

La exposición cotidiana al ruido ambiental: evaluación sonora en la ciudad de Alcoi (Alicante)

Miguel Alamar Penadés

Departamento de Matemáticas. Universidad Politécnica de Valencia

Amando García Rodríguez

Departamento de Física Aplicada. Universitat de València

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los efectos del ruido ambiental sobre la salud de las personas plantea siempre una dificultad básica: la evaluación precisa de la correspondiente exposición. Esta circunstancia es consecuencia del carácter generalizado con que se presenta el fenómeno de la contaminación sonora en los países industrializados: todos estamos sometidos a niveles más o menos elevados de ruido cuando nos encontramos en la calle o en los centros de trabajo, cuando estamos en nuestros hogares, cuando utilizamos un medio de transporte o cuando practicamos una actividad de tiempo libre. A lo largo de las últimas décadas se han llevado a cabo numerosas medidas de niveles de contaminación sonora en las zonas urbanas de muchos países de todo el mundo (O.C.D.E., 1986) (Brown y Lam, 1987). En fechas más recientes estas medidas se han realizado también en muchas ciudades de nuestro país, especialmente en las de tamaño grande y medio (Lara et al., 1995) (García, 1995).

La mayoría de estos trabajos han consistido en la realización de los "mapas sonoros" de las respectivas ciudades (medida de niveles sonoros en el exterior de las viviendas, a nivel de calle). Sin embargo, las investigaciones

sobre la exposición sonora a que están expuestos los ciudadanos en sus diferentes ambientes cotidianos son mucho más escasas. La mayoría de estos trabajos se han ocupado de la medida de niveles sonoros en los centros de trabajo o en ciertos lugares de ocio (discotecas, conciertos, etc.). Muy pocos de estos trabajos se han enfocado a la medida de las exposiciones personales a lo largo de todo el día, bajo condiciones absolutamente cotidianas (Kono et al, 1982) (Mishina et al., 1983). Estos estudios se suelen basar en la realización de medidas de dosimetría acústica en una muestra más o menos reducida de sujetos. Otra posibilidad podría consistir en medir los niveles medios de contaminación sonora existentes en diferentes ambientes, con el fin de tratar de evaluar la dosis sonora recibida por las personas que puedan permanecer en ellos, en función de los correspondientes tiempos de exposición (García y Bravo, 1994).

Como contribución a nuestro conocimiento de este problema, vamos a presentar en este trabajo los resultados más importantes obtenidos en una amplia serie de medidas de niveles de contaminación acústica realizadas en diferentes entornos y ambientes de Alcoi, una ciudad industrial situada al noroeste de la provincia de Alicante en una zona de orografía muy accidentada

(Alamar, 1995). Algunos barrancos muy profundos dividen esta ciudad en cuatro zonas bien diferenciadas: Centro, Norte, Ensanche y Santa Rosa. Nos parece interesante hacer constar también que en el transcurso de este estudio se ha desdoblado la carretera nacional que une Valencia con Alicante a su paso por esta ciudad y esta circunstancia ha influido considerablemente en los niveles sonoros medidos en las calles afectadas.

2. LOS NIVELES DE RUIDO EN LA VIA PUBLICA

Los niveles sonoros existentes en la ciudad de Alcoi se han evaluado en dos series de medidas, llevadas a cabo durante los años 1983 y 1992. Se han considerado un total de 136 puntos de medida diferentes, distribuidos por toda la ciudad según un reticulado regular de 100 metros de lado. Todas estas medidas tuvieron una duración de 10 minutos y se llevaron a cabo entre las 12.00 y las 14.00 horas en días laborables.

La primera serie de medidas (1983) se llevó a cabo durante los meses de Mayo y Junio, utilizando un sonómetro de precisión BK2206, con escala de ponderación A. Los niveles de ruido existentes en cada uno de los emplazamiento seleccionados se evaluaron en

base a una serie de lecturas instantáneas tomadas a intervalos regulares de tiempo (a razón de una lectura cada 10 segundos). Por consiguiente, durante los 10 minutos de medida se obtuvieron en cada estación 60 lecturas instantáneas, a partir de las cuales se calculó el valor del correspondiente nivel sonoro equivalente Leq. En tres de estos emplazamientos de medida (de características muy diferentes), se realizó un estudio más detallado de los niveles de contaminación sonora realizando medidas de 30 minutos de duración con un analizador estadístico de niveles de ruido BK4426 provisto de un registrador gráfico BK2306. Las diferencias entre los valores del índice Leq encontrados con ambos métodos de medida en dichas estaciones de control fueron siempre inferiores a 1 dBA, lo cual demuestra la validez del método simplificado utilizado en las medidas de prospección general.

La segunda serie de medidas (1992) se llevó a cabo en idénticas condiciones a las anteriores (misma época del año y hora de medida) y en los mismos puntos de medida. Sin embargo, en este caso se utilizó un sonómetro integrador BK 2230.

En la Tabla 1 se resumen los resultados encontrados en las dos series de medidas realizadas. En la misma tabla se indica también cómo ha evolucionado el número de habitantes y el parque de vehículos censados en este municipio entre dichos años.

En términos generales, se puede afirmar que los niveles sonoros diurnos medidos en la ciudad de Alcoi son bastante elevados. Por supuesto, los niveles sonoros medios son comparables con los encontrados en otras ciudades de nuestro país de tamaño medio y grande (García, 1995). Obsérvese que entre 1983 y 1992 el número de habitantes ha disminuido un tanto, mientras que el parque móvil ha aumentado apreciablemente (en 1993 existían unos 23.000 automóviles de turismo, 8.000 motocicletas y 3.000 vehículos pesados), llegando a alcanzar una relación de un vehículo cada 1,9 habitantes. El nivel sonoro equivalente medio ha disminuido casi 2 dBA en esos nueve años. Especialmente significativo es el hecho de que el porcentaje de es-

Variables	1983	1992
Habitantes	66,300	64,820
Vehículos	24,176	33,315
Valor medio Leq	69.5 dBA	67.8 dBA
Desviación típica	5.9 dBA	6.1 dBA
Leq < 65.0 dBA	21 %	33 %
Leq ≥ 65.0 dBA	79 %	67 %

Tabla 1

taciones de medida en las que se superan los 65 dBA se ha reducido en 12 puntos. Recordamos que este nivel sonoro (diurno) se suele considerar "inaceptable" para zonas residenciales por parte de diferentes organismos internacionales (O.C.D.E., 1986).

La tendencia encontrada en este trabajo, en el sentido de que se detecta una disminución en el número de zonas negras (emplazamientos con niveles sonoros equivalentes diurnos Leq > 65 dBA) y un aumento en el número de zonas grises (55 dBA < Leq < 65 dBA) coincide con la encontrada en otros trabajos similares a éste (Lambert, 1991) (Kozák, 1992) (García, 1995).

En la Tabla 2 que presentamos a continuación se comparan los resultados encontrados en las dos series de medidas realizadas en cada una de las cuatro zonas que hemos considerado en esta ciudad (valores medios de los niveles sonoros equivalentes encontrados en cada serie, con las correspondientes desviaciones típicas y niveles sonoros mínimo y máximo). Todos los resultados están expresados en dBA.

Obsérvese que aunque en cada una de las cuatro zonas urbanas consideradas se obtienen resultados peculiares, en todas ellas sin excepción se pone de manifiesto una reducción en los valores medios del nivel sonoro equivalente. Este resultado está relacio-

ZONA CENTRO (45 emplazamientos de medida):				
Año	Leq_{medio}	σ	Leq_{mínimo}	Leq_{máximo}
1983	69.1	5.8	54.8	80.5
1992	68.0	6.2	52.7	77.0
ZONA NORTE (29 emplazamientos de medida):				
Año	Leq_{medio}	σ	Leq_{mínimo}	Leq_{máximo}
1983	68.4	7.0	54.4	80.9
1992	66.4	7.3	51.1	83.2
ZONA DEL ENSANCHE (29 emplazamientos de medida):				
Año	Leq_{medio}	σ	Leq_{mínimo}	Leq_{máximo}
1983	70.2	5.5	57.9	79.6
1992	68.7	6.1	56.5	79.7
ZONA DE SANTA ROSA (33 emplazamientos de medida):				
Año	Leq_{medio}	σ	Leq_{mínimo}	Leq_{máximo}
1983	70.2	5.4	58.7	81.3
1992	67.8	5.0	58.1	76.9

Tabla 2

nado con el hecho de que en un porcentaje significativo de emplazamientos (entre el 56% y 76%, dependiendo de la zona urbana considerada) los valores medios de los niveles sonoros equivalentes diurnos Leq han experimentado una disminución apreciable durante los años citados.

Como complemento de las medidas puntuales realizadas en la vía pública, se han llevado a cabo una serie de medidas continuas de valores horarios de niveles sonoros a lo largo de las 24 horas del día (durante varios días consecutivos) en diez emplazamientos diferentes de la ciudad, representando una amplia variedad de condiciones urbanas, con el objeto de estudiar su evolución a lo largo del día, las diferencias existentes entre el periodo diurno y nocturno y las posibles diferencias existentes entre los días laborables y los festivos.

En la tabla 3 resumimos los resultados más importantes obtenidos en cada uno de estos diez emplazamientos. En cada caso se indican los valores mínimo y máximo de los respectivos valores horarios de los niveles sonoros equivalentes Leq, así como el día y la hora en que se han encontrado tales valores extremos. En la misma tabla se indican también los valores medios del Leq horario medidos en cada emplazamiento, así como los valores de las correspondientes desviaciones típicas. En la tabla se resaltan los valores extremos de cada uno de estos índices. Todos los datos están expresados en dBA.

Los anteriores resultados de la tabla 3 ponen de manifiesto que los valores más bajos de los niveles sonoros equivalentes horarios corresponden a periodos nocturnos entre las 2.00 y las 5.00 horas, predominando el intervalo de 3.00 a 4.00 horas. Por el contrario, como era de esperar, los valores más elevados corresponden en general a los periodos horarios en los que se producen las entradas y salidas del trabajo, es decir, entre las 8.00 y 9.00 horas, las 13.00 y 15.00 horas, y las 18.00 y 20.00 horas. Cabe destacar que en dos de los emplazamientos considerados en nuestra muestra (situados en zonas de ocio, con abundancia de pubs, restaurantes y bares), los niveles sonoros equivalentes más

Mínimo (Día) (Hora)	Máximo (Día) (Hora)	Medio (σ)
43.0 (Vi) (03-04)	72.9 (Vi) (08-09)	62.2 (9.5)
Mínimo (Día) (Hora)	Máximo (Día) (Hora)	Medio (σ)
51.8 (Lu) (03-04)	75.9 (Ma) (11-12)	70.7 (4.7)
Mínimo (Día) (Hora)	Máximo (Día) (Hora)	Medio (σ)
60.5 (Lu) (02-03)	74.0 (Ma) (19-20)	69.6 (3.5)
Mínimo (Día) (Hora)	Máximo (Día) (Hora)	Medio (σ)
60.3 (Lu) (03-04)	75.8 (Lu) (08-09)	70.5 (4.0)
Mínimo (Día) (Hora)	Máximo (Día) (Hora)	Medio (σ)
39.1 (Mi) (03-04)	68.1 (Mi) (13-15)	58.7 (7.4)
Mínimo (Día) (Hora)	Máximo (Día) (Hora)	Medio (σ)
52.9 (Ju) (03-04)	73.1 (Vi) (13-14)	66.3 (5.0)
Mínimo (Día) (Hora)	Máximo (Día) (Hora)	Medio (σ)
58.9 (Ma) (04-05)	74.4 (Mi) (19-20)	68.9 (3.9)
Mínimo (Día) (Hora)	Máximo (Día) (Hora)	Medio (σ)
53.1 (Ma) (04-05)	79.7 (Sa) (21-22)	71.8 5.4
Mínimo (Día) (Hora)	Máximo (Día) (Hora)	Medio (σ)
57.8 (Vi) (04-05)	74.7 (Vi) (18-19)	69.2 (3.8)
Mínimo (Día) (Hora)	Máximo (Día) (Hora)	Medio (σ)
42.3 (Ma) (03-04)	72.7 (Do) (01-02)	61.6 (6.5)

Tabla 3

elevados se producen durante la noche del sábado al domingo.

Nuestro trabajo ha puesto de manifiesto, una vez más, que la fuente sonora más importante y generalizada en los medios urbanos es el tráfico rodado. Como resultado de los numerosos estudios sobre la contaminación acústica, se sabe que el nivel de ruido producido por el tráfico depende fundamentalmente de la densidad del tráfico, del tipo de vehículos que lo constituyen, de su estado general y condiciones de utilización, de la velocidad de los vehículos, de la anchura, tipo de pavimento y pendiente de la calle (Lamure, 1975) (Nelson, 1987).

La variable más significativa es, con mucho, el logaritmo decimal de la densidad del tráfico. La relación entre el nivel sonoro continuo equivalente Leq (dBA) y el logaritmo decimal de la den-

sidad de tráfico rodado Q (veh/hr) en las dos series de medidas realizadas en la ciudad de Alcoi viene dada por las siguientes expresiones:

Año 1983:

$$\text{Leq} = 53.5 + 7.6 \log Q; r = 0.72$$

Año 1992:

$$\text{Leq} = 45.6 + 9.2 \log Q; r = 0.82$$

Estas ecuaciones son perfectamente comparables con las obtenidas por diferentes autores en otras ciudades de nuestro país. A título de ejemplos, reproducimos a continuación algunas de estas expresiones, indicando la fecha en que fueron llevadas a cabo las respectivas medidas:

Valencia (1980):

$$\text{Leq} = 52.8 + 6.8 \log Q r = 0.70$$

Gandía (1984):

$$Leq = 44.8 + 9.8 \log Q; r = 0.83$$

Valladolid (1985):

$$Leq = 47.6 + 7.8 \log Q; r = 0.85$$

Zaragoza (1988):

$$Leq = 49.4 + 5.9 \log Q; r = 0.75$$

Posiblemente el resultado más importante de nuestras medidas sea el relativo a la clara disminución del nivel sonoro urbano medio a lo largo de la última década, a pesar de que durante estos años el número de vehículos censados en la ciudad ha experimentado un incremento muy notable. Esta tendencia puede atribuirse a las mejoras tecnológicas y al rejuvenecimiento general experimentado por el parque de vehículos. Cabe señalar que aunque la edad media de los vehículos censados en la ciudad de Alcoi ha experimentado un descenso importante durante estos últimos años, dicha edad media se sitúa todavía en unos 10 años.

Sin duda alguna, la creación de las Estaciones de Inspecciones Técnicas de Vehículos (ITV) han jugado un papel positivo en este problema (retirada de los automóviles más antiguos, mejoras en la puesta a punto, etc.). De todos modos, los ciclomotores escapan a estas revisiones y realmente son el vehículo sobre el que más quejas se producen, ya que sigue siendo práctica muy frecuente la sustitución de los silenciadores originales por otros tipos no adecuados para circular por la ciudad.

3. EL RUIDO EN EL INTERIOR DE LAS VIVIENDAS

Los niveles sonoros existentes en el interior de las viviendas están originados por la inmisión del ruido producido por las fuentes de ruido externas (tráfico, instalaciones próximas, vecinos, etc.) y las existentes en la propia vivienda (electrodomésticos, voces, etc.).

En nuestro caso, la realización de medidas en este sentido se ha llevado a cabo a lo largo de las 24 horas del día utilizando un analizador de niveles sonoros BK4426 y una impresora alfanumérica BK2312. Las observaciones se

	L1	L10	L50	L90	L99	Leq
Valor medio	60.9	51.6	42.6	37.0	34.3	50.6
σ	10.5	12.1	11.5	10.1	8.8	10.1

Tabla 4

han llevado a cabo en una muestra de siete viviendas diferentes, con un total de 576 horas de medida. Se han considerado tanto viviendas vacías como ocupadas. Los valores medios (medias aritméticas) de los diferentes índices percentiles Lx y del nivel sonoro equivalente Leq, así como sus correspondientes desviaciones típicas, expresados en dBA, se recogen en la tabla 4.

Los niveles sonoros medidos en el interior de viviendas vacías dependen de factores tales como el emplazamiento de dichas viviendas, la situación de la habitación en que se coloca el micrófono (a la fachada o al interior del edificio) y la hora en que se lleva a cabo la medida. Refiriéndonos a los valores horarios del nivel sonoro equivalente Leq encontrados en estas medidas, indicaremos que variaban entre 26.3 y 69.0 dBA. El valor mínimo corresponde a la medida realizada en una vivienda situada en una zona relativamente tranquila, durante la noche, concretamente entre las 3.00 y las 4.00 horas. El valor máximo corresponde a una vivienda situada en una zona bastante ruidosa, entre las 18.00 y 19.00 horas.

Como es natural, los niveles sonoros medidos en una vivienda ocupada son siempre mucho mayores que los existentes en esa misma vivienda cuando se encuentra vacía. Estos niveles muestran una gran variabilidad, dependiendo del número de personas que

ocupan la vivienda y de sus comportamientos. En nuestro caso, los niveles horarios Leq encontrados variaban entre 36 y 81 dBA. El valor mínimo se obtuvo en un salón-comedor durante el periodo nocturno (entre las 3.00 y 4.00 horas), en tanto que el máximo correspondía a una cocina en plena actividad y en periodo diurno (entre las 13.00 y 14.00 horas).

4. EL RUIDO EN EL INTERIOR DE LOS VEHICULOS

Pese a constituir una parcela importante en la vida cotidiana, sobre todo en las grandes ciudades (donde los desplazamientos por razones de trabajo o de ocio constituyen una parte importante de la jornada de muchas personas), existen muy pocos estudios al respecto (Kono et al., 1982). A efectos de comparación, recogemos en la tabla 5 los resultados encontrados por estos autores en diferentes ciudades japonesas y tomando en consideración diferentes vehículos de transporte (valores expresados en dBA).

Nuestra aportación a este tema se ha basado en la realización de una amplia serie de medidas de niveles sonoros en el interior de una muestra reducida de automóviles y furgonetas (diferentes tipos y marcas, en ciudad y ca-

	Sendai	Tokyo	Nagoya	Total
Andando, Bicicleta	75.7	69.6	74.7	74.2
Coche Particular	73.0	72.1	75.4	73.9
Motocicleta	82.5	-	77.8	82.2
Autobús	76.7	75.1	77.4	76.8
Tren Eléctrico	75.9	76.4	78.5	76.6
Metro	-	77.2	81.2	79.6
Total	75.40,	75.6	77.5	76.1

Tabla 5

	Automóviles	Furgonetas
Ciudad	69.4 (3.7)	86.6 (3.1)
Carretera	75.9 (4.0)	90.8 (5.9)
Total	73.9 (5.9)	89.8 (5.6)

Tabla 6

	Motor	Leq _{min}	Leq _{máx}	Leq _{medio}	(σ)
Autobús 15	Pegaso 5317 (Trasero/Turbo)	65.0	78.0	73.2	(2.8)
Autobús 11	Pegaso 5064 (Delantero/Atmosf.)	68.5	81.0	76.2	(3.4)
Autobús 34	Pegaso Comet (Delantero/Atmosf.)	76.5	90.0	85.0	(3.9)
Total				76.8	(5.4)

Tabla 7

retera), autobuses (tramos urbanos e interurbanos) y ferrocarriles (líneas de recorrido medio y de cercanías).

El valor medio de los niveles sonoros equivalentes Leq existentes en el interior de automóviles de turismo en trayectos urbanos (medidas realizadas con el sonómetro integrador BK2226) resultó ser del orden de 74 dBA. En el caso de furgonetas, los niveles sonoros medidos fueron muy superiores a este valor, aproximándose a los 90 dBA. Se ha observado también que los niveles sonoros equivalentes medios correspondientes a recorridos por carretera superan a los medidos para esos mismos vehículos en recorridos urbanos en unos 7 dBA para los automóviles y en 4 dBA para las furgonetas.

En la tabla 6 se presenta un resumen de los resultados encontrados en

este tipo de medidas (valores medios del nivel sonoro equivalente y desviaciones típicas en dBA).

En el estudio realizado del nivel sonoro en el interior de los autobuses urbanos, el nivel sonoro equivalente medio ha sido del orden de 77 dBA, con una elevada dispersión, del orden de 12 dBA, entre los resultados encontrados para diferentes tipos de vehículos y recorridos. En la tabla 7 se recoge el resumen de los resultados obtenidos en este caso (en dBA).

También se han realizado medidas de niveles sonoros en el interior de un autobús con motor trasero turboalimentado durante un desplazamiento interurbano largo (Alcoi-Valencia). Estas medidas se realizaron con un sonómetro integrador BK2226. En la tabla 8 se presenta un resumen de los

	Leq _{medio}	(σ)
Montaña	82.8	(0.9)
Llano	78.6	(1.2)
Autopista	83.7	(1.0)
Total	79.5	(3.5)

Tabla 8

resultados encontrados en estas medidas, según las diferentes zonas del citado recorrido (datos expresados en dBA).

En la tabla 9 se recogen los resultados obtenidos en este tipo de medidas para diferentes líneas y tipos de trenes. En particular, llamamos la atención sobre el hecho de que en el recorrido Alcoi-Valencia, el valor medio del nivel sonoro equivalente medido en el interior de un vagón del ferrocarril fue unos 6 dBA menor que el valor antes citado, aunque el tiempo invertido en el viaje en tren resulta ser prácticamente el doble que en autobús.

5. EL RUIDO EN LOS LUGARES DE TRABAJO

Los centros de trabajo son lugares en los que se suelen producir niveles sonoros particularmente elevados. Esto es cierto, sobre todo, en sectores industriales tales como el metal, la madera o el textil, entre otros. El ruido ambiental en los centros laborales está originado fundamentalmente por los diferentes tipos de máquinas existentes en esos lugares y, en general, por toda su actividad interna, cualquiera que sea su naturaleza. Algunos autores han estimado que, en nuestro país, unos 2 millones de trabajadores en diferentes sectores de actividad están expuestos a niveles de ruido superiores a 80 dBA y que son más de 500.000 los trabajadores expuestos a niveles sonoros superiores a 90 dBA (Gómez-Cano, 1992).

El presente estudio ha consistido fundamentalmente en la medida de los niveles de exposición al ruido laboral en 191 puestos de trabajo, en 39 empresas diferentes de la comarca (textil, alimentación, construcción, juguetes, madera, metal, etc.). En cada caso, uti-

Recorrido	Tipo	Leq _{medio} (s)	Leq _{min}	Leq _{máx}
Alcoi-Onteniente	Automotor	79.8 (2.0)	76.5	82.5
Valencia-Burjasot	Eléctrico	87.3 (3.8)	80.5	92.0
Valencia-Gandía	Automotor	70.9 (4.4)	66.8	85.3
Alcoi-Játiva	Automotor	73.1 (0.4)	72.6	73.8
Játiva-Alcoi	Automotor	67.3 (1.6)	65.3	69.7
Játiva-Valencia	Eléctrico	76.8 (2.5)	71.8	79.9
Valencia-Játiva	Eléctrico	77.9 (1.2)	76.4	79.6
Alcoi-Valencia	Autom/eléctr.	73.2 (4.5)	65.3	79.9

Tabla 9

lizando el sonómetro integrador BK2226, se han llevado a cabo 10 medidas diferentes del nivel sonoro equivalente Leq (la duración de cada una de las medidas realizadas ha sido de 60 segundos, un tiempo suficiente a efectos de prospección).

El valor medio de todos los niveles Leq medidos ha sido 83.4 dBA, con una desviación típica de 10.8 dBA. En un 30 % de los puestos de trabajo considerados en la muestra, los valores del Leq han sido inferiores a 80 dBA, en un 20 % de dichos puestos los valores del Leq se han situado entre 80 y 85 dBA (1er supuesto del Real Decreto 1316/1989), en un 20 % de dichos puestos los valores se han situado entre 85 y 90 dBA (2º supuesto) y en el 30 % restante los valores del Leq han superado los 90 dBA (3er supuesto del citado Real Decreto). Cabe señalar que en un 27 % de estos puestos de trabajo los niveles se situaban entre 90 y 100 dBA y en el 3 % restante se superaban incluso los 100 dBA.

La selección de la muestra estudiada se ha basado fundamentalmente en criterios de tipo práctico (accesibilidad a las empresas). Por consiguiente, los resultados obtenidos en estas medidas tienen un carácter puramente ilustrativo y no pueden ser extrapolados al conjunto de los sectores laborales considerados. Aunque la variabilidad de los resultados encontrados es muy alta, podemos afirmar que los niveles sonoros medios a que se ven sometidos muchos trabajadores en algunos sectores industriales son extraordinariamente elevados.

En la siguiente tabla presentamos un resumen de los resultados encontrados en las medidas de niveles sonoros equivalentes en diferentes puestos de trabajo de cuatro empresas del sector de la industria de alimentación.

En la empresa A el nivel de exposición mínimo corresponde al puesto de trabajo de recepcionista, y el máximo corresponde al molino de plástico para la fabricación de botellas y garrafas (este último caso corresponde en realidad al interior de una cabina cerrada, en la que el operario de turno entra de vez en cuando para accionar unos mandos de

Tipo de Empresa	Puestos	Leq_{medio} (σ)	$Leq_{min.}$	$Leq_{máx.}$
A. Envasado de aceite	10	83.3 (12.9)	59.3	106.0
B. Pastelería industrial	5	83.4 (3.9)	76.5	85.8
C. Pastelería industrial	13	77.2 (9.5)	59.2	86.3
D. Fábrica de zumos	14	86.4 (9.3)	67.1	100.8

Tabla 10

Tipo de Empresa	Puestos	Leq_{medio} (σ)	$Leq_{min.}$	$Leq_{máx.}$
Fábrica de mármol	11	91.2 (6.9)	81.6	103.1

Tabla 11

Tipo de Empresa	Puestos	Leq_{medio} (σ)	$Leq_{min.}$	$Leq_{máx.}$
A. Metal-Plástico	3	86.6 (9.7)	75.6	93.7
B. Metal-Plástico	12	78.9 (9.3)	61.2	90.5
C. Plástico	6	70.3 (7.1)	61.2	82.4

Tabla 12

Tipo de Empresa	Puestos	Leq_{medio} (σ)	$Leq_{min.}$	$Leq_{máx.}$
A. Fábrica de guitarras	6	80.6 (8.0)	73.3	92.1
B. Fábrica de muebles	1	82.9 (2.7)	-	-
C. Fábrica de muebles	10	92.9 (3.3)	86.2	97.6
D. Carpintería	1	90.2 (0.9)	-	-
E. Carpintería	1	89.8 (4.5)	-	-
F. Fábrica de tableros	7	83.7 (8.4)	71.3	99.1

Tabla 13

control). En la empresa B el nivel mínimo se obtiene en la sección de tortas imperiales, y el máximo en la sección de hojaldré. En la empresa C el nivel mínimo corresponde nuevamente a recepción, y el máximo a la sección de compresores en la que tampoco hay un trabajador de forma continua. Por último, en la empresa D el nivel mínimo corresponde al laboratorio químico, y el máximo a una sección de compresores.

En el sector de la construcción, sólo se han medido niveles de ruido en una industria dedicada a la fabricación de mármol artificial. Resumimos a continuación los resultados encontrados en estas medidas:

El nivel de exposición sonora más bajo corresponde a la amasadora, y el más elevado al corte transversal de las piezas de mármol.

En la industria juguetera el nivel sonoro equivalente medio de los 21 puestos de trabajo incluidos en nuestra muestra ha sido de 77.5 dBA, con una desviación típica de 9.9 dBA. En la siguiente tabla se recogen los resultados encontrados en cada una de las empresas estudiadas en este trabajo:

En la empresa A el nivel mínimo corresponde a la sección de plástico, y el máximo al corte de tubos metálicos. En la empresa B el nivel mínimo corresponde a las oficinas, y el máximo al mecanizado de piezas metálicas. Y en la empresa C el nivel mínimo corresponde al almacén y el máximo a la inyección de plástico.

En el sector de la madera el nivel sonoro equivalente medio de los 26 puestos de trabajo incluidos en nuestra muestra ha sido de 87.0 dBA, con una desviación típica de 7.9 dBA. Por em-

Tipo de Empresa	Puestos	Leq _{medio} (σ)	Leq _{mín.}	Leq _{máx.}
Fábrica de lejía	8	72.5 (17.1)	47.9	94.5

Tabla 14

Tipo de Empresa	Puestos	Leq _{medio} (σ)	Leq _{mín.}	Leq _{máx.}
A. Fca. de maquinaria	4	89.8 (6.7)	81.3	97.7
B. Fund. bronce-aluminio	1	75.5 (2.7)	-	-
C. Fundición hierro	3	81.4 (6.2)	77.7	88.5
D. Fca. de maquinaria	1	80.1 (3.2)	-	-
E. Fca. de maquinaria	6	81.1 (12.6)	75.6	86.9

Tabla 15

Tipo de Empresa	Puestos	Leq _{medio} (σ)	Leq _{mín.}	Leq _{máx.}
A. Automóviles	1	73.3 (3.5)	-	-
B. Automóviles	2	72.2 (15.3)	61.4	83.0
C. Camiones	4	89.8 (15.1)	69.0	102.3
D. Camiones	4	87.6 (6.6)	81.0	95.5
E. Automóviles	4	69.7 (2.0)	68.5	72.8

Tabla 16

Tipo de Empresa	Puestos	Leq _{medio} (σ)	Leq _{mín.}	Leq _{máx.}
A. Tinte	1	78.4 (1.4)	-	-
B. Hilatura	2	86.0 (5.6)	82.0	89.9
C. Telares	1	96.3 (5.8)	-	-
D. Hilatura y Tinte	12	88.6 (4.7)	82.5	95.4
E. Telares	1	93.0 (3.4)	-	-
F. Hilatura	7	86.2 (7.4)	71.4	93.0
G. Telares	1	94.9 (3.4)	-	-
H. Hilatura	7	90.5 (3.9)	85.5	94.9
I. Telares	1	90.8 (2.1)	-	-
J. Telares	1	96.2 (3.8)	-	-
K. Hilatura	3	92.9 (7.0)	85.3	99.0
L. Confección punto	11	71.9 (13.8)	49.2	93.3
M. Telares	4	87.8 (5.3)	82.7	93.5
N. Telares	1	99.0 (2.2)	-	-

Tabla 17

presas el resultado ha sido el siguiente:

En la empresa A el nivel Leq mínimo corresponde al almacén y a la sección de acabados, y el máximo a una sierra. En la empresa C el nivel mínimo

corresponde a una de las sierras de cinta, y el máximo a una de las cepilladoras. Finalmente, en la empresa F el nivel mínimo corresponde al laboratorio químico, y el máximo a una lijadora.

Por lo que se refiere al sector de industrias químicas, sólo se han realizado medidas de niveles de ruido ambiental en una industria dedicada a la fabricación de lejía y detergentes, con el siguiente resultado:

En este caso, el nivel mínimo corresponde al laboratorio y el máximo al molino de plástico para la fabricación de botellas.

En el sector del metal se han realizado medidas en cinco industrias diferentes. El nivel sonoro equivalente medio de los 15 puestos de trabajo estudiados ha sido de 83.0 dBA, con una desviación típica de 6.6 dBA. Los resultados encontrados en cada una de estas empresas se resumen en la siguiente tabla:

En la empresa A el nivel Leq mínimo corresponde a la sección de tornos, y el máximo al pulido de piezas metálicas. En la empresa C el mínimo corresponde al horno y el máximo al desbarbado de las piezas de fundición. En la empresa E el mínimo corresponde al puesto de trabajo de mandrinador, y el máximo al montaje y soldadura.

En el sector de los talleres de reparación de vehículos pesados y vehículos ligeros, se han estudiado 15 puestos de trabajo en 5 empresas diferentes. El nivel sonoro equivalente medio de los 15 puestos de trabajo incluidos en la muestra es de 80.4 dBA, con una desviación típica de 12.7 dBA. Por empresas, los resultados obtenidos en las medidas han sido los siguientes:

En este tipo de empresas son destacables los niveles máximos alcanzados en los bancos de prueba de las bombas de inyección lineales de los motores diesel a 1,000 r.p.m., en los que se han medido niveles Leq de 95.5 y 102.3 dBA.

Finalmente, en el sector del textil se han estudiado un total de 53 puestos de trabajo en 14 empresas diferentes. El valor medio de los niveles sonoros equivalentes medidos en este sector ha sido de 85.7 dBA, con una desviación típica de 10.7 dBA. En la siguiente tabla resumimos los resultados encontrados en cada una de las empresas:

Una particularidad a destacar en este tipo de industrias es el hecho de que la mayoría de ellas trabajan de forma continua las 24 horas del día,

con tres turnos de ocho horas. La variabilidad temporal de los niveles sonoros Leq medidos en cada una de las máquinas es extraordinariamente baja. Todo ello lleva consigo que los niveles medios diarios de exposición sonora que soportan los trabajadores de este sector son muy elevados.

6. EL RUIDO EN LOS LUGARES PUBLICOS

Salvo algunas excepciones concretas (por ejemplo, los resultados de medidas de niveles sonoros en pubs y discotecas), los datos publicados sobre niveles de contaminación sonora en lugares públicos son muy escasos. En el presente estudio hemos llevado a cabo una serie reducida de este tipo de medidas en tres ambientes muy diferentes: establecimientos públicos (comercios y oficinas), lugares de ocio (bares, cines, discotecas, etc.) y fiestas populares (Moros y Cristianos). Todas estas medidas han sido realizadas con un sonómetro BK2226 y su duración ha sido de 10 minutos. En alguno de los ambientes considerados, se han realizado medidas continuas de más larga duración (a lo largo de 24 horas o más tiempo) utilizando un analizador estadístico BK4426 y una impresora alfanumérica BK2312.

Los valores de niveles sonoros equivalentes Leq encontrados en diferentes comercios y oficinas variaban entre 60 y 84 dBA, con un valor medio de 71.4 dBA. En la siguiente tabla se recogen los niveles sonoros en dBA obtenidos en este caso:

Las medidas realizadas en diferentes bares de la ciudad proporcionaron valores del nivel sonoro equivalente Leq comprendidos entre 71 y 91 dBA, con un valor medio de 79.3 dBA. Las medidas realizadas en el interior de un cine mostraban valores del Leq comprendidos entre 71 y 89 dBA, con un valor medio de 78.6 dBA. En un partido de fútbol, los valores del Leq estaban comprendidos entre 72 y 94 dBA, con un valor medio de 82.9 dBA. En una discoteca, los valores del Leq variaban entre 100 y 106 dBA, con un valor medio de 102.8 dBA. Las medidas realizadas durante una carrera de motoci-

Tipo de Empresa	Leq_{medio} (σ)	$Leq_{mín.}$	$Leq_{máx.}$
Almacenes	72.8 (2.5)	69.0	77.5
Supermercado Grande	65.3 (3.7)	60.0	71.0
Supermercado Pequeño	80.8 (1.8)	78.0	84.0
Mercado San Mateo	73.6 (5.0)	68.0	81.5
Carnicería	73.0 (3.9)	68.0	80.5
Juguetes	74.5 (2.5)	69.5	77.5
Oficina Pública	67.6 (1.5)	65.0	69.5
Colegio Oficial Peritos	70.0 (2.9)	65.5	74.0
Delegación Hacienda	65.4 (2.7)	60.0	69.0
Tienda Deportes	63.7 (1.2)	61.6	65.3
Agencia Viajes	65.7 (1.7)	62.7	67.5
Tienda Equipos Música	63.2 (2.2)	59.0	65.3
Farmacia	70.3 (1.3)	67.9	71.9
Farmacia de Guardia	62.9 (9.9)	42.9	73.8

Tabla 18

cletas en un circuito urbano, proporcionaron valores del Leq comprendidos entre 100 y 105 dBA, con un valor medio de 102.5 dBA. Finalmente, los valores del Leq encontrados en las medidas realizadas durante los desfiles de las fiestas de Moros y Cristianos (músicas) eran del orden de 95-100 dBA; cabe señalar que durante el acto del alardo (disparos de arcabucaría), los niveles sonoros medidos llegaron a alcanzar valores comprendidos entre 110 y 117 dBA.

7. CONCLUSIONES

Aunque el presente trabajo tiene el carácter de estudio piloto y sólo pretende ser una aproximación a un problema muy complejo (la evaluación de la exposición al ruido ambiental en diferentes situaciones cotidianas), los resultados obtenidos han puesto de manifiesto con claridad que los niveles sonoros a que estamos expuestos en nuestra vida diaria (en nuestro hogar, en la calle, en los centros de trabajo, en los lugares de ocio, etc.) presentan una gran variabilidad. En ocasiones, dichos niveles de contaminación sonora pueden alcanzar valores muy elevados, susceptibles de producir efectos más o menos negativos para nuestra salud y

calidad de vida. Concretamente, en una encuesta realizada sobre este particular en la ciudad de Alcoi, se ha puesto de manifiesto que un 16% de las personas encuestadas en este trabajo se consideran molestos por el ruido percibido mientras permanecen en sus casas. Cuando estos mismos sujetos se encuentran en sus lugares de trabajo o en la calle, el porcentaje de personas molestas por el ruido ambiental al que están expuestas crece considerablemente, alcanzando valores del 39 % y 63 %, respectivamente.

Nos parece especialmente interesante destacar el hecho de que los niveles sonoros que caracterizan a determinadas actividades de tiempo libre pueden llegar a ser muy elevados, del mismo orden o incluso superiores a los que suelen existir en muchas industrias consideradas típicamente ruidosas. Consecuentemente, estas fuentes de ruido ambiental no ocupacional pueden contribuir significativamente a la dosis de ruido que están recibiendo normalmente muchos residentes en los países desarrollados (Johnson, 1991). En consecuencia, la asistencia frecuente a algunas de estas actividades ruidosas (discotecas, disparos de fuegos artificiales, espectáculos musicales y deportivos, etc.) puede suponer un riesgo importante para la salud.

En cualquier caso, los resultados del presente trabajo han puesto de manifiesto que la posibilidad de predecir con un cierto nivel de precisión la dosis de ruido diaria recibida por una determinada persona a partir del conocimiento del tiempo

que permanece en los diferentes ambientes sonoros (sin realizar medidas directas de las correspondientes exposiciones) es un problema de difícil solución, no sólo por la inexistencia de un banco de datos suficientemente detallado sobre

este particular (niveles sonoros característicos de los diferentes ambientes sonoros en que pueda permanecer esa persona a lo largo de todo el día), sino, sobre todo, por la elevada variabilidad que suelen presentar dichos niveles sonoros.

REFERENCIAS

Alamar, M., 1995.- "La exposición al ruido ambiental en diferentes situaciones cotidianas: evaluación de la contaminación sonora en Alcoi".- Tesis Doctoral. Universitat de València.

Brown, A.L., y Lam, K.C., 1987.- "Urban noise levels".- Applied Acoustics, pág. 23-35.

García, A., 1994.- "La evolución temporal de la contaminación sonora en la ciudad de Valencia".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 94), pág. 7-10. Valencia.

García, A., y Bravo, M.J., 1994.- "Medidas de exposición al ruido en la vida diaria".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 94), pág. 15-18. Valencia.

García, A., 1995.- "La contaminación sonora en la Comunidad Valenciana".- Consell Valencià de Cultura. Generalitat Valenciana.

Gómez-Cano, M., 1992.- "Visión actual de la problemática del ruido industrial".- Proceedings de las Jornadas Nacionales de Acústica (Tecnacústica 92). Pamplona.

Johnson, D.L., 1991.- "Non occupational noise exposure. Is it a problem?".- Acoustical Society of America Meeting. Salt Lake City. U.S.A.

Kozák, J., 1992.- "Trends in traffic noise in Prague from 1976 to 1991".- Proceedings del 17th AICB Congress, pág. 61-66. Prague.

Kono, S., Sone, T., y Nimura, T., 1982.- "Personal reaction to daily noise exposure".- Noise Control Engineering, vol. 19, pág. 4-16.

Lambert, J., 1991.- "Quelle politique pour lutter contre le bruit routier en zone urbaine?".-Recherche Transports Sécurité, núm. 32, pág. 7-14.

Lamure, C., 1975.- "Noise emitted by road traffic noise".- Publicado en "Road traffic noise" (A.Alexandre et al., ed.). Applied Science Publishers. London.

Lara, A., et al., 1995.- "La contaminación sonora. Evaluación, efectos y control".- Fundación Bancaja. Valencia.

Mishina, Y., Darui, Z., Kuno, K., Hayashi, A., y Ikegaya, K., 1983.- "Analysis and prediction of personal noise exposure in daily life".- Proceedings del 11th International Congress on Acoustics, Paris, vol. 8, pág. 143-146.

Nelson, P.M., 1987.- "Introduction to transport noise".- Publicado en "Transportation noise. Reference book" (P.M.Nelson, ed.). Butterworths. London.

O.C.D.E., 1986.- Report: "Fighting noise".- Organization for Economic Cooperation and Development. OCDE Publications. Paris.