusive puede llegar a la extinción de ciertas especies (Perdomo-Velázquez, 2009: 325).

4. Herramientas de análisis y evaluación del ruido urbano

Al tener identificadas las fuentes sonoras que provocan el ruido en la ciudad y los problemas que de ello se desprenden, es importante llevar a cabo estudios tendientes a identificar con detalle los niveles sonoros emitidos por diversas fuentes en las ciudades. Dos son los métodos que hoy se utilizan, el primero se refiere a tomar registros de los niveles sonoros mediante sonómetros y el segundo se refiere a la posibilidad de construir mapas de ruido tanto a partir de mediciones como de datos estadísticos de la actividad urbana.

4.1. Mediciones acústicas

Cómo su nombre lo indica, las mediciones acústicas consisten en realizar o en levantar un registro de los niveles sonoros en un lugar deter-

minado, cuando de ruido urbano se trata y debido a la configuración del espacio urbano que se puede dar a partir de espacios abiertos, grandes paramentos de edificios y vialidades de todo tipo, es necesario establecer un sistema de monitoreo de ruido (Fig. 1) que permita conocer los niveles sonoros que se dan a lo largo de todo el día. Esta información se puede analizar desde distintos puntos de vista, dependiendo del interés, y arrojar datos estadísticos del comportamiento sonoro en el tiempo, de un lugar determinado (Fig. 2 y 3).

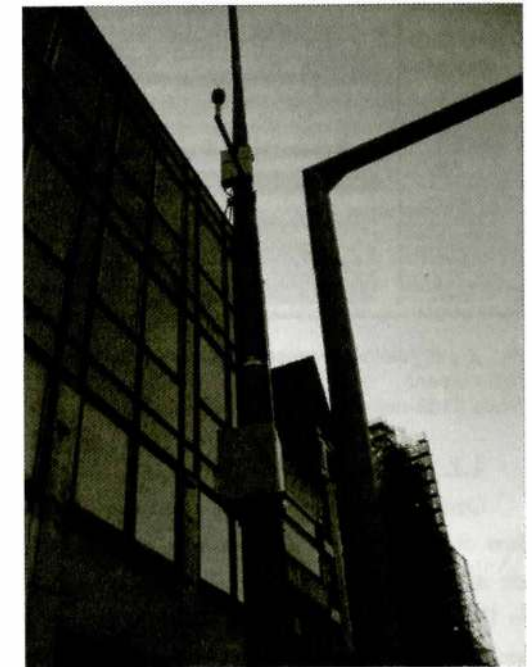


Fig 1. Sistema de monitoreo de ruido urbano. (www.01dB-metravib.com)

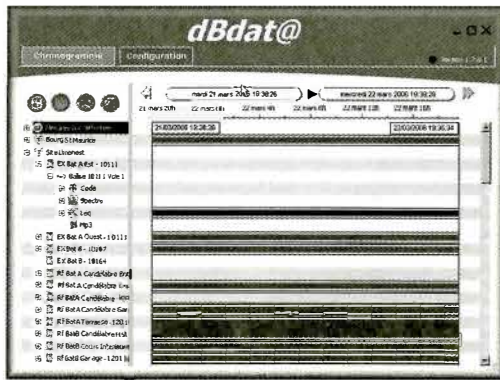
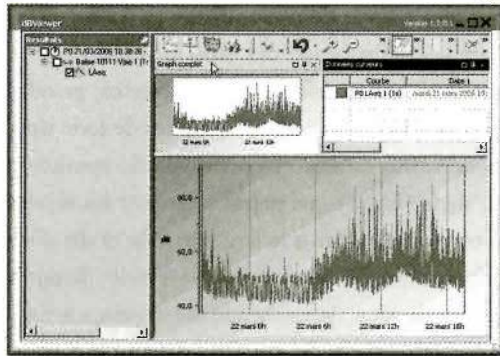


Fig. 2 y 3. Análisis y presentación del monitoreo de ruido urbano. (www.01dB-metravib.com)

4.2. Los mapas de ruido

Otro de los métodos para analizar y evaluar el ruido de las ciudades es la construcción de mapas estratégicos de ruido y de acuerdo a la Directiva Europea (2002) un mapa de ruido se define como “la presentación de datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en función de un indicador de ruido, en la que

se indicará el rebasamiento de cualquier valor límite pertinente vigente, el número de personas afectadas en una zona específica o el número de viviendas expuestas a determinados valores de un indicador de ruido en una zona específica” por mapa estratégico de ruido se entiende “un mapa diseñado para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada debido a la existencia de distintas fuentes de ruido, o para poder realizar predicciones globales para dicha zona”.

Los mapas de ruido son instrumentos fundamentales en la planeación estratégica de acciones para la reducción del ruido y un sustento para la toma de decisiones con base en información confiable ya que permite obtener información de los problemas de las ciudades en forma de descriptores acústicos para evaluar su impacto en la población; proporcionar a los funcionarios información objetiva para la toma de decisiones en políticas encaminadas a la reducción de los problemas de ruido; prever mediante predicciones el impacto de nuevos desarrollos sobre áreas sensibles al ruido; monitorear continuamente el avance de la aplicación de las políticas de control de ruido y servir como herramienta que muestre la tendencia del ruido ambiental en las ciudades.

Basados en una serie de algoritmos simplificados, existen paquetes de software que se han desarrollado para el mapeo de ruido a gran escala, tales como CadnaA, IMMI, LIMA, Noise-map, Predictor y Sound Plan. Todos ellos tienen

en común el cálculo de la propagación del ruido mediante el mapeo y la edición esquemática consistente en la introducción de datos geo-referenciados. La forma en que estos mapas muestran resultados es mediante gráficas de líneas isófonas que dan un panorama de la forma en que las distintas fuentes de ruido afectan tanto horizontal como verticalmente la ciudad (Fig. 4 y 5).

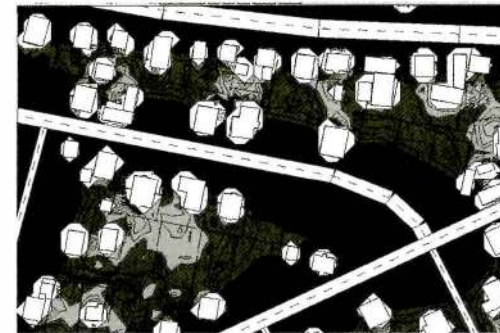


Fig. 4. Mapa de ruido en vista horizontal. (CadnaA v.4.0, 2010)

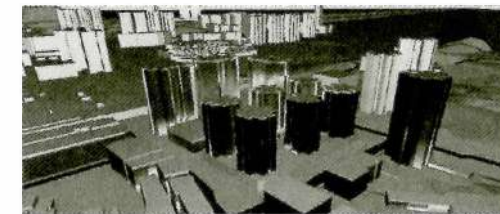


Fig. 5. Mapa de ruido en vista vertical 3D. (CadnaA v.4.0, 2009: 157)

5. Estrategias contra el ruido

Habiéndose identificado, analizado y evaluado los problemas de ruido en la ciudad, es ne-

cesario llevar acciones encaminadas a controlar el ruido. Cuando el ruido ya existe se requiere mitigarlo mediante acciones físicas y en aquellos lugares donde los problemas de ruido no son relevantes, es importante realizar una planeación encaminada a proteger dichas áreas. Sin embargo en todos los casos la acción más importante es prevenir los problemas de ruido mediante una planeación basada en políticas públicas generadas por la autoridad y también en el desarrollo de normas específicas.

5.1. Planeación, políticas públicas y normatividad

Las acciones que todo gobierno local o nacional lleve a cabo para mitigar por un lado y prevenir por otro los problemas que el ruido causa en una gran urbe, son definitivas para poderle dar un marco legal a las acciones específicas a nivel arquitectónico y urbano.

Los principales factores en una legislación ambiental de ruido incluyen los efectos adversos de salud pública y la molestia de los residentes en un área determinada (Kang; 2007: 32).

Para poder llevar a cabo una planeación adecuada de las acciones para el control y prevención del ruido en la ciudad, a nivel territorial y en el tiempo, deben poderse aplicar normas específicas basadas en políticas públicas generadas por las autoridades, por ejemplo, en la Unión Europea se ha generado un documento destinado para evitar, prevenir o reducir prioritariamente

te los efectos dañinos de la exposición al ruido ambiental.

El documento titulado "Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental" (2002), incluye el manejo de indicadores de ruido y métodos de evaluación, el cartografiado estratégico del ruido, los planes de acción que deben seguir las autoridades competentes de los estados miembros, la información de los ciudadanos enfocada en la realización de consultas públicas acerca de los planes de acción, la recolección y publicación de datos por los estados miembros y la comisión, la revisión y presentación de informes, la adaptación al progreso técnico y científico, la creación de un comité y la necesidad de la incorporación de las disposiciones a la legislación nacional de cada estado. A partir de aquí cada estado designa autoridades competentes responsables de la aplicación de la directiva para la elaboración y aprobación de mapas de ruido y los planes de acción para las aglomeraciones urbanas, grandes ejes viales, grandes ejes ferroviarios y grandes aeropuertos y la recopilación de toda esta información. Los estados aplicarán también los indicadores de ruido (L_{den}^1 y L_{night}^2) en la preparación y revisión de los mapas

1 L_{den} (indicador de ruido día-tarde-noche) es el indicador de ruido asociado a la molestia global, para una mayor descripción consulte el Anexo 1 de la Directiva 2002/49/CE.

2 L_{night} (indicador de ruido en periodo nocturno) es el

estratégicos de ruido, así como los métodos de evaluación que la comisión establezca, también obliga a los estados a garantizar la elaboración de planes de acción para afrontar en su territorio las situaciones relacionadas con el ruido y sus efectos incluyendo, si fuese necesario, la reducción del ruido.

Al existir este tipo de políticas los países generan legislación o reglas de autoridad basadas en la aplicación de normas las cuales pueden ser voluntarias u obligatorias dependiendo de quien la aplique.

La Organización Mundial de la Salud (WHO) ha enfrentado constantemente el problema del ruido comunitario mediante la administración de opciones de abatimiento del ruido, modelos de predicción, evaluación del control de fuentes sonoras y emitiendo normas para fuentes existentes y planeadas que evalúen la exposición al ruido y también realizando pruebas entre las normas emitidas y la exposición al ruido (Kang, 2007: 32).

Para el control de ruido existen organizaciones que han contribuido al desarrollo de normas acústicas, por un lado la europea ISO (International Standards Organization) con el apoyo de la IEC (International Electrotechnical Commission) y por otro las instituciones nortea-

indicador de ruido asociado a la alteración del sueño, para una mayor descripción consulte el Anexo 1 de la Directiva 2002/49/CE.

americanas como la ASTM (American Society for Testing and Materials) y la ANSI (American National Standards Institute) todas ellas con la participación de la ASA (Acoustic Society of America) y el INCE (Institute of Noise Control Engineering). Cada país puede generar sus propias normas nacionales que generalmente se basan en las normas internacionales emitidas por las agencias antes mencionadas (Rettinger, 1988: 78).

Las normas utilizadas en el ámbito del ruido ambiental se enfocan a fuentes de ruido de las comunidades urbanas en tres categorías: las fuentes móviles, las fuentes fijas y las fuentes intermitentes/temporales. Las fuentes móviles son aquellas que se mueven con respecto a un punto de referencia y generalmente se relacionan con vehículos como los automóviles, los autobuses, los camiones, los trenes y la aviación. Las fuentes fijas como su nombre lo indica, no se mueven con respecto a la ubicación de un punto de referencia y generalmente se relacionan con maquinaria o equipo mecánico, así como sistemas de ventilación, también quedan incluidos en esta categoría los gritos de las personas en una ubicación determinada, tales como los niños en los parques y los espectadores atendiendo conciertos o eventos deportivos. Las fuentes intermitentes temporales se refieren a la actividad de construcción ya que generalmente se componen tanto de fuentes fijas como de fuentes móviles (Cowan, 1994: 149-156).

Algunas de las normas internacionales que es importante tomar en cuenta para el ámbito del ruido ambiental son por ejemplo la ISO 1996-1:2003 y la ISO 1996-2:2007 que son normas que conciernen a la descripción y medición del ruido ambiental, la ISO 9613-2:1996 que describe como se puede calcular la propagación del ruido en exteriores para poder predecir los niveles de ruido ambiental a la distancia de diversas fuentes, la ISO 362-1:2007 y la ISO 362-2:2009 que especifican métodos para medición del ruido emitido por vehículos rodantes en diversas categorías en condiciones típicas de tráfico urbano y la ISO 5130:2007 para la medición de la presión sonora de vehículos rodantes en condiciones fijas. También la ASTM E1686-03 y la ASTM E1686-10 representan una guía para la selección y aplicación de mediciones y criterios de ruido ambiental. Algunos países en forma individual han desarrollado normas enfocadas a sus problemas específicos de ruido, es importante observar que una constante en la normatividad nacional e internacional es el establecimiento de métodos o pruebas que permitan unificar los datos que mediante ellas se obtienen.

5.2. Estrategias de diseño

En el ámbito del diseño el papel de los arquitectos y los urbanistas e inclusive de los diseñadores industriales es fundamental en el desarrollo de estrategias físicas para la disminución y el control del ruido.

En el ámbito urbano independientemente del diseño urbano propiamente dicho, es importante tomar en cuenta que se trata también de un paisaje y desde este punto de vista los dispositivos de control de ruido urbano suelen generar molestias visuales porque se dice que afectan al paisaje urbano. Si tomamos en cuenta que el estar en un espacio tranquilo y silencioso es un valor importante a alcanzar dentro de las estrategias de control de ruido, se pueden comparar dos situaciones de un mismo caso: estar en un espacio, por ejemplo un jardín urbano donde se busca la tranquilidad del paisaje, escuchando los sonidos naturales como el canto de los pájaros, a un lado de una vialidad, en un primer caso este espacio estaría abierto a la vialidad y en un segundo caso este espacio estaría frente a una protección tipo barrera que lo aislaría de la vialidad. Existen a quienes les ocasiona molestia el ruido de la vialidad y existen además a quienes les molesta la presencia visual de la barrera. Aparentemente el segundo caso con la barrera sería el más adecuado, pero como se puede observar en este ejemplo que aquí se ha descrito, el factor subjetivo tiene un importante efecto en la opinión de las personas.

Para los arquitectos y urbanistas, independientemente de los aspectos subjetivos que en sí ya están presentes en el diseño, es una responsabilidad el intervenir en el diseño de los dispositivos que permitan una mejor calidad de vida, al controlar el ruido urbano. Algunos ejemplos de

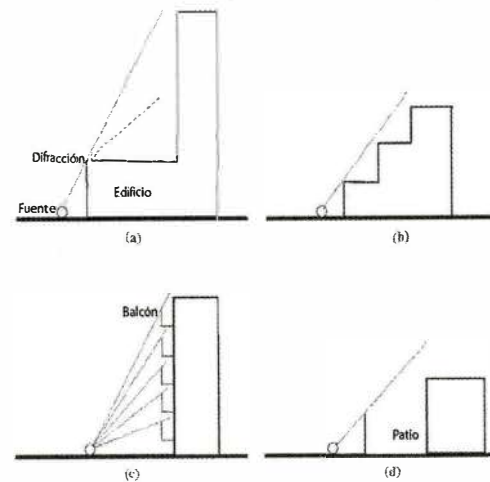


Fig. 6. Ejemplos de auto-protección de los edificios. (adaptado de Kang, 2007: 176)

ello se muestran a continuación.

En la figura 6 se muestran estrategias que los arquitectos pueden plantear al diseñar los edificios buscando proteger el interior de los mismos del ruido. A nivel urbano en la figura 7 se muestran ocho estrategias para proteger las edificaciones del ruido de vialidades transitadas, desde el alejamiento por distancia, pasando por la construcciones de túneles, taludes y barreras, hasta la modificación de las vialidades, ya sea deprimiéndolas o aplicándoles materiales flotantes o absorbentes. En este caso los arquitectos deben contribuir aplicando aislamientos correctos a los edificios como es el caso de los dobles acristalamientos.

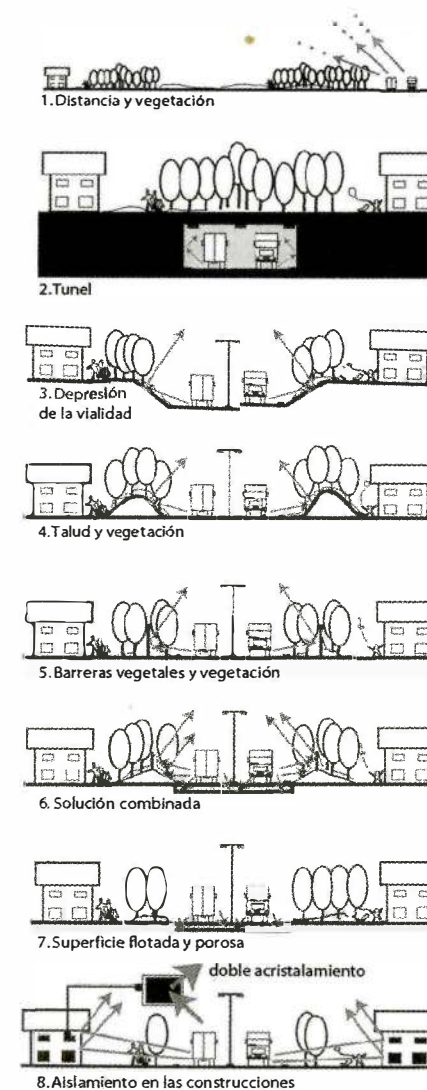


Fig. 7. Estrategias urbanas para mitigar el ruido. (adaptado de Kotzen y English, 1999: 32)

Todas estas estrategias de diseño urbano pueden conjuntarse para generar óptimas condiciones ambientales, sin embargo en estos casos es cuando el diseño debe ser muy cuidadoso para no afectar visualmente el paisaje urbano con la presencia de los diferentes dispositivos y soluciones respectivas.

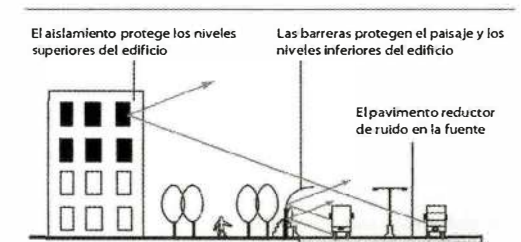


Fig. 8. Solución compuesta para la reducción del ruido. (adaptado de Kotzen y English, 1999: 8)

Un aspecto fundamental es el hecho de que los arquitectos, los urbanistas y cualquier disciplina asociada al diseño debe contar con profesionales que estén conscientes del problema del ruido en la ciudad para que sus acciones de diseño integren de manera natural soluciones relacionadas con el ruido urbano. Recordemos que los arquitectos y urbanistas tradicionalmente no toman en cuenta el ruido al efectuar el diseño de los espacios arquitectónicos y urbanos, y esto sucede principalmente por el hecho de que estas disciplinas del diseño están mucho más asociadas a los aspectos visuales que a los aspectos acústicos, para ello entonces es importante integrar en la educación de los arquitectos, urbanistas y

diseñadores el tema del ruido como un asunto de diseño.

6. Reflexión

El ruido en las ciudades es un problema que existe debido al desarrollo urbano de las mismas. La cantidad de actividades que en ella se dan inevitablemente generan ruido, pero es importante tomar en cuenta que aunque cuantitativamente el ruido sea clasificado como tal, en muchas ocasiones el ruido, por motivos culturales e inclusive artísticos, contribuye a conformar el carácter acústico de un espacio urbano determinado. Sin duda es una necesidad el considerar al ruido como una amenaza a la salud y al bienestar del ser humano, así como la intervención de las distintas disciplinas que a ello pueden ayudar.

Mejorar el diseño urbano de nuestras ciudades, desde el punto de vista del ruido, implica no solo diseñar protecciones contra él, sino una planeación integral que permita que los sonidos que emanen de la urbe se integren como elementos propios de la personalidad, la cultura y las actividades de los ciudadanos que en ella habitan buscando siempre evitar el daño y la perturbación de ellos.

Las grandes urbes de la República Mexicana están sujetas al mismo fenómeno que cualquiera de las grandes urbes del mundo: el ruido. Es importante que en México se vayan desarrollando estudios, acciones y políticas encaminadas a re-

visar el problema del ruido en las ciudades. Sin lugar a dudas la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) representa una conglomeración urbana que genera día con día niveles de ruido que afectan tanto en la salud como en el bienestar a sus habitantes. Es importante reflexionar acerca de este problema para iniciar acciones en el futuro cercano que pongan al país en los niveles de conciencia urbana y ecológica hoy tan necesarios.

Bibliografía

- Cowan, James P. *Handbook of Environmental Acoustics*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1994
- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Luxemburgo, 18.7.2002
- Egan, M. David. *Architectural Acoustics*. McGraw-Hill, New York, 1988
- Harris, Cyril M. *Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido*. McGraw-Hill/Interamericana de España, Madrid, 1995
- Kang, Jian. *Urban Sound Environment*. Taylor & Francis, Abingdon, OX, UK, 2007
- Kotzen, Benz & English, Colin. *Environmental Noise Barriers*. E & FN SPON, London, 1999
- Long, Marshall. *Architectural Acoustics*. Elsevier Academic Press, Burlington, MA, 2006

Perdomo-Velázquez, Héctor. *Máquinas vs pájaros: guerra acústica en la Isla Cozumel y sus implicaciones ecológicas*. Foro Mundial de Ecología Acústica, Conaculta-Fonoteca Nacional, México, 2009

Rettinger, Michael. *Handbook of Architectural Acoustics and Noise Control*. TAB BOOKS, Blue Ridge Summit, PA, 1988

Singh, Narendra y Davar, S.C. *Noise Pollution- Sources, Effects and Control*. J. Hum. Ecol., 16(3), 2004

WHO (World Health Organization), *Noise*. Disponible en www.euro.who.int/what_wedo/health_topics/environmental_health/_noise. Acceso diciembre de 2010.

WHO (World Health Organization), *Guía de valores para ruido comunitario en ambientes específicos*, en Kang, Jian. *Urban Sound Environment*. Taylor & Francis, Abingdon, OX, UK, 2007