

DOCUMENTO FINAL DEL GRUPO DE TRABAJO

# GT-10

## Gestión y mejora de la calidad acústica del ambiente urbano

Coordina: Colegio Oficial de Físicos

---

**CONAMA2014**

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

---

Madrid. Del 24 al 27 de noviembre de 2014  
[www.conama2014.org](http://www.conama2014.org)



**Documento del Grupo de Trabajo de Conama 2014**

**GESTIÓN y MEJORA DE LA CALIDAD ACÚSTICA DEL  
AMBIENTE URBANO**

**GT-10**

**ENTIDAD COORGANIZADORA:**

**Colegio Oficial de Físicos (COFIS)**

**PARTICIPANTES**

**Coordinador:**

- **Jerónimo Vida Manzano**  
Universidad de Granada / COFIS

**Relatores:**

- **Miguel Ausejo Prieto**  
AUDIOTEC, Ingeniería y Control del Ruido
- **Juaco Grijota Chousa**  
Asoc. Técnica de Ecología del Paisaje y Seguimiento Ambiental (ECOPÁS)
- **Julio Díaz Jiménez**  
Soc. Esp. Sanidad Ambiental (SESA) / Esc. Nac. de Sanidad. Inst Salud Carlos III

**Colaboradores técnicos:**

- **Dámaso M. Alegre Marrades**  
Ferrovial Agroman, S.A. - Oficina Técnica
- **Susana Arines Rodríguez**  
Isanor Acústica
- **César Asensio Rivera**  
Grupo I2A2, Universidad Politécnica de Madrid
- **Tatiana Cardador Jiménez**  
Ayuntamiento de Málaga
- **David Casabona Fina**  
Diputació de Barcelona

- **Antonio Donoso López**  
INECO - AENA
- **Gonzalo Escobar Martínez**  
Ayuntamiento de Madrid
- **Luis Espada Recarey**  
Ayuntamiento de Vigo (Pontevedra)
- **Pedro Flores Domínguez-Rodiño**  
INERCO - INASEL
- **Sonsoles Gómez García**  
Asociación Española para la Calidad Acústica (AECOR)
- **Carlos Iglesias Merchan**  
Asoc. Técnica de Ecología del Paisaje y Seguimiento Ambiental (ECOPÁS)
- **Carles López Sala**  
Generalitat de Catalunya
- **Víctor Manuel Martínez Cacharrón**  
Ayuntamiento de Vigo (Pontevedra)
- **Roberto Moreno López**  
Ayuntamiento de Madrid
- **Ramón Peral Orts**  
Universidad Miguel Hernández de Elche
- **Eduard Puig i Solé**  
Generalitat de Catalunya
- **Laura Redondo Rubio de la Torre**  
Ayuntamiento de Málaga
- **Juan Ramón Riera Sánchez**  
Geotecnia y Cimientos SA
- **Francisco Javier Rodríguez Rodríguez**  
GOC, SA
- **José Manuel Sanz Sa**  
MAGRAMA
- **Noelia Sastre Martín**  
Gas Natural Fenosa
- **Marta Seoane Dios**  
Fundación CONAMA
- **Laura Zapata i González**  
Ayuntamiento de Barcelona

## ÍNDICE DEL DOCUMENTO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>2. RUIDO Y GESTIÓN .....</b>	<b>9</b>
2.1. LA IMPORTANCIA DE CONSIDERAR LOS CRITERIOS ACÚSTICOS EN LA PLANIFICACIÓN URBANA .....	9
2.2. POBLACIÓN EXPUESTA AL RUIDO DE TRÁFICO EN AGLOMERACIONES .....	14
2.3. PROCESO CNOSSOS-EU .....	15
2.4. INICIATIVAS EUROPEAS PARA LA GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA URBANA .....	17
2.5. ESTADO DEL ARTE EN LO REFERENTE A LOS DISPOSITIVOS REDUCTORES DE RUIDO PARA INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE .....	19
2.6. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN HASTA LA FECHA Y PERSPECTIVAS DE FUTURO EN LA LUCHA CONTRA EL RUIDO DE LAS INFRAESTRUCTURAS Y LA SITUACIÓN DEL SECTOR.....	22
2.7. CONOCIMIENTO ADQUIRIDO A PARTIR DE ALGUNOS PROYECTOS EUROPEOS... 24	
2.8. GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA ZONAS TRANQUILAS (AGENCIA EUROPEA DEL MEDIOAMBIENTE).....	29
2.9. INICIATIVAS ESPAÑOLAS PARA LA GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA URBANA .....	30
<b>3. RUIDO Y CIUDADANÍA.....</b>	<b>39</b>
3.1. INTRODUCCIÓN .....	39
3.2. MARCO LEGAL .....	41
3.3. EXPERIENCIAS DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN RUIDO.....	42
3.3.1. <i>“En torno a tu móvil”</i> : el volcado ciudadano de datos a <a href="http://www">www</a> .....	43
3.3.2. <i>En un entorno clásico: educación y encuestas</i> .....	46
3.4. EXPERIENCIAS EN EL CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN .....	48
3.5. UN FUTURO CON MUCHAS POSIBILIDADES .....	49
<b>4. RUIDO Y SALUD .....</b>	<b>52</b>
4.1. INTRODUCCIÓN .....	52
4.2. DE UN PROBLEMA DE SALUD LABORAL A UNO DE SALUD PÚBLICA.....	52
4.3. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD. EFECTOS AUDITIVOS Y NO AUDITIVOS DEL RUIDO .....	53
4.3.1 <i>Trastornos auditivos del ruido.</i> .....	53
4.3.2 <i>Trastornos no auditivos del ruido.</i> .....	54
4.4. MECANISMOS BIOLÓGICOS IMPLICADOS EN LOS EFECTOS NO AUDITIVOS DE RUIDO.....	57
4.5. RESULTADOS DE ALGUNOS ESTUDIOS REALIZADOS PARA LA CIUDAD DE MADRID EN POBLACIÓN ADULTA.....	59

4.5.1 Relación entre los niveles de ruido de tráfico en Madrid y los ingresos hospitalarios por urgencias en el Hospital Gregorio Marañón de Madrid (Tobías et al, 2001). .....	59
4.5.2 Relación entre el ruido de tráfico y la mortalidad diaria por causas circulatorias en Madrid (Tobías et al 2014a). .....	60
4.5.3 Relación entre el ruido de tráfico y la mortalidad por causas respiratorias en Madrid (Tobías et al 2014b).....	61
4.5.4 Relación entre el ruido de tráfico y la mortalidad por diabetes (Tobías et al 2014c) .....	62
4.5.5 Evaluación del impacto del ruido sobre la mortalidad en Madrid (Linares et al 2014) .....	64
4.6. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA POBLACIÓN INFANTIL. ....	65
4.6.1 Ruido y embarazo. ....	65
4.6.2 Ruido e impacto en la salud infantil.....	66
4.6.3 Efecto del ruido y otros contaminantes ambientales sobre los ingresos hospitalarios infantiles en Madrid (Linares et al 2006)..	69
4.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>80</b>
6.1 GENERAL.....	80
6.2 RUIDO Y GESTIÓN.....	80
6.3 RUIDO Y CIUDADANÍA.....	83
6.4 RUIDO Y SALUD.....	85

## RESUMEN

La evaluación y gestión del ruido ambiental al amparo de la Directiva 2002/49/CE y normativa derivada en España es un trabajo que se ha ido consolidando paulatinamente, resolviéndose dudas y corrigiendo errores de una fase a otra de su aplicación. Actualmente, la elaboración de mapas estratégicos de ruido está generando un buen conocimiento de la situación acústica de municipios, redes viarias y ferroviarias y aeropuertos y la elaboración de planes de acción contra el ruido está permitiendo poner en marcha medidas de prevención y de control que deben conseguir el fin último de todo este proceso: disminuir la población expuesta a niveles excesivos de ruido.

Sin embargo, en el ámbito local este mismo conocimiento está poniendo de relieve el auge de determinadas actividades y usos en la vía pública, normalmente en horas de descanso, que contribuyen significativamente al ruido ambiental existente, así como cambios en la percepción y actitud ciudadana hacia el problema de la contaminación acústica motivados por un mayor conocimiento de sus implicaciones en la salud de las personas y en la propia valoración de la calidad de vida.

La protección del paisaje sonoro urbano (sonidos propios del entorno que no causan molestia, sino que contribuyen a generar un estado de bienestar personal) se vuelve tan importante como la prevención y control de la contaminación acústica en sí, sobre todo si tenemos en cuenta la importante relación que parece existir entre ruido y salud, según se deriva de las investigaciones más recientes.

Teniendo en cuenta lo anterior, así como la anunciada revisión de la Directiva 2002/49/CE y su artículo 6, por el que se establecerá un nuevo método común en Europa para la evaluación de los índices acústicos derivado del proceso CNOSSOS, el trabajo de GT-10 ha incluido asuntos de gran interés tanto para la ciudadanía como para el sector profesional y técnico. Entre otros:

- Nuevas fuentes de ruido en las ciudades asociadas a nuevos usos y costumbres (como, por ejemplo, concentraciones de tipo lúdico en la vía pública - botellón o mayor uso de terrazas en establecimiento de hostelería motivado por la Ley 42/2010 - antitabaco)
- Avances en el control del ruido urbano (como, por ejemplo, mediante el uso de nuevas técnicas para el diseño y construcción de pantallas acústicas o el aumento de la circulación de vehículos eléctricos, con menores emisiones acústicas a baja velocidad)

- Problemas de tipo técnico a los que se enfrentan los responsables municipales de esta normativa a la hora de interpretar normas y procedimientos comunes que deben aplicar.
- Ruido y ciudadanía, participación de la población en el diseño y aplicación de medidas contra el ruido, tanto preventivas, como de control o protección de espacios con calidad acústica adecuada o de interés general (paisaje sonoro)
- Relación entre ruido y salud (y sus implicaciones en la calidad de vida de las personas)

Para ello, el trabajo de GT-10 se agrupa en torno a tres temáticas fundamentales que pretenden dar respuesta a los grandes retos y preocupaciones existentes en la actualidad en materia de ruido urbano:

- Ruido y gestión
- Ruido y ciudadanía
- Ruido y salud.

## OBJETIVOS

Recopilar la información y experiencia adquirida en los últimos años de aplicación de la normativa acústica vigente en el ámbito local, con un especial interés en la influencia que tiene el ruido ambiental en la definición de la *Calidad Ambiental* de nuestros municipios y de la *Salud* de las personas que en ellos habitan.

Recopilar experiencias municipales en la prevención y gestión de la contaminación acústica que sirvan como ejemplo y guía de buenas prácticas para otros municipios y responsables técnicos y gestores municipales.

Revisión del estado del arte sobre la relación de ruido y salud e implicaciones en la calidad de vida de la ciudadanía, percepción ciudadana del problema de la contaminación acústica y actitud a la hora de colaborar en la definición y ejecución de medidas contra el ruido (planes locales de acción contra el ruido y protección del paisaje acústico urbano).

## 1. INTRODUCCIÓN

El ruido hace tiempo que adquirió en las ciudades el protagonismo que la sociedad tiene reservado para las principales formas de contaminación urbana. La ciudadanía hace tiempo que tomó conciencia del problema del ruido ambiental, de la contaminación acústica como una de las principales servidumbres del progreso, lastre con el que vivimos a diario aunque nos resistamos a aceptarlo en sociedad.

Campañas de sensibilización y formación dirigida a la ciudadanía nos ha enseñado cuáles son sus causas y también cómo podemos hacerle frente. Se llama desarrollo sostenible, dos palabras sencillas y comunes que unidas, sin embargo, expresan algo muy complejo y en ocasiones complicado de entender. El progreso genera servidumbres que el desarrollo sostenible se encarga de prevenir, minimizar y, en todo caso, gestionar, controlar y remediar.

Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de actividades que actualmente promueven y desarrollan las distintas administraciones para luchar contra la contaminación acústica, hay un mensaje que no llega a calar con la profundidad necesaria como para que la población realmente entienda que debe contribuir y participar en su erradicación y control: lo que hacemos y cómo lo hacemos, nuestros usos y costumbres, son una de las causas principales del ruido urbano. Tomar conciencia sobre el ruido no es sólo denunciar o protestar, es también participar. Es cambiar hábitos, es usar más el transporte público, es dejar nuestro vehículo en casa, es manifestar respeto hacia el vecino en nuestras emisiones acústicas, es cambiar horarios, es preservar los sonidos naturales del entorno, y así un largo etcétera relacionado con la actividad que llena nuestra propia vida.

Uno de los principales objetivos de toda la normativa acústica que se ha desarrollado a partir de la Directiva 2002/49/CE, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental en Europa, es reducir la población expuesta a niveles excesivos de ruido. Niveles excesivos son aquellos por encima de los objetivos de calidad acústica fijados en esa normativa. Evidentemente, para eso hay que reducir los niveles acústicos ambientales, lo cual tiene dos protagonistas claros: la Administración (en todos sus niveles) y la ciudadanía (en todas sus dimensiones).

Aunque pueda parecer un escenario complicado, en realidad no lo es tanto y los resultados obtenidos hasta ahora a partir de la gestión sostenible del ruido urbano, permiten cierto grado de optimismo. Indudablemente quedan cosas por hacer pero el camino recorrido es ya importante, como también lo es su principal consecuencia: que la situación actual diste mucho de ser tan caótica como cuando en 1996 la Comisión Europea publicó su Libro Verde [1] estableciendo las bases de la política futura de lucha contra el ruido en Europa, referencia bibliográfica usada masivamente como argumento en estudios e



informes acústicos. Dicho Libro Verde recogía información procedente de un informe de la OMS, aún no publicado en esas fechas, el cual avanzaba que alrededor del 20% de la población europea (80 millones de personas) estaba expuesta a niveles de ruido que los científicos y los expertos sanitarios consideraban inaceptables, niveles en los que la mayoría de las personas se sienten incómodas, el sueño se ve perturbado y se padecen efectos nocivos para la salud. También afirmaba que otros 170 millones de ciudadanos vivían en las llamadas "zonas grises", en las que los niveles de ruido son tales que causan una molestia importante durante el día [2].

La Comisión Europea, basándose en resultados científicos avalados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), ponía el ruido en su punto de mira. Era la primera vez que el gran público oía hablar de ruido asociado a un empeoramiento de la salud. La fuente era de tal solvencia, que no admitía dudas: el ruido entraba fuerte en nuestras conciencias como un factor clave, condicionante de nuestra calidad de vida.

Desde entonces, como se ha dicho, la paulatina implantación de la Directiva 2002/49/CE y normativa nacional derivada, está dando sus frutos. También ha generado incertidumbres e indeterminaciones que la investigación y la revisión normativa se encargan de ir resolviendo poco a poco. Sin embargo, mirando atrás se observan importantes avances en la gestión y control de la contaminación acústica. Avances que deben ser valorados a pesar de la propia necesidad de mejora y optimización de este proceso. Por lo tanto, es hora de cambiar los argumentos acústicos. Es hora de hablar de un escenario menos pesimista, más controlado y mejor gestionado, pero igualmente necesitado de actuaciones.

Así, se ha avanzado mucho en la gestión de la contaminación acústica, hasta alcanzar cotas de sostenibilidad ciertamente importantes. Los modelos urbanos para la gestión del ruido ya no consideran este elemento contaminante de forma aislada. Nos enfrentamos a sistemas complejos en los que las soluciones y propuestas de acción deben ser igualmente complejas. En este escenario, el verdadero avance se consigue con el enfoque integral e integrado de la lucha contra el ruido urbano. Las fuentes acústicas son múltiples y complejas en un paisaje urbano igualmente complicado donde residen personas cada vez más exigentes con los servicios que reciben de sus ayuntamientos y las actividades que realizan en sus municipios.

Pero el tratamiento sostenible de la contaminación implica hacer las cosas de tal forma que la prevención adquiera más protagonismo que la remediación, aprovechar al máximo la información y los recursos, coordinar planes y programas y buscar permanentemente sinergias. En el caso del ruido todo esto se materializa mediante una gestión en la que la movilidad, el transporte, las emisiones contaminantes a la atmósfera, el consumo energético, el diseño de los edificios o el propio diseño urbano, por mencionar sólo algunos, son elementos tenidos en cuenta transversalmente en todas y cada una de las acciones que se proponen para prevenir, controlar y remediar la contaminación

acústica. Y que esto sea así hoy día es consecuencia directa de la política europea contra el ruido iniciada en 1996, a la que se dio forma con la directiva de 2002 progresivamente transpuesta en las legislaciones nacionales de los países de la UE. Por lo tanto, la conciencia ciudadana existente hoy día sobre el ruido, los mapas estratégicos de ruido, los planes de acción contra el ruido y la aplicación de modelos de gestión basado en los principios del desarrollo sostenible es el importante “haber” que disfrutamos actualmente.

Si hablamos del “debe”, de todo aquello que no permite bajar la guardia y motiva para seguir trabajando, encontramos interesantes elementos para el debate y la reflexión. Temas que han dado contenido al Grupo de Acústica (GT-10) de CONAMA 2014.

Mucho se ha avanzado en el conocimiento de los efectos que el ruido tiene en la salud de las personas. Hoy día no sólo se habla de molestia, estrés o falta de concentración. Entran en escena efectos asociados al ruido tan tangibles, dispares y preocupantes como el aumento del nivel de colesterol, del riesgo de mortalidad cardiovascular, mortalidad por diabetes o mortalidad por enfermedades respiratorias, aumento del riesgo de obesidad, etc., etc. Resultados que van poniendo sobre la mesa algo que, por otra parte, resulta evidente hoy día: el ruido procede de las fuentes acústicas presentes en lo que hacemos (desplazamiento, trabajo y ocio) y consumimos (recursos, energía, productos y servicios), fuentes que normalmente acompañan sus emisiones acústicas con otras formas de contaminación o que implican el funcionamiento de otras fuentes igualmente contaminantes. La más evidente quizá sea la vinculación entre calidad acústica y calidad del aire, pero no es la única.

Circunstancias que conducen, por ejemplo, a que el Parlamento Europeo publicara el pasado mes de abril una nueva directiva que impone límites más rigurosos al ruido provocado por el motor de los vehículos [3] y a que la propia directiva de gestión del ruido de 2002 se encuentre actualmente en fase de revisión [4]. Una revisión que tendrá en cuenta todo lo aprendido hasta ahora y que permitirá afrontar con garantías de éxito los nuevos retos acústicos que se presentan en el siglo XXI. Entre ellos la modelización acústica mediante el empleo de técnicas y procedimientos comunes en toda Europa, el denominado modelo CNOSSOS, que ya está en sus últimas fases de desarrollo antes de proceder a su implantación definitiva, previsiblemente en 2015 [5]. También la inclusión de la variable acústica en el propio diseño urbano (planificación urbanística) o en el de su sistema de transporte (planes de movilidad urbana sostenible).

Tampoco podemos perder de vista que nuestra calidad de vida está íntimamente ligada al ambiente que nos rodea, el medio ambiente y los otros ambientes, que condicionan el éxito de cualquier propuesta de acción si no se considera ésta desde un punto de vista amplio, integrado con el resto de elementos de ese ambiente, sus circunstancias y características. Un planteamiento novedoso que nos lleva a reflexionar sobre lo que es o no es contaminación acústica, a valorar si un determinado ambiente acústico hay que

conservarlo o no, pues el verdadero concepto a proteger es el “paisaje sonoro” que rodea a la persona y le hace vivir bien, rodeada de emociones, recuerdos y sentimientos que mejoran su calidad de vida. Quizá un buen ejemplo del interés que este tema suscita actualmente sea el proyecto de la European Acoustic Heritage [6] European Soundscape Map [7] que bajo el lema “we are what we sound” [8] pretende registrar y conocer, para así estudiar y preservar, “paisajes sonoros” en Europa.

Estas han sido las motivaciones para hablar de contaminación acústica en CONAMA2014 y hacerlo, además, bajo el enfoque marco del congreso: *innovación y tecnología para una economía baja en carbono centrada en nueve ejes estratégicos.*

Alcanzar bajas emisiones contaminantes, incluidas emisiones de gases de efecto invernadero, es algo que está íntimamente relacionado con la demanda de energía de la sociedad y el uso que se hace de la misma. Esto, a su vez, está fuertemente condicionado por las características de nuestra sociedad, su biodiversidad, nivel de desarrollo, planificación urbanística o consumo de recursos y la gestión que se hace de los mismos. Y el ruido es un factor a tener en cuenta en todos y cada uno de estos procesos, presente en todas y cada una de estas actividades, un elemento fundamental en todos y cada uno de estos desarrollos. No en vano, el ruido es un concepto importante dentro del desarrollo urbano sostenible, una forma de contaminación cuya evaluación es complicada por su origen diverso, por su desarrollo muy ligado a la propia evolución social, cultural y económica de nuestro tiempo y por sus conexiones con otras formas de contaminación [9].

Innovación y tecnología, por tanto, en los productos y servicios que den respuesta a los problemas de la sociedad con un único objetivo: proteger a la persona y mejorar su calidad de vida. Y formando parte de ella, la calidad del ambiente acústico analizada por las/los integrantes del grupo de trabajo GT-10.

## 2. RUIDO Y GESTIÓN

### 2.1. La importancia de considerar los criterios acústicos en la planificación urbana

Dentro de los proyectos de planificación urbana, en los cuales se organizan los espacios que componen las ciudades (zonas para viviendas, servicios, infraestructuras, zonas verdes, etc.), se deben elaborar una serie de estudios con el fin de evaluar los parámetros ambientales en las áreas a urbanizar.

Los criterios acústicos deben estar presentes en dichos proyectos (tanto en Planes Generales de Ordenación como en Planes de Desarrollo), tal como se recoge en la Ley de Ruido y en otras normativas municipales, con el fin de garantizar el confort acústico en el interior y en el exterior de los edificios. En concreto, como regla general, se debe realizar la zonificación acústica del territorio, y se debe valorar el cumplimiento de los *objetivos de calidad acústica* que se indican en el Real Decreto 1367/2007 para cada tipo de área.

En los planes de desarrollo, es habitual que el estudio acústico se realice una vez definido el proyecto, a modo de “chequeo”, cuando los espacios ya se encuentran definidos (límites de las infraestructuras de transporte, localización y uso de los edificios, etc.), y las posibilidades de realizar modificaciones son limitadas. Se considera que este sistema de trabajo es inadecuado, puesto que la resolución de problemas acústicos “a posteriori” puede no ser sencilla, o ser más costosa.

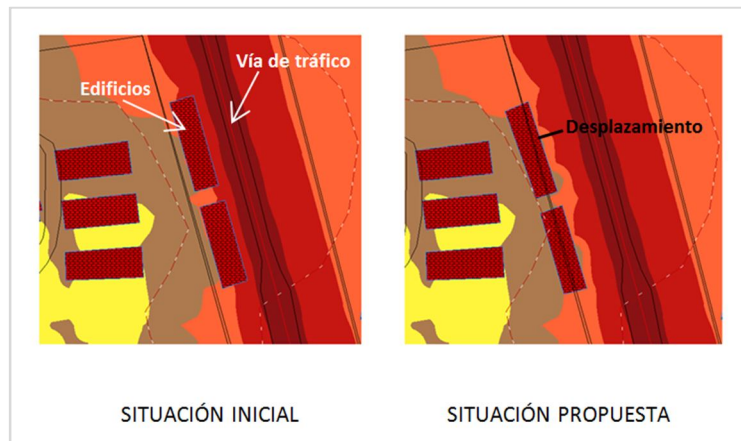
El estudio acústico que se requiere en los planes de desarrollo urbanístico, en líneas generales, consiste en una primera fase en la que se analiza la situación previa al desarrollo del plan (sean nuevos desarrollos urbanos, o bien modificaciones en áreas ya urbanizadas). Una segunda fase en la que se predice la situación futura (la que existirá una vez ejecutado el plan propuesto). Se trabaja sobre un proyecto inicial de edificios, carreteras y otras vías de transporte, y mediante modelos de simulación se procede al cálculo de los niveles sonoros esperados en el área a urbanizar, y en las fachadas de los edificios y/o viviendas del desarrollo urbanístico planteado). Y una tercera fase en la que en función de los usos del suelo y de los resultados obtenidos en las fases anteriores se efectúa una zonificación acústica de la zona de estudio. Asimismo, en el estudio se debe justificar el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica aplicables a cada zona acústica. En los casos en los que el plan inicial previsto no garantice dicho cumplimiento, se requiere la aplicación de medidas correctoras, que se deben reflejar en el documento.

En los estudios realizados por personas de este Grupo de Trabajo nos hemos encontrado con diversos escenarios. Uno de los más habituales es el caso en el que el ruido de tráfico rodado, genera en las fachadas de los nuevos edificios residenciales niveles sonoros que superan los objetivos de calidad acústica

señalados en el RD 1367/2007 (especialmente en nuevos desarrollos, para los cuales los objetivos son más exigentes). En este caso concreto, en función del grado de avance del desarrollo urbanístico, y de las posibilidades de actuación, se pueden plantear distintas alternativas de medidas correctoras. Dentro de un proyecto de desarrollo urbanístico, cuanto antes se contemple el estudio acústico, más posibilidades de actuación habrá, y más sencillo y económico resultará aplicar las medidas necesarias para cumplir los objetivos establecidos en el RD.

A continuación se indican algunas de las medidas correctoras aplicadas en proyectos ya realizados, para el escenario señalado, en el que el ruido de tráfico genera en las fachadas de los nuevos edificios de viviendas niveles sonoros que superan los objetivos de calidad acústica:

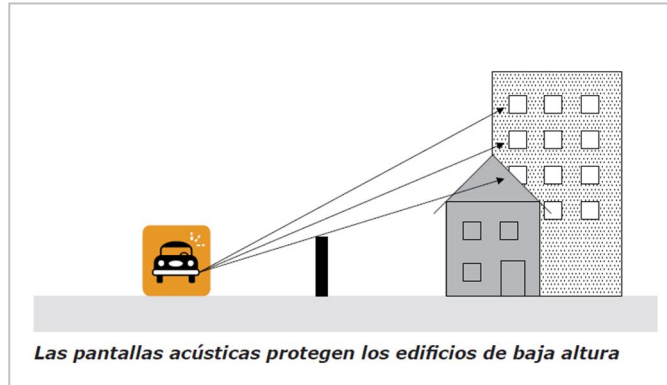
- En un proyecto que se encontraba en fase inicial, en el cual se admitían modificaciones, se ha podido redefinir el emplazamiento de los edificios residenciales. Se han alejado los edificios unos metros del foco sonoro (de la vía de tráfico), y de este modo se han reducido los niveles sonoros en fachada, garantizando el cumplimiento del RD. Se plantearon también modificaciones en el trazado de la vía de tráfico, pero el proyectista optó por la nueva ubicación de las edificaciones, puesto que resultaba más viable.



*Se han alejado los edificios de la vía de tráfico con el fin de cumplir los objetivos acústicos*

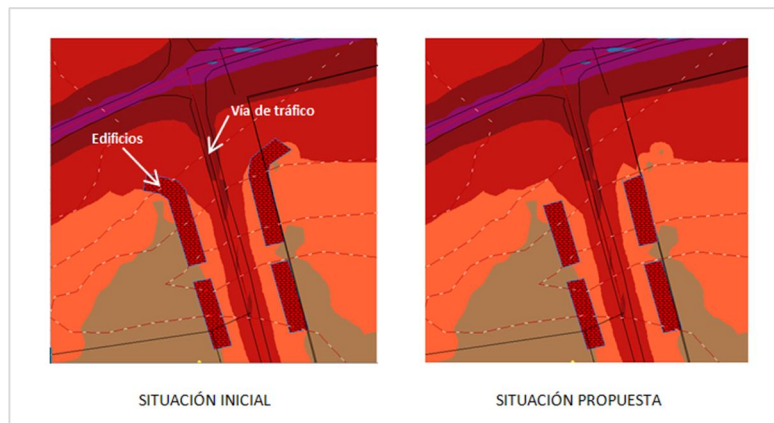
- En un proyecto más avanzado en contenido, cuya posibilidad de cambios era menor, al no resultar viable la modificación del emplazamiento de los edificios, se propuso la instalación de una barrera acústica con el fin de reducir los niveles sonoros. Como es habitual, la barrera era eficaz únicamente en las plantas bajas, por este motivo adicionalmente se ha tenido que reducir la altura de los edificios, con la consecuente pérdida de superficie, y el coste social y

económico que ello conlleva, al no poder disponer de parte de las viviendas inicialmente proyectadas.



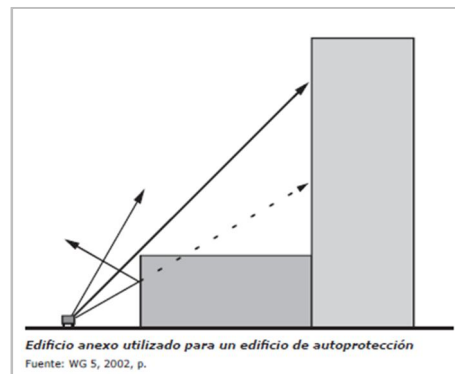
*Las barreras acústicas resultan eficaces en las plantas bajas de los edificios*

- En fase de planificación, también se puede plantear la opción de controlar la velocidad de los vehículos en un tramo, al igual que la restricción de determinados tipos de vehículos con mayor contaminación acústica.
- En un proyecto totalmente definido, en el que no ha habido margen para modificaciones, se ha tenido que recurrir al cambio de uso en los edificios proyectados. A los edificios que estaban previstos como viviendas se les ha tenido que asignar uso terciario (oficinas), lo que ha supuesto un imprevisto no deseado en el desarrollo del plan.
- En otro estudio existía la posibilidad de mantener el uso residencial mediante la reducción de la longitud del edificio, suprimiendo los tramos más expuestos a la vía de tráfico. Esta medida también supone la pérdida superficie, eliminando así parte de las viviendas proyectadas.



*Se ha suprimido un tramo de los edificios proyectados, para cumplir los objetivos acústicos*

- En ocasiones son necesarias las combinaciones de las soluciones citadas, por ejemplo, alejamiento de las viviendas de la vía de tráfico + la instalación de una barrera acústica.
- Y a veces son efectivas otras medidas menos costosas como por ejemplo el aprovechamiento de apantallamientos existentes (zonas verdes, u otros edificios que puedan proteger las viviendas proyectadas), o la consideración de formas geométricas concretas para los edificios (por ejemplo formas circulares orientadas de modo que reflejen las ondas sonoras reduciendo así los niveles de ruido en el entorno).



#### *Aprovechamiento del apantallamiento que genera el edificio pequeño sobre el edificio grande*

Como se observa, las medidas correctoras que se pueden proponer son variadas, y su repercusión en el proyecto y consecuencias económicas también. La selección de las mismas depende de las preferencias del proyectista y de las posibilidades de cambio que admita el proyecto. Las posibilidades de cambio dependen en gran medida del grado de avance del proyecto. Por ello, con el fin de evitar situaciones no deseadas, se recomienda optimizar el diseño, viabilidad y economía de los desarrollos de planes urbanísticos considerando los criterios acústicos desde el principio.

Para finalizar se plantean dos reflexiones, relativas a la normativa:

- En el RD 1367/2007, se establecen los objetivos de calidad acústica en *áreas urbanizadas existentes* (por ejemplo, en zonas residenciales  $L_d \leq 65\text{dBA}$  y  $L_n \leq 55\text{dBA}$ ). Por otro lado, se indica que para el *resto de áreas urbanizadas* se establece como objetivo de calidad acústica la no superación del valor que sea de aplicación en áreas urbanizadas, disminuido en 5dB, es decir, en zonas residenciales  $L_d \leq 60\text{dBA}$  y  $L_n \leq 50\text{dBA}$ . Se entiende que éstos últimos límites se aplican a las áreas

urbanizadas nuevas, pero ¿cuándo se considera que un área urbanizada es existente o nueva?. Por ejemplo, un terreno vacío edificable en el centro de una ciudad, en donde ya existen vías de transporte, ¿se considera área urbanizada nueva, o área urbanizada existente?. Nuestra experiencia es que, a pesar de la existencia de las vías de transporte y otros posibles focos (como por ejemplo focos industriales), sería considerada área nueva por parte de la Administración, y en este tipo de situaciones suele resultar complicado garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica marcados, puesto que dichos valores ya se ven superados si únicamente consideramos el ruido generado por el tráfico rodado existente antes del desarrollo del plan urbanístico.

Por otro lado, en opinión de algunos técnicos, las áreas urbanizadas nuevas son áreas en las que todavía no existen infraestructuras, o al menos infraestructuras que puedan condicionar el desarrollo del planeamiento urbano.

Con el fin de aclarar este concepto, se considera necesario poder disponer de una definición más concreta de *área urbanizada existente* a la que se haga referencia en la normativa de aplicación.

- Por otro lado, en casos puntuales en los que el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica sea complicado en un desarrollo urbanístico, siempre que los niveles de ruido en el exterior no sean muy elevados, se podría ofrecer la posibilidad de garantizar el confort acústico de manera que se cumplan los requisitos exigidos en el interior de los edificios, independientemente del nivel sonoro existente en la fachada. La reorientación de los edificios de viviendas (de modo que las fachadas no se encuentren orientadas hacia los focos sonoros), la proyección de fachadas y ventanas que presenten aislamientos elevados, o incluso cambios en la distribución interior de las viviendas (de manera que sean los aseos y cocinas los recintos orientados hacia la vía de tráfico, y no dormitorios y salones, que constituyen recintos más sensibles), podrían resultar opciones adecuadas en este sentido. En cuanto al exterior de las viviendas, a nivel de calle se podrían obtener los niveles sonoros requeridos mediante la instalación de una barrera acústica.

La normativa ambiental en general no contempla este tipo de acciones. En consecuencia, situaciones que se podrían solucionar mediante la aplicación de estas medidas no se llegan a resolver, pudiendo impedir la construcción de edificios de viviendas en algunas áreas del territorio



## 2.2. Población expuesta al ruido de tráfico en aglomeraciones

### *[Revisión sobre las personas expuestas al ruido de tráfico en aglomeraciones europeas partiendo de los resultados de los mapas de ruido]*

Se ha realizado un análisis exhaustivo de los resultados de la población expuesta a ruido de en la 2ª fase de realización de MER de las aglomeraciones europeas, con especial énfasis en las aglomeraciones españolas.

Se ha observado una gran variabilidad en los porcentajes de población expuesta a ruido de tráfico en las aglomeraciones españolas. En un caso concreto se han hallado incompatibilidades entre los niveles de exposición Lden y Ln.

Se detectan deficiencias en los detalles proporcionados en los informes, referentes a los datos de entrada, los parámetros de cálculo, orden de reflexiones y metodología para la evaluación de la población expuesta.

También se debería tener en cuenta el carácter vacacional de diversas ciudades en la costa mediterránea, en las que la población aumenta considerablemente durante los meses de verano, incrementando la densidad de tráfico de ciertas carreteras.

Cou.	Agglomeration	Pop.	Phase I			Phase II			
			Area	Ln>50	L <sub>den</sub> > 60	Pop.	Area	Ln>50	L <sub>den</sub> > 60
ES	Alicante	320021	40	73.7	69.6	328441	47	53.6	6.9
	Murcia	436000	881	14.5	13.2	442064	886	24.0	21.2
	Pamplona	280199	127	42.8	45.6	317142	134	30.4	37.5
	Valencia	807396	135	79.2	73.8	799188	135	58.4	47.0

Se han comparado 31 aglomeraciones europeas evaluadas en la 1ª y 2ª ronda de MER, experimentando cambios significativos en los niveles de exposición, tanto por aumento como por reducción de dichos niveles. Estas diferencias tan grandes sólo se pueden explicar por un cambio cualitativo en la calidad de la metodología de los MER o por la inconsistencia de los datos de entrada en los programas de cálculo.

Los resultados pueden ayudar a mejorar y armonizar los procedimientos para estimar el nivel de población expuesta al ruido.

### 2.3. Proceso CNOSSOS-EU

#### *[Sobre la finalización de Fase A y comienzo de Fase B de CNOSSOS-EU (common noise assessment methods)]*

En un acto celebrado el 16 de julio de 2012 en Bruselas, el JRC (*Joint Research Centre*, Centro Común de Investigación) informó a los Estados miembros de la UE y otras partes interesadas en la gestión del ruido sobre la realización con éxito de la fase A (2010-2012) del proceso CNOSSOS-UE. Durante esta fase, se ha desarrollado un marco metodológico común de evaluación de ruido para Europa que se utilizará para mapas estratégicos de ruido después de su adopción, como se especifica en la Directiva de Ruido Ambiental 2002/49 / CE.

Un enfoque común para evaluar los niveles de ruido en Europa es un requisito previo importante para mejorar la eficacia de la aplicación de la Directiva sobre el ruido ambiental (2002/49 / CE). Esto le ayudará en la obtención de cifras coherentes y comparables sobre el número de personas expuestas a niveles de ruido en y entre los Estados miembros de la UE. Para lograr esto, el artículo 6.2 de la Directiva prevé el desarrollo de un marco metodológico armonizado de evaluación de ruido. En 2009, la Comisión Europea decidió desarrollar CNOSSOS-UE (métodos de evaluación del ruido común) para el mapeo de ruido del tráfico rodado, el tráfico ferroviario, aéreo y de la industria.

La Fase A (2010-2012) del proceso CNOSSOS-UE estuvo encabezada por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea en nombre de la Dirección General de Medio Ambiente. La finalización con éxito de esta fase fue presentada a los Estados miembros de la UE y las partes interesadas de ruido el 16 de julio de 2012 en Bruselas, junto con las medidas adicionales que se realizarán en la fase de implementación del proceso de CNOSSOS-UE (2012-2015). Este trabajo representa la base técnica para la modificación del anexo II de la Directiva, en relación con la fase de implementación de CNOSSOS-UE (2012-2015). El objetivo final es contar con la metodología de evaluación del ruido común operacional para la próxima ronda de mapas estratégicos de ruido en la Unión Europea, prevista para 2017.

La FASE A de CNOSSOS-UE presentó una descripción de las decisiones tomadas sobre el marco básico CNOSSOS-UE:

- El proceso CNOSSOS-UE - SteliosKephalopoulos, Centro Común de Investigación, Instituto de Sanidad y Protección de los Consumidores
- Marco de la Calidad - Paul de Vos, DHV, Países Bajos
- El tráfico rodado fuente de emisión de ruido - FabienneAnfosso-Ledee, IFSTTAR, Francia
- Ferrocarril tráfico fuente de emisión de ruido - Marco Paviotti, DG ENV
- Predicción de ruido de los aviones - Laurent Cavadini (EUROCONTROL) y DarrenRhodes (CAA, Reino Unido)

- Propagación del sonido y el ruido industrial - Marco Paviotti, DG ENV
- Directrices de buenas prácticas - Simon Shilton, AcusticaLtd, Reino Unido
- La asignación de los niveles de ruido y de la población a los edificios - Christian Popp, LÄRMKONTOR GmbH, Alemania

Se proporcionaron ideas acerca de la fase de implementación de CNOSSOS-UE (fase B), que es un paso esencial antes de tener CNOSSOS-UE en pleno funcionamiento en los países de la UE para el año 2017.



**Esquema de la Evolución de la Fase B de CNOSSOS-EU.**

Se espera ver CNOSSOS-UE en funcionamiento en el EM de la UE a partir de la tercera ronda de mapas estratégicos de ruido en Europa.

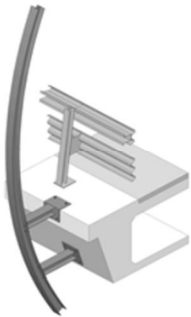
## 2.4. Iniciativas europeas para la Gestión de la Contaminación Acústica Urbana

### **QUIESST–QUIETENING THE ENVIRONMENT FOR A SUSTAINABLE SURFACE TRANSPORT**

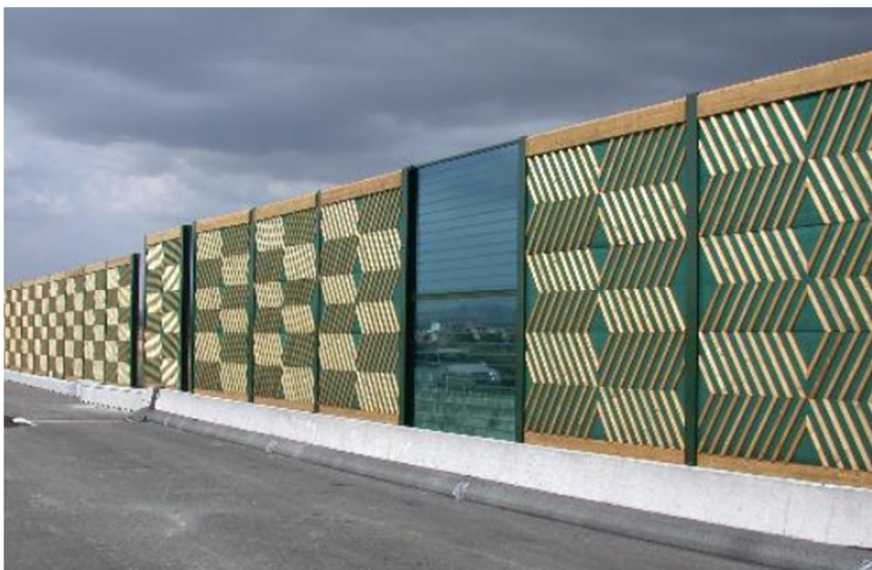
Es un proyecto co-financiado por el Séptimo Programa Marco de la Comunidad Europea (7PM/2007-2013), que comenzó el 1 de noviembre de 2009. El proyecto aborda la reducción del ruido de transporte (carretera y ferrocarril), considera el análisis de costo-beneficio y aborda los objetivos finales, cubre verdaderas soluciones integrales de reducción del ruido a través de la propagación de ondas y de los sistemas de indemnización pasiva. Su equipo, compuesto de 13 socios de 8 países integra las partes interesadas: Infraestructuras, Industria, Universidades, Institutos de Investigación y PYMEs. Se dirige a importantes problemas medioambientales y económicos y contribuirá a promover la reducción de ruido de Dispositivos (NRD) industria de la UE.



**Foto: Nuevos métodos de ensayo para la caracterización de pantallas acústicas in situ.**



**Foto: Optimización de las pantallas acústicas mediante su geometría**



**Foto: Optimización de las pantallas acústicas mediante su absorción acústica**



**Foto: Muestras de pantalla acústica volumétrica altamente absorbente**

## **2.5. Estado del Arte en lo referente a los Dispositivos Reductores de Ruido para infraestructuras de transporte**

Una vez acometidos los trabajos destinados a evaluar el ruido ambiental que soportan los ciudadanos, mediante la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido, se están elaborando los correspondientes planes de acción contra el ruido, que aborden toda la complejidad de las posibles medidas preventivas y correctoras del impacto sobre el ambiente sonoro, en las zonas que se han revelado como más afectadas.

A la hora de adoptar medidas correctoras, ocupan un lugar destacado la instalación de barreras y dispositivos reductores de ruido y la utilización de pavimentos y vías menos ruidosas.

Actualmente, el estado del arte en la definición, fabricación y ejecución de dispositivos y pantallas reductoras de ruido, está muy desarrollado y el sector ofrece una amplia gama capaz de dar respuesta a las exigencias técnicas y de diseño que permiten resolver adecuadamente una gran parte de situaciones. No obstante, el diseño de las pantallas acústicas para un determinado tramo de carretera o vía de ferrocarril, resulta muy complejo e implica la realización de un análisis profundo de todos los factores que intervienen.

### **Situación de la normativa**

En relación con el marco normativo a tener presente para la gestión del ruido de las infraestructuras de transporte, en primera aproximación, podríamos distinguir en tres grandes bloques:

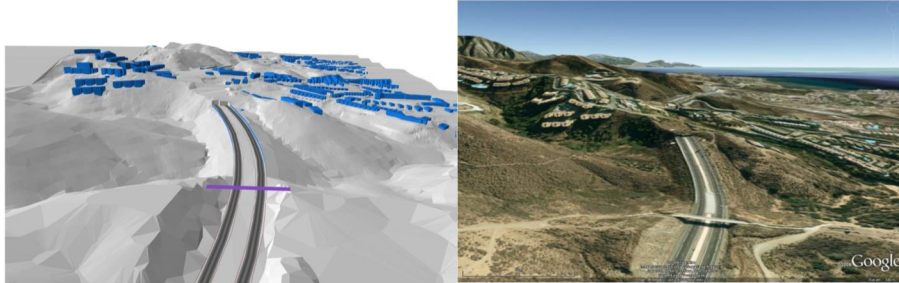
- Normativa legal y Ordenanzas.
- Normativa técnica de definición y cálculo.
- Normativa de control y aseguramiento de la calidad.

El primer bloque, se refiere a todas aquellas disposiciones legales promulgadas por las diferentes Administraciones competentes a nivel comunitario, estatal, autonómico o local que tienen que definir y regular, en base a una adecuada política de lucha contra el ruido, los niveles de calidad del entorno acústico exigibles y cuándo, cómo y quién debe responsabilizarse de su cumplimiento.

Es evidente que el conocimiento de la normativa legal y reglamentos de aplicación en cada lugar, que establezcan los objetivos de calidad del ambiente acústico a conseguir es esencial para definir la eficacia que deberá aportar una determinada medida correctora de impacto acústico.

En el siguiente grupo, se consideran incluidos documentos tales como los reglamentos e instrucciones técnicas y normas básicas, que publicados por los organismos competentes, deben tenerse presente para la estimación de niveles sonoros, cálculo y definición de medidas correctoras.

Los más interesantes son aquellos que definen los métodos de previsión y cálculo de niveles de ruido de tráfico, así como la eficacia prevista de las diferentes medidas correctoras.



**Ejemplo de modelización 3D.**

Las diferencias entre las normas y reglamentos de los diferentes países residen generalmente, en el tipo de emisión considerado y en las formulaciones más o menos simplificadas de los principales efectos que intervienen en la atenuación de la propagación sonora. Actualmente el proyecto CNOSSOS-EU, pretende establecer un método para uso común en todo el ámbito de la UE.

Finalmente en el tercer bloque, se agrupa toda la normativa publicada por los diferentes organismos internacionales como la ISO y el CEN, o por los correspondientes organismos de normalización a nivel nacional (AENOR, BST, AFNOR, ÖNORM, DIN, etc...), cuyo objetivo final es el aseguramiento de la calidad de los sistemas y materiales empleados en los diferentes niveles de la implantación de las medidas correctoras para la reducción del ruido de tráfico.

En este sentido, el Comité Europeo de Normalización, CEN TC226 WG6, al amparo del mandato M 111 de la Directiva Comunitaria de Productos de Construcción, en su día, y actualmente del Reglamento de Productos de Construcción, está elaborando la normativa europea relativa a los dispositivos reductores de ruido para carreteras.

El Grupo de Trabajo WG.6 se constituyó en septiembre de 1990 y se dividió en dos subgrupos: el TG.1, que se ocupa de las materias y aspectos relativos a las características "acústicas" de los diferentes elementos y tipos de dispositivos reductores de ruido, y el TG.2, que se ocupa de las exigencias relativas a las características "no acústicas" de los mismos; así mismo, estos grupos se ocupan del tema de la durabilidad y mantenimiento a largo plazo de las características, tanto acústicas como no acústicas, de los dispositivos reductores de ruido. Posteriormente se han añadido el TG.3 que se ocupa del comportamiento al fuego y el TG.4 recientemente constituido, como derivada del proyecto QUIESST, para abordar el tema de la "sostenibilidad".

Dos proyectos a nivel europeo, ADRIENNE y especialmente el proyecto QUIESST, financiado dentro de los programas marco de la CE, han permitido un considerable avance de la normativa de los dispositivos reductores de ruido, que queda estructurada como sigue:

Un primer bloque, relativo a las denominadas características acústicas, el título de la Norma es "DISPOSITIVOS REDUCTORES DE RUIDO DE TRÁFICO EN CARRETERAS - MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO ACÚSTICO", y consta a su vez de las siguientes partes:

- Parte 1 (EN 1793-1): Características intrínsecas - absorción sonora bajo condiciones de campo difuso.
- Parte 2 (EN 1793-2): Características intrínsecas - aislamiento acústico a ruido aéreo bajo condiciones de campo difuso.
- Parte 3 (EN 1793-3): Espectro normalizado de ruido de tráfico.
- Parte 4 (CEN.TS 1793-4): Características intrínsecas - medida "in situ" de la difracción sonora. Actualmente en proceso de paso a norma EN 1793-4.
- Parte 5 (CEN.TS 1793-5): Características intrínsecas - medida "in situ" de la reflexión sonora bajo condiciones de campo directo. Actualmente en proceso de paso a norma EN 1793-5.
- Parte 6 (EN 1793-6): Características intrínsecas - medida "in situ" de aislamiento acústico a ruido aéreo bajo condiciones de campo directo.

El segundo gran bloque de la norma, es el relativo a las denominadas características no acústicas, y su título es "DISPOSITIVOS REDUCTORES DE RUIDO DE TRÁFICO EN CARRETERAS - COMPORTAMIENTO NO ACÚSTICO", quedando, a su vez, dividida en tres partes:

- Parte 1 (EN 1794-1): Comportamiento mecánico y requisitos de estabilidad.
- Parte 2 (EN 1794-2): Seguridad general y consideraciones ambientales.
- Parte 3 (EN 1794-3): Reacción al fuego. Riesgo de incendio de los dispositivos reductores de ruido.

El tercer gran bloque de la norma titulado "DISPOSITIVOS REDUCTORES DE RUIDO DE TRÁFICO EN CARRETERAS - PROCEDIMIENTOS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO A LARGO PLAZO", es el relativo al comportamiento exigible a los dispositivos reductores de ruido durante su vida en servicio prevista, quedando, a su vez, dividida en dos partes:

- Parte 1 (EN 14389-1): Características acústicas.
- Parte 2 (EN 14389-2): Características no acústicas.

Todas estas normas son normas soporte para la norma armonizada de producto:

EN 14388 "DISPOSITIVOS REDUCTORES DE RUIDO DE TRÁFICO EN CARRETERAS - ESPECIFICACIONES". Producto estándar y anexo Z. En la que se expone el procedimiento de evaluación de conformidad de las pantallas acústicas y demás DRR, e incluye el Anexo ZA, donde se especifican cuáles son sus partes armonizadas, por tanto, de obligado cumplimiento y se establecen las condiciones de su Mercado CE.



Señalar que los grandes cambios experimentados tras el proyecto QUIESST, se concretan en la nueva definición del objeto y campo de aplicación correspondiente a las normas acústicas, definiéndose claramente cuáles son las partes aplicables, según sea el uso previsto del dispositivo reductor de ruido (bajo campo difuso o campo directo), así como en el lanzamiento de un nuevo “WI, WorkItem” relativo a los temas de sostenibilidad.

Algunas de estas normas están publicadas por CEN y/o AENOR y otras están en fase de elaboración o encuesta y/o en fase de revisión.

En lo referente a aplicaciones ferroviarias, el CEN TC256 SC1 WG40 está redactando la normativa correspondiente dentro de la serie EN 16272. Se contemplan todas las normas correspondientes a carreteras a excepción de la norma de producto ya que en este caso no está previsto el mercado CE. Se añaden además normas relativas al comportamiento frente a cargas dinámicas y un “WorkItem” relativo a la “*Insertionloss*”, ya que la eficacia final de las pantallas acústicas, se espera pueda ser evaluada adecuadamente en el caso de las infraestructuras ferroviarias.

## **2.6. Análisis de la situación hasta la fecha y perspectivas de futuro en la lucha contra el ruido de las infraestructuras y la situación del sector.**

La definición y proyecto de las dotaciones o equipamiento anti-ruido de una carretera o vía de ferrocarril, es una tarea extremadamente compleja en razón a los factores que intervienen y que, por tanto, requiere de personal técnico con gran experiencia y altamente especializado en la materia.

Desgraciadamente, hasta la fecha, no ha existido una actuación coordinada por parte de las diferentes administraciones públicas y organismos implicados en este problema, lo que ha conducido y aún hoy está conduciendo, en muchos casos, a una excesiva simplificación a la hora de abordar los problemas de ruido de tráfico, lo que según demuestra la experiencia, ha llevado a resultados poco satisfactorios en bastantes casos.

Los condicionantes impuestos por la Ley de Contratos de la Administración, así como por un mercado actual en que prima la aplicación del resultado de los cuadros comparativos de suministro a obras, por parte de las empresas adjudicatarias, realizados en base a unos pliegos de condiciones con escaso rigor técnico en muchas ocasiones, está conduciendo a que impere la consideración del precio más bajo como criterio de selección, en detrimento de la adecuada calidad en la definición y ejecución de las soluciones.

Además, y mientras las nuevas normas sean publicadas, la exigencia del mercado CE de los dispositivos reductores de ruido, no se está en general

aplicando correctamente. En la mayor parte de las ocasiones, no se presenta la documentación según requiere la UNE EN 14388 publicada y en muchos casos están circulando certificados de ensayo relativos a la absorción sonora realizados incorrectamente por no eliminar huecos entre paneles y paredes de la cámara reverberante que generan resonadores falseando los resultados (este aspecto, ha quedado clarificado en la nueva revisión de la norma correspondiente). Así mismo, se están detectando problemas en la evaluación mediante cálculos de la resistencia de los paneles según EN 1794-1, que están generando serios problemas en obras ejecutadas.



**Ejemplos de barreras acústicas en malas condiciones.**

La actual crisis económica, no viene precisamente a mejorar esta situación sino incluso a agudizarla, ya que va a suponer una importantísima caída de las actuaciones previstas o que pudieran ejecutar las administraciones públicas que, salvo escasas excepciones, son las únicas con capacidad para realizar este tipo de actuaciones.

En contraposición, entendemos que hay razones para mantener un moderado optimismo de cara al futuro, ya que cada vez hay más personal técnico con una adecuada formación y experiencia en el sector y el marco normativo y legislativo está más desarrollado. Será preciso, no obstante, que la industria implicada apueste decididamente por la I+D+i y por la aplicación de criterios de sostenibilidad en este tipo de obras.

La toma en consideración de los criterios que permitan definir la sostenibilidad de las diferentes actuaciones y planes de acción contra el ruido, deberá ser uno de los pilares en que se sustente el desarrollo de este sector en el futuro.

El proyecto QUIESST, que se inició en noviembre de 2009 y se focaliza en la reducción del ruido de las infraestructuras de transporte, considerando el análisis coste beneficio, bajo el prisma de la Directiva Europea del Ruido y con una perspectiva holística de las soluciones en base a la propagación de las ondas sonoras y de los sistemas pasivos de compensación acústica, financiado dentro del FP7 por la CE y en el que participan organismos de investigación y empresas de Alemania, Austria, Bélgica, España, Francia, Holanda, Italia y Reino Unido, puede ilustrar la tendencia del futuro desarrollo tecnológico de este sector de actividad.

Las dotaciones y dispositivos reductores de ruido para infraestructuras de transporte suponen una costosa inversión y conviene no olvidar que su única misión es la adecuada mejora de las condiciones acústicas en el entorno de las infraestructuras, ya que rara vez aporta otra funcionalidad diferente. Esto que parece obvio, se descuida en la práctica más frecuentemente de lo que podría suponerse, al no prestar la adecuada atención a la redacción de los proyectos o al tomarse decisiones parciales que afectan o modifican lo inicialmente previsto en los estudios de evaluación de impacto acústico y proyectos de medidas correctoras y que afectan seriamente a la eficacia acústica y por tanto a la justificación económica de la inversión.

*<<Deberemos evitar el riesgo de que los dispositivos reductores de ruido de tráfico sean poco más que unos “lienzos para grafitis”.>>*

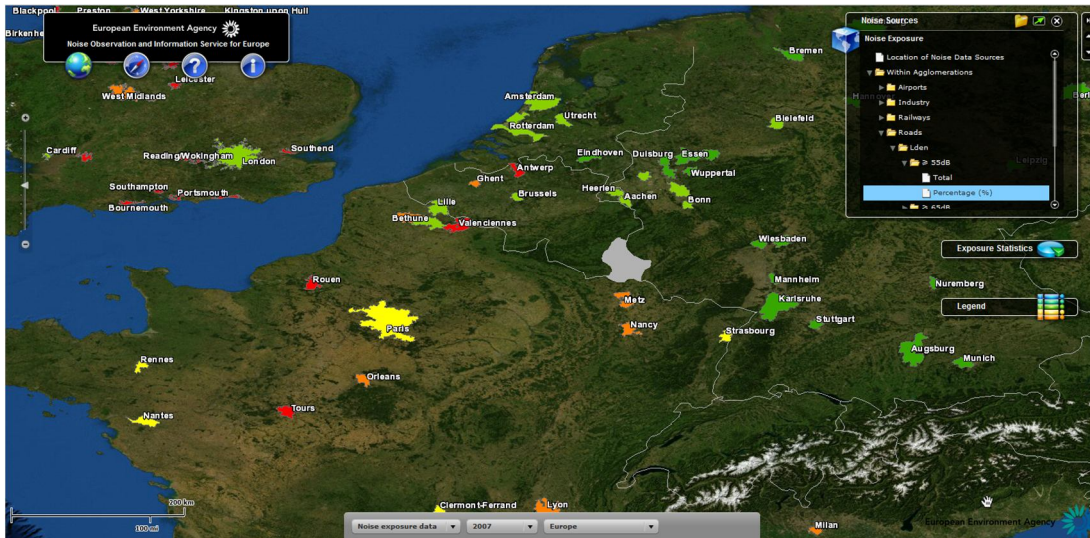
## **2.7. Conocimiento adquirido a partir de algunos proyectos europeos.**

### **NOISE OBSERVATION AND INFORMATION SERVICE FOR EUROPE (NOISE).**

**NOISE** es el Servicio de Información y Observación del Ruido para Europa mantenida por la Agencia Europea de Medio Ambiente(AEMA) y el Centro Temático Europeo para la Contaminación del Aire y Mitigación del Cambio Climático(ETC-ACM) en nombre de la Comisión Europea. Contiene datos relacionados con Mapas Estratégicos de Ruido entregados de acuerdo con la Directiva Europea 2002/49/ CE del Consejo, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

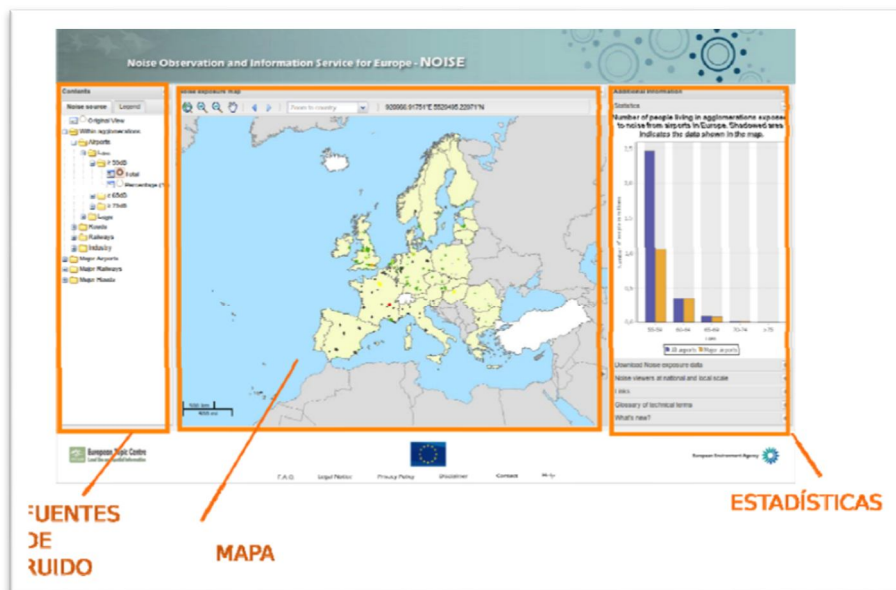
También conocida como la Directiva sobre el ruido ambiental, o END, establece un sistema de identificación de la fuente, metodología para realizar los mapas de ruido y evaluaciones de la exposición de la población sobre la base de indicadores de ruido armonizados para Europa.

La AEMA solicita a todos sus Estados miembros y colaboradores el proporcionarla información requerida por la Directiva sobre el ruido ambiental debido a que la contaminación acústica es un problema paneuropeo. EEE produce evaluaciones de los efectos del ruido, que tienen como objetivo cubrir todas las áreas geográficas de Europa más afectadas por la red principal de transporte y fuentes de ruido industrial.



### Interfaz de visualización de NOISE.

El portal web NOISE, ha sido diseñado para acceder de manera sencilla a los principales indicadores de ruido establecidos por la directiva Europea. Como se puede apreciar en la siguiente figura, en la parte de la izquierda podemos elegir las fuentes de ruido que deseamos consultar. Estas incluyen todas las fuentes de ruido y para cada una de ellas se podrán consultar los niveles nocturnos (L<sub>night</sub>) o globales (L<sub>den</sub>, o nivel día-tarde-noche), y diversos niveles de exposición (en decibelios). En este apartado también es posible elegir si deseamos ver valores absolutos o relativos. Todas estas opciones están disponibles navegando por el árbol rotulado “NoiseSources”.



### Vista general de NOISE.

## PROYECTO CITYHUSH

**CityHush** es un proyecto de tres años de investigación co-financiado por la Comisión Europea, dentro del 7<sup>o</sup> Programa Marco. La actividad debe apoyar la política europea contra el ruido para eliminar los efectos nocivos de la exposición al ruido y disminuir los niveles de creación de ruido del transporte, sobre todo en las zonas urbanas y la elaboración de soluciones que garanticen el cumplimiento de las limitaciones de los límites legislativos.

Un objetivo principal es proporcionar a los municipios las herramientas para establecer mapas de ruido y planes de acción (Directiva 2002/49 / CE) y que les suministre una amplia gama de soluciones técnicas validadas para los problemas específicos de puntos problemáticos que se encuentran en su ciudad específica.

**Los resultados del proyecto se agrupan en las siguientes líneas de trabajo:**

- Herramientas para la creación de Zonas Tranquilas
- Métodos para la evaluación del ruido y la molestia que genera
- Control de ruido y vibraciones en la fuente
- Atenuación en la propagación de ruido de tráfico rodado



**Evaluación acústica, validación y promoción de zonas tranquilas y parques en el interior de las ciudades.**

## PROYECTO QUADMAP (QUIET AREAS DEFINITION AND MANAGEMENT IN ACTION PLANS):

El acrónimo **QUADMAP** significa Definición y Gestión de los Planes de Acción en zonas tranquilas. El proyecto tiene como objetivo ofrecer un método y directrices relativas a la identificación, delimitación, caracterización, mejora y gestión de zonas tranquilas en las zonas urbanas como se define en la Directiva sobre el ruido ambiental 2002/49 / CE.

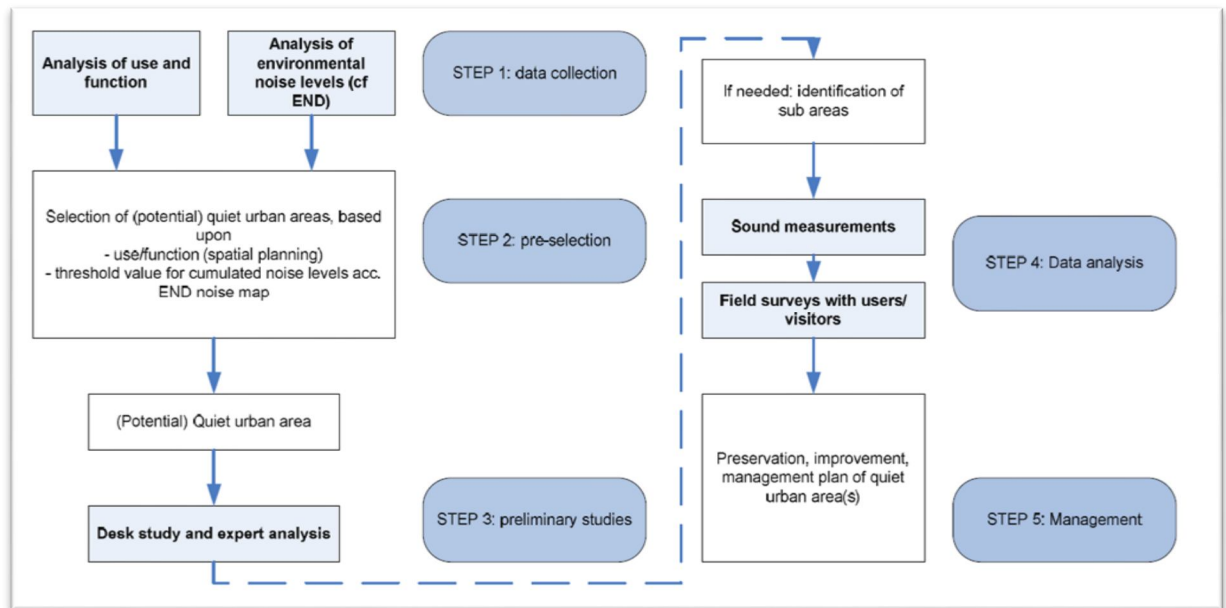
El proyecto también ayudará a entender la definición de una zona urbana tranquila, el significado y el valor añadido para la ciudad y sus ciudadanos en materia de salud, seguridad social y disminuir los niveles de estrés en los hombres.

Nueva definición de área urbana tranquila propuesta por QUADMAP:

**Área urbana cuyo uso y función actual o futura y requieran un ambiente acústico específico, lo que contribuye al bienestar de la población.**

Criteria	Description	Parameters	Rating	Comments, explanations
Urban equipment	Presence and location of urban equipment	% m <sup>2</sup> or n. of benches, games and other facilities		
Proximity from/to noise sources	Proximity to noise sources means possible high noise levels. If users can see noise source it influences on their noise perception psychologically.	Main noise source is next to QUA and it is visible by users Main noise source is next to QUA and it is invisible by users Main noise source is far to area	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; gap: 5px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #FFFF00; border: 1px solid black;"></div> </div>	Depending upon which position within the park. Along the borders of the park main roads that are visible, but ample opportunity to get deeper in the park and out of sight (and ear) of noise sources.
Presence of a noise sources	Presence of one or more kind of noise sources	Road, rail and airplane traffic noise Road and rail traffic noise Road traffic noise	<div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black;"></div>	See above regarding road and railway (metro) noise
Taxonomy of noise sources	Identification and classification of noise sources	Traffic sounds (cars, tractors, buses, planes)	<div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black;"></div>	All sources can be heard in different parts of the park and in different combinations (and perception/valuation).

**Ejemplo de la propuesta de un método armonizado para la selección, el análisis y la gestión de las áreas urbanas tranquilas y herramientas aplicativas.**

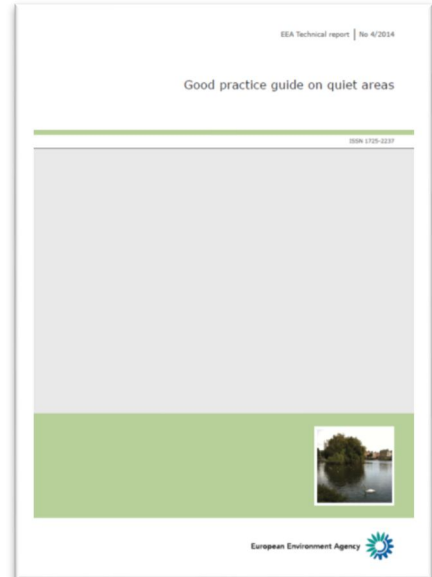


**Propuesta de evaluación de los paisajes sonoros en parques y zonas tranquilas.**

## 2.8. Guía de Buenas prácticas para Zonas Tranquilas (Agencia Europea del Medioambiente)

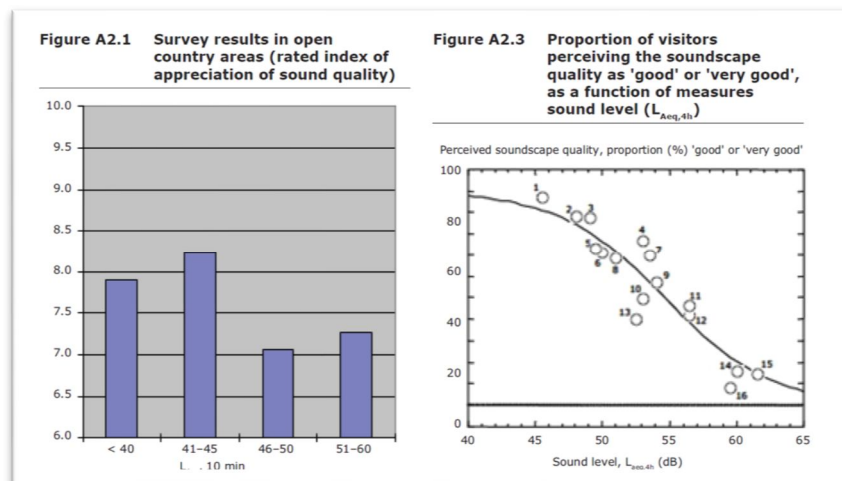
*Good practice guide on quiet areas. EEA Technical report No 4/2014.*

La contaminación acústica es un problema creciente para el medio ambiente europeo. Transporte e industria son las principales fuentes de preocupación y la exposición a largo plazo puede dañar la salud humana y afectar negativamente a los ecosistemas. La legislación europea tiene como objetivo reducir la contaminación acústica y también destaca la necesidad de preservar ciertas áreas en las que esta contaminación no está presente. Estas llamadas áreas tranquilas se pueden encontrar, no sólo en las zonas rurales, sino también dentro de nuestras ciudades más concurridas. No sólo son donde las personas pasan el tiempo libre, sino también el lugar donde viven y trabajan, así que ¿cómo pueden ser identificadas y preservadas con el fin de proteger la salud del medio ambiente y el bienestar? Este informe ofrece un resumen de las acciones de toda Europa para identificar y proteger los ambientes con buena calidad acústica.



Sus principales aportaciones tratan sobre los siguientes temas:

- **Definición de sonido, ruido y zonas tranquilas.**
- **Definición de criterios para determinación de zonas tranquilas**
- **Análisis económico y valoración de las zonas tranquilas**
- **Metodología para la identificación de las zonas tranquilas**
- **Investigación y estado del arte en la evaluación de zonas tranquilas**



**Apreciación y molestia en zonas tranquilas**



## **2.9. Iniciativas españolas para la Gestión de la Contaminación Acústica Urbana**

### **ANÁLISIS DEL RUIDO GENERADO DURANTE LA RECOGIDA DE LOS RESIDUOS DOMÉSTICOS EN DIVERSOS MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE BARCELONA**

En los últimos años, con la aprobación de la Ley 37/2003 del ruido, de ámbito estatal, así como de diversas leyes autonómicas (en el caso de Catalunya, la Ley 16/2002, de protección contra la contaminación acústica), se ha consolidado el marco normativo que regula el ruido generado por los diversos emisores acústicos presentes en el territorio. Este hecho, junto con una creciente sensibilidad por parte de la ciudadanía respecto a la mejora de la calidad de vida en nuestras ciudades y, en particular, respecto a los niveles de ruido, ha propiciado un incremento de las quejas presentadas por los ciudadanos ante la administración, en relación con la molestias generadas por el ruido. En particular, en un número creciente de municipios de la provincia de Barcelona, se ha producido un notable incremento de las quejas relacionadas con el ruido que generan los servicios municipales de recogida de residuos domésticos.

En este sentido, a petición de los municipios que integran la Red de Ciudades y Pueblos hacia la Sostenibilidad, donde la Diputación de Barcelona actúa como secretaria técnica de esta asociación, se ha realizado un estudio en el año 2013 con el objetivo de caracterizar el ruido generado durante el proceso de recogida de los residuos municipales en un total de 6 municipios de la provincia de Barcelona que presentan características urbanas similares (ciudades compactas, con edificios de hasta cinco plantas y aceras anchas). El estudio, que incluye el análisis de tres sistemas de recogida diferentes (sistemas de carga posterior, carga lateral y carga bilateral) en condiciones reales de funcionamiento, tiene en cuenta también diferentes tecnologías de motor de los camiones de recogida (gasoil y gas natural). La recogida de datos, que fue encargada a Tecno Campus Mataró-Maresme, comprende un total de 160 mediciones de campo.

En esta comunicación se pretende hacer un análisis de los datos obtenidos, con el objetivo de caracterizar el ruido generado en la recogida de residuos domésticos, analizar cuáles son los niveles de ruido obtenidos en cada uno de los sistemas de recogida estudiados, así como la influencia de las diferentes tecnologías del motor y, finalmente, valorar el grado de cumplimiento de la normativa aplicable en materia de contaminación acústica.

## ZONAS PILOTO DE REDUCCIÓN DE OCIO NOCTURNO EN BARCELONA

En Barcelona se han designado tres zonas piloto para llevar a cabo un conjunto de propuestas para reducir los niveles del ruido derivado de las actividades de ocio nocturno en el espacio público.

Estas áreas se caracterizan por la concentración de gente en las calles por la noche ligada a la oferta existente de establecimientos de pública concurrencia: ya sean discotecas, locales de restauración o de ocio. La problemática se centra sobre todo los jueves, viernes y sábado, cuando los niveles acústicos se mantienen altos, en unos horarios en los que es preciso compatibilizar la oferta de servicios recreativos con el derecho al descanso de los vecinos.

En concreto, las tres áreas son las siguientes:

<b>Distrito</b>	<b>Zonas</b>
Ciutat Vella	Discotecas y bares
Eixample	Terrazas
Sarrià-St Gervasi	Discotecas y bares

Con el fin de compartir criterios y líneas de trabajo se convoca a los responsables de los locales de pública concurrencia de las diferentes áreas de estudio para valorar conjuntamente posibles colaboraciones. El objetivo es intentar encontrar propuestas consensuadas y determinar las medidas de actuación más eficaces para afrontar esta problemática.

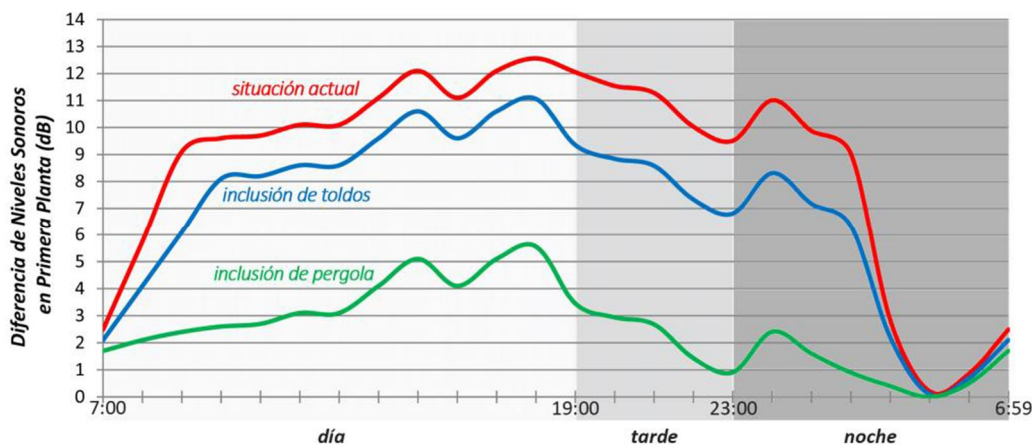
De entre las propuestas (actualmente en diferente grado de implantación) figuran las que se mencionan a continuación:

- 1- Realización de pruebas de sensibilización en terrazas y en accesos a los locales con rótulos luminosos, dando información en tiempo real del ruido existente.
- 2- Colocación de proyectores lumínicos de noche que proyecten en el suelo imagen/mensaje de la campaña, orientado a recordar que es preciso respetar a los vecinos
- 3- Reproducir una falca antes del horario de cierre recordando la necesidad de reducir el tono de voz una vez fuera de la calle.
- 4- Presencia de promotores fijos que intervienen en la sensibilización de la gente en la calle.
- 5- Estudiar acústicamente las calles y analizar la viabilidad de ejecutar actuaciones de atenuación/absorción acústica
- 6- Instalación de sonómetros de intemperie en todas las áreas piloto para monitorizar los niveles acústicos de la zona y diagnosticarlas.

De la evaluación de la implantación del conjunto de medidas que se determinen se estudiará posteriormente la posibilidad de replicarlo en otros puntos de la ciudad con la misma casuística.

## REALIDAD VIRTUAL EN EL DISEÑO DE PLANES DE ACCIÓN CONTRA EL RUIDO DE OCIO: PROYECTO PILOTO DE LA AVENIDA PLUTARCO (MÁLAGA)

Este proyecto piloto tiene como objetivo diseñar medidas correctoras en aras de disminuir los niveles acústicos ambientales existentes en la Avenida Plutarco (Málaga) debido a la concentración de locales de ocio y sus terrazas. En la exposición de resultados se han empleado técnicas de realidad virtual para permitir, de una forma clara e intuitiva, visualizar y escuchar a priori los planes de acción propuestos y los niveles acústicos obtenidos. De esta manera se pretenden facilitar los procesos de participación ciudadana y la accesibilidad a la información en las intervenciones urbanísticas municipales.



**Variación de los Niveles Sonoros con diferentes soluciones.**

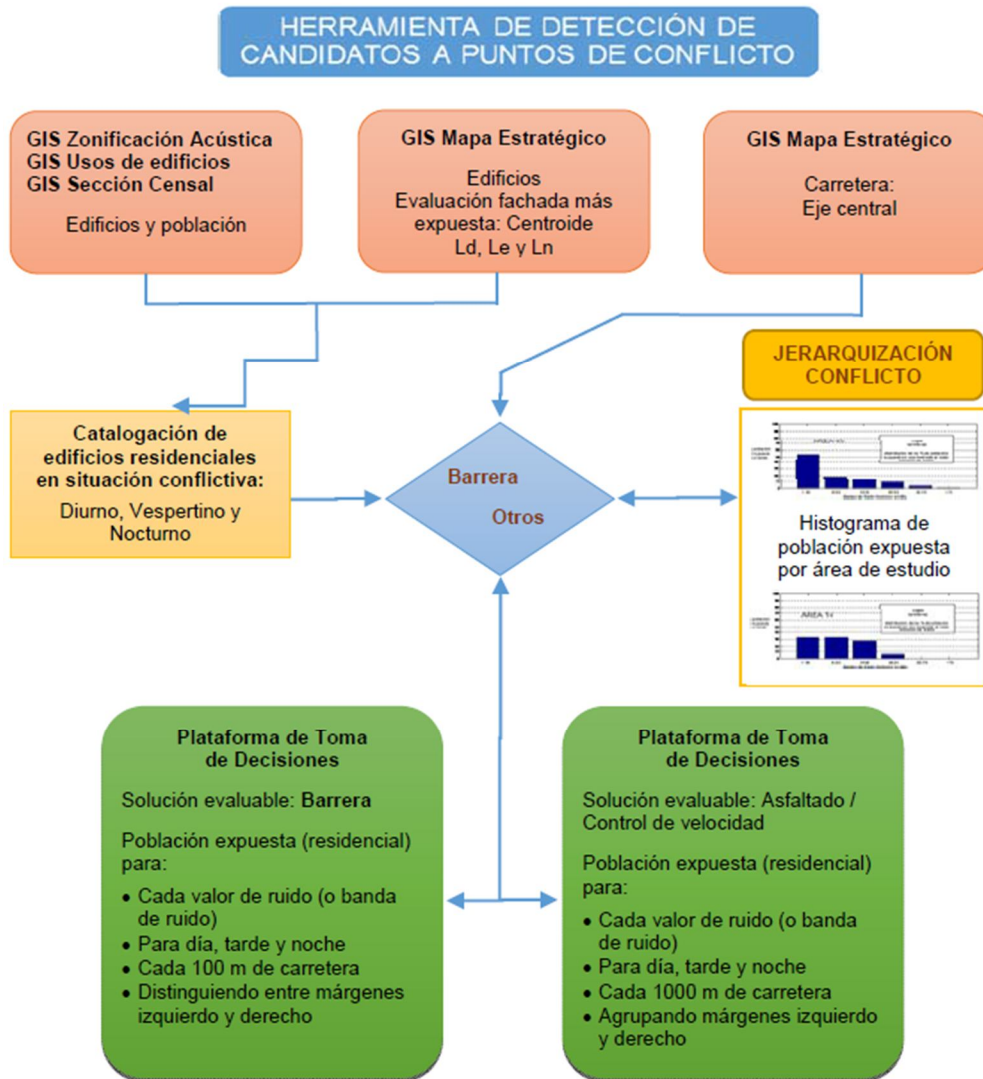
### REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DIARIOS POR LA APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS

El proyecto piloto afronta y propone soluciones ante un tema especialmente complicado para las administraciones públicas, como es el control del ruido provocado por las actividades de ocio. Se ha demostrado igualmente que estas soluciones no son sólo teóricas sino que están aplicándose en casos concretos de conflicto urbano.

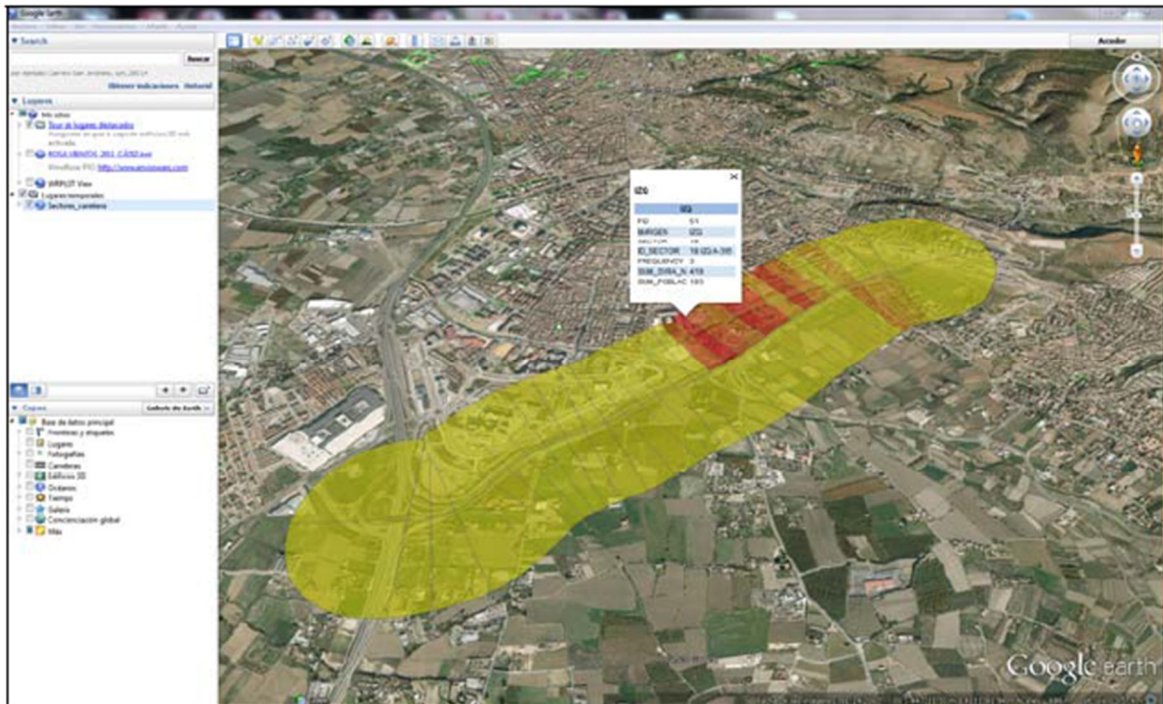
Asimismo la metodología empleada supone una innovación importante respecto a los tradicionales planes de acción contra el ruido, ya que éstos actualmente presentan sus resultados exclusivamente en base a parámetros acústicos, lo cual impide a la población general comprender adecuadamente el impacto del mismo. Por ese motivo el presente estudio permite a la administración pública evaluar de forma previa la percepción y la opinión de la población ante las medidas correctoras que se proponen. De manera que se implica a la ciudadanía, se favorecen los procesos de información pública y se asegura el éxito final del plan ya que es la propia población la que ha participado en la elección del mismo.

## HERRAMIENTA SIG PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA LUCHA CONTRA EL RUIDO DE GRANDES INFRAESTRUCTURAS DE TRÁFICO EN ANDALUCÍA: PROYECTO GARITA

A la hora de afrontar la realización un plan de acción contra el ruido nos encontramos con el problema que representa el hecho de que el diagnóstico ofrecido por los mapas estratégicos de ruido es a “macro-escala”, cuando muchas de las actuaciones incluidas en los planes de acción deberán ser diseñadas y evaluadas a “micro-escala”. GARITA es una herramienta basada en SIG que supera este inconveniente y permite descubrir las verdaderas zonas de conflicto. GARITA está pensada para ser usada por los responsables de la toma de decisiones de la administración, ayudándoles en la apreciación sobre la urgencia de las intervenciones (jerarquización) y en la valoración de la eficiencia esperada de las medidas en función de un conjunto de criterios objetivos.



**Resumen/Diagrama de flujo de la herramienta de detección**



**Ejemplo en SIG de una zona de actuación prioritaria.**

## CONCLUSIONES

1. La calidad de los resultados de la herramienta GARITA está vinculada a su vez a la calidad del Mapa Estratégico de Ruido. Por tanto se necesitan:
  - a. Añadir un sistema de control de calidad y de alarma que advierta de posibles deficiencias en el modelo con que se ejecutó el mapa de ruido.
  - b. Incorporar un sistema externo (¿o interno?) a GARITA que permita la reevaluación micro de las áreas candidatas a la intervención, jerarquizando los puntos de intervención de manera consolidada.
  
2. La Herramienta puede evolucionar en varias direcciones, pero siempre tendremos limitaciones insoslayables:
  - a. La necesidad de trabajar con un software de simulación acústica externo a GARITA que evalúe con precisión la eficacia de las medidas propuestas.
  - b. La viabilidad casi siempre habrá de evaluarse "in situ".
  - c. La respuesta ciudadana.
  
3. GARITA no es una caja negra, ya que permitirá al usuario definir las variables y parámetros de trabajo siguientes:
  - a. Tipología de medida contra el ruido. Vincula los parámetros de análisis al tipo de medida seleccionada: ya sea barrera, asfaltado, velocidad y asilamiento.
  - b. Coste de la obra y la relación coste/beneficio.

## **REFLEXIONES DE UN ESTUDIO ACÚSTICO ASOCIADO A LA ELABORACIÓN DE UN PLAN ESPECIAL DE DESARROLLO URBANÍSTICO SEGÚN EL REAL DECRETO 1367/2007 EN UN ÁMBITO DE VIGO**

En el informe se realiza una evaluación acústica de los niveles sonoros que se generarán en la fachada de las viviendas existentes y de las previstas en el futuro desarrollo, inducidos por el tráfico rodado. En este sentido, los focos sonoros considerados son principalmente un nuevo vial de alta capacidad y los viales, que se pueden considerar tramos urbanos, que se ejecutarán en el emplazamiento geográfico analizado. Según lo expuesto anteriormente, los objetivos de calidad para este estudio serán los indicados en la tabla A (objetivos de calidad acústica) del Anexo II del Real Decreto 1367/2007, disminuidos en 5 dBA y por tanto, en función de los tipos de área acústica existentes:

Los mapas acústicos se han elaborado mediante el empleo de un modelo de previsión que cumple la norma de cálculo recomendado por la Directiva Europea 2002/49/CE sobre Evaluación y Gestión del ruido ambiental para el ruido de tráfico rodado; seleccionando los factores condicionantes necesarios (tales como los intervalos de medida y la altura de la evaluación acústica), obteniéndose los índices  $L_d$ ,  $L_e$  y  $L_n$  según el Real Decreto 1367/2007 por el que se completa el desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.

La situación acústica en el escenario futuro refleja lo siguiente:

- valores acústicos que superan los límites admisibles en las fachadas de las edificaciones (viviendas) de uso residencial de primera línea de traza
- valores acústicos que no superan los límites en las fachadas de las edificaciones de uso terciario de primera línea de traza.

La medida de actuación propuesta consiste en la instalación de una pantalla acústica para la reducción de los valores acústicos de las fachadas de las edificaciones (viviendas) de uso residencial de primera línea de traza hasta valores por debajo de los límites establecidos.

En conclusión, tras el dimensionamiento de la pantalla propuesta en el modelo de predicción se ha comprobado que los niveles sonoros obtenidos en las fachadas expuestas cumplen los objetivos de calidad acústica que establece el punto 2 del artículo 14 del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre. Por tanto puede establecerse un cumplimiento acústico favorable.

## **IMPACTO ACÚSTICO GENERADO POR LA RECOGIDA DE RESIDUOS EN VIGO**

Debido a problemas de tipo orográfico, la recogida diurna de residuos en determinadas zonas del municipio resulta prácticamente imposible. Por esta razón se realiza durante la noche, por temas de movilidad del tráfico urbano.

Se trata de evaluar la variación de la situación acústica ambiental producida por el proceso operativo de recogida de residuos urbanos, mediante vehículos destinados a tal fin, en 17 puntos de la ciudad de Vigo. Para ello se recogió información acústica durante el proceso de vaciado de los contenedores de residuos y, de cara a una comparativa, en ausencia de la influencia acústica del vehículo encargado de la gestión de residuos.

Resulta importante destacar que todas las medidas se realizaron entre las 23:30 a las 2:30 horas en períodos de medida que abarcaron la influencia de la operativa (variable de 40 s. a 2:37 min), mientras que la situación acústica normal existente en los emplazamientos escogidos se evaluó mediante muestras continuas de 10 minutos.

En relación a los parámetros acústicos obtenidos en cada estación de medida se determinó el LAeq (nivel continuo equivalente) y los percentiles L10, L50 y L90, así como los valores correspondientes a los niveles sonoros instantáneos máximo y mínimo del intervalo temporal (LM<sub>máx</sub> y LM<sub>mín</sub>).

Después de este trabajo de campo se concluye que en todos los puntos analizados se aprecia una variación en la situación acústica existente debida a la recogida de residuos mediante un incremento de los niveles sonoros que se refleja en el aumento del LAeq entre 5,8 y 22,2 dBA, situándose en una media del incremento en 13,1 dBA. Se obtienen valores máximos instantáneos superiores en prácticamente todos los casos a los 80 dBA (alcanzando algunos de ellos los 85 dBA). Durante el 90% del período de vaciado de los contenedores los niveles sonoros superan a los 75 dBA y durante el 10% de ese período los 82 dBA.

En los espectros frecuenciales se detecta una distribución de energía acústica que abarca todo el abanico de frecuencias, reflejándose una presencia energética importante a bajas frecuencias (31,5 – 500 Hz). Una vez aplicada la ponderación A, se observa que las frecuencias predominantes son las comprendidas entre 63-125 Hz y entre 1000-2000 Hz. Por otra parte, la distribución energética del nivel continuo equivalente guarda una gran semejanza con la perteneciente al nivel instantáneo máximo.

A modo de reflexión o de recomendación la solución para mitigar esta problemática se centra fundamentalmente en el diseño del tipo de vehículo a utilizar.

## CARACTERIZACIÓN SONORA EXPERIMENTAL DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

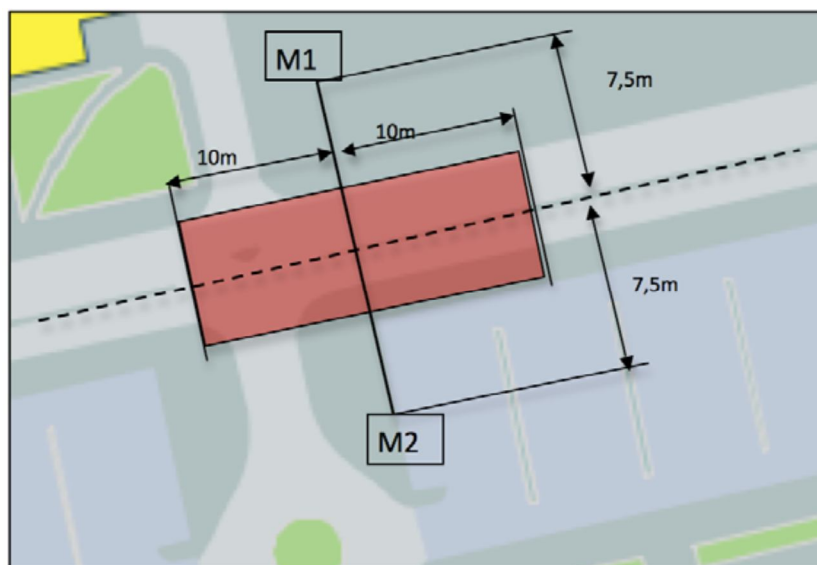
El presente trabajo se ha basado en el ensayo estandarizado Coast-by con la finalidad de comparar los niveles registrados con los ábacos de caracterización de ruido de diferentes modelos de predicción.

La pista sobre la que han circulado los vehículos, cumple con los requisitos marcados por la norma ISO 13325, siendo una superficie plana, en todo su recorrido, la cual permite alcanzar las velocidades deseadas en la prueba sin dificultad, dado que su recorrido total es aproximadamente de unos 600 m, que permite diferenciar 3 tramos de pista:

- Zona de aceleración.
- Zona de medición.
- Zona de frenada.

Las velocidades tomadas en los ensayos, según la normativa deben estar comprendidas dentro del intervalo entre 70 y 90 km/h en el caso de querer ceñirnos estrictamente a la normativa, pero en este caso se ha creído conveniente ampliar el rango de velocidades por debajo de estas debido a que el objetivo no es cuantificar el ruido generado por una superficie o un juego de neumáticos sino buscar un patrón de comportamiento sonoro del vehículo en función de la velocidad como se detallará más adelante.

Como se puede observar en la siguiente figura, los micrófonos fueron situados tal y como plantea la normativa, a 7,5m de la línea central del ensayo y a 1,2m del nivel del suelo.



**Croquis orientativo de las distancias para la realización de los ensayos.**



La pista de ensayos está construida mediante un tipo de asfalto compuesto por una base de 20cm de espesor de zahorra artificial, 20cm de espesor de zahorra artificial y una capa de rodadura formada por dos capas, una de 5cm de G-20 y otra de 4cm de S-20 con árido porfídico, con riegos de imprimación y adherencia. Por otro lado y en cuanto a parámetros acústicos de la pista de ensayos relacionados con la investigación, esta aportaría una absorción acústica promedio en función de la frecuencia de 0,16, siendo la lado la profundidad media de la textura (MTD) de 0.65mm, cumpliendo ambos parámetros los requisitos expuestos en la norma ISO10844:2011 para pavimentos destinados a ensayos acústicos.

El análisis de los ensayos experimentales se ha empleado para validar la siguiente consideración inicial: “El ruido de rodadura es el foco sonoro principal de los vehículos eléctricos”. Con este propósito se ha realizado el estudio sobre la variación del ruido de la rodadura en función del ancho del neumático y diferentes dibujos de banda de rodadura.

En cuanto al vehículo sobre el que se ha realizado el estudio ha sido un Renault Fluence ZE evaluándose sus niveles en circulación.

El ancho de los neumáticos empleados en este trabajo varía desde 185mm a 205mm de anchura, sin que ningún caso los vehículos instalasen medidas diferentes entre sus ejes y siempre con la misma banda de rodadura en cada juego de neumáticos.

## **Conclusiones**

Una vez analizados los resultados de los ensayos de rodadura, pueden extraerse diferentes conclusiones aplicables al estudio de las mediciones realizadas sobre los vehículos eléctricos. La conclusión más significativa dentro de este trabajo, es la validación de la consideración inicial del trabajo en la cual se consideraba el comportamiento acústico de un vehículo eléctrico similar al mostrado por el ruido de rodadura de un vehículo convencional en función de la velocidad de circulación. Al tener en cuenta la diversidad de materiales y tipología de neumáticos, se han obtenido datos de variabilidad del ruido generado por los neumáticos de  $\pm 1,5$  dB(A), coincidiendo esta variación con la considerada por diferentes estándares de predicción de ruido basados en la metodología de ensayo empleada en este trabajo y expuesta en la ISO 11819 " Método para medir la influencia de las superficies de la carretera en el ruido del tráfico"

### 3. RUIDO Y CIUDADANÍA

#### 3.1. Introducción

La participación de la ciudadanía en la toma de decisiones de la administración local en general y, muy especialmente, en la gestión y control de los principales problemas que le afecta como habitantes urbanos, es algo que tradicionalmente se viene reclamando por parte de asociaciones y colectivos vecinales desde hace mucho tiempo. Cuando se han dado las circunstancias que ha permitido dicha participación, normalmente no se ha caracterizado por ser especialmente masiva. Históricamente, sin embargo, esos cauces participativos han brillado más por su ausencia que por su existencia, limitando considerablemente las posibilidades de colaboración ciudadana en la mejora de la calidad de vida en los municipios.

Este panorama está cambiando radicalmente en los últimos años motivado, principalmente, por tres circunstancias:

- a) El desarrollo de una normativa específica que otorga a la ciudadanía derechos y obligaciones en relación al acceso a la información (suministrada por las administraciones) y a la necesidad de su contribución en procesos participativos.
- b) La progresiva implantación del modelo de desarrollo sostenible en las ciudades, impulsado por un organismo municipal específico - la Agenda 21 Local - que es, al mismo tiempo, el encargado de dinamizar, organizar e impulsar la participación ciudadana en todos los procesos de decisión.
- c) El auge de las nuevas tecnologías, como Internet y el uso de teléfonos inteligentes (*smartphones*), que facilita la recogida de información, tanto demandada por la ciudadanía como aportada por ella, y canaliza fácilmente el demandado proceso de participación ciudadana.

Así las cosas, un buen elemento para iniciar este análisis sobre ruido y ciudadanía, sobre actitudes ciudadanas, sobre percepción, sobre actitudes o sobre participación en procesos de elaboración de mapas de ruido y/o planes de acción, lo constituye el **Convenio de Aarhus** (Dinamarca, 1998) [1], pues en él se definió el marco político internacional de la democracia participativa en cuestiones medioambientales, poniendo en valor el principio del “poder para el pueblo” [2, 3].

También es conveniente recurrir a **Internet**, manido concepto de las telecomunicaciones que nació en 1969 [4], evolucionando desde un origen militar hasta suponer una verdadera catarsis en la Historia Humana al permitir a

cualquier persona, en cualquier lugar del mundo<sup>1</sup>, el acceso mediante un dispositivo común (móvil, conexión ADSL, Wifi, televisión, etc.) a todo el conocimiento humano volcado en la red (es previsible suponer que dentro de poco tiempo estará absolutamente todo lo que hemos sido capaces de crear en nuestra Historia), así como a numerosas capacidades telemáticas (gestiones administrativas, profesionales, culturales, educativas, etc.). El paso del tiempo está dando la importancia merecida a este hito histórico de democratización del conocimiento y de muchos servicios.

Finalmente, como se ha dicho, las aplicaciones y técnicas informáticas relacionadas con el concepto de **Big Data**, que no es más que la gestión de datos masivos, cuyas acciones se pueden resumir en Captura, Almacenamiento, Búsqueda, Compartición, Análisis, y Visualización [5].

Muchas de las herramientas capaces de todo esto son de acceso libre, como MySQL [6, 7] y PostgreSQL [8, 9], que se basan en el “lenguaje de consulta estructurado” SQL [10]; o MongoDB [11, 12] como ejemplo de sistema de bases de datos NoSQL. Por su parte, Oracle [13] es la aplicación mejor posicionada dentro del software privativo. Todas ellas están permitiendo el volcado y uso de ingentes cantidades de información ordenada en bases de datos de una potencia increíble, lo cual es de gran interés para las empresas y, por supuesto, para la población en general.

Si juntamos estos tres ingredientes en un mismo cóctel, podemos entender hacia dónde se dirige esta comunicación: ¿cómo se está planteando la participación ciudadana en ruido? ¿Hacia dónde se está dirigiendo?

Antes de entrar en materia veamos un poco el significado del concepto **participación ciudadana** y su marco teórico: “conjunto de acciones o iniciativas que pretenden impulsar el desarrollo local y la democracia participativa a través de la integración de la comunidad al ejercicio de la política. Está basada en varios mecanismos para que la población tenga acceso a las decisiones del gobierno de manera independiente sin necesidad de formar parte de la administración pública o de un partido político” [14].

En participación debe haber al menos dos partes; en la forma que nos interesa para esta ponencia son, concretamente, *gobierno y ciudadanos*.

De manera ideal se manejan conceptos como la *comunicación bidireccional*, el *compromiso* y la *corresponsabilidad*, lo que a la larga hará más fuerte la construcción de cualquier proyecto común de convivencia. También se tienen en cuenta otros conceptos fundamentales como la *estrategia de participación*, la *revisión y supervisión mutua*, la *documentación del proceso*, la *información* y la *toma de decisiones*.

---

<sup>1</sup> En el año 2006 el acceso a Internet superó los mil cien millones de usuarios [4]

Dentro de las herramientas de participación están los *eventos informativos* (jornadas, convocatorias propias, uso de los medios de comunicación, etc.), las *encuestas*, los *grupos de trabajo/talleres*, la *mediación* y los *foros*.

Internet, bien implantado en la sociedad actual, es la vía de comunicación del presente y futuro.

### 3.2. Marco Legal

Desde Aarhus, los Estados (especialmente en Europa) llevan implementando normas para dar cuerpo a la participación ciudadana. Veamos lo que cabe mencionar en lo respectivo al ruido (en orden cronológico):

- La Directiva 2002/49/CE de Ruido [15], aunque es poco condescendiente con el principio de participación, ya la contempla en los **planes de acción**:

7. Los Estados miembros garantizarán que se consulte a la población sobre las propuestas de planes de acción, que se les ofrezca a tiempo la posibilidad efectiva de participar en la preparación y revisión de los planes de acción, que el resultado de dicha participación se tenga en cuenta y que se mantenga informados a la población sobre las decisiones adoptadas. Deberán establecerse plazos razonables que permitan a la población disponer del tiempo suficiente para intervenir en cada una de las fases.

Cuando la obligación de llevar a cabo un procedimiento de participación de la población se derive simultáneamente de la presente Directiva y de alguna otra norma comunitaria, los Estados miembros podrán facilitar procedimientos comunes con el fin de evitar las duplicaciones.

#### **Figura 1. La participación ciudadana en la Directiva de Ruido, Artículo 8.7**

Además, tiene presente el principio de información pública en su artículo 9, si bien éste es un asunto pasivo en cuanto a participación. Esta norma ha sido transpuesta al marco estatal mediante la Ley 37/2003 [16]. Todo lo relativo a información pública (Mapas Estratégicos de Ruido y Planes de Acción) puede consultarse en el SICA [17].

- La Directiva 2003/4/CE relativa al acceso del público a la información medioambiental [18] es la primera de las dos normas que vertebró el Convenio de Aarhus en la Unión Europea, dedicándose exclusivamente a los aspectos de información pública. El ruido es contemplado como factor que afecta o puede afectar a los elementos del medio ambiente (artículo 2.1.b). Poco tiempo después fue aprobada la Directiva 2003/35/CE [19], centrada en la participación en los procedimientos de evaluación ambiental.

La transposición de ambas Directivas al Estado se ha hecho mediante la Ley 27/2006 [20]. Además de recoger el ruido en las definiciones tal y

como lo considera la Directiva 2003/4/CE, establece el vínculo de la participación en los procesos relacionados con la normativa de protección contra el ruido (artículo 18.1.b).

- La Ley 19/2013, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno [21], es una norma cuyo nacimiento no tiene que ver con el tema que se está tratando, pero que indudablemente tiene repercusiones positivas en todas las facetas de relación de los gobernantes con la ciudadanía, al regular específicamente la comunicación bidireccional y ejercer un autocontrol en los poderes ejecutivos.

### 3.3. Experiencias de participación ciudadana en ruido

La participación ciudadana a través del entorno de la **World Wide Web** está consiguiendo grandes hitos, unos buenos ejemplos son las **enciclopedias de volcado de conocimiento**: Wikipedia [22] y todos sus derivados, como Wikiloc [23] (sitio para descubrir y compartir rutas al aire libre); la generación de cartografía con OpenstreetMap (OSM) [24], etc.

Dando un paso más allá, existen ejemplos de **aportación colaborativa** como Blablacar (contacto entre conductores privados y viajeros para optimizar desplazamientos y abaratar costes) [25].

En la problemática del ruido parece que ahora mismo existen dos vías de exploración: los **paisajes sonoros** y las **denuncias**. Es muy interesante el efecto colateral que estas aplicaciones tienen, que es su potencial masivo para la **educación y la concienciación ciudadana** en contaminación acústica, pues no olvidemos que una temática tan técnica como la nuestra siempre resulta complicado hacerla entender a la población.

En este terreno, la incursión de aplicaciones móviles que permiten registrar y compartir datos en relación a eventos o situaciones acústicas vividas y/o experimentadas por la población en general (niveles acústicos, estados de opinión, percepción, etc.) otorgan infinitas posibilidades tanto para la administración como para la ciudadanía. Posibilidades que están aún por explorar y explotar desde el punto de vista de su utilidad más allá de la mera transmisión de una queja o denuncia, pensando más en una participación constructiva en la consecución de los objetivos de control y prevención de la contaminación acústica urbana.

La idea básica de la participación en los paisajes sonoros es que la gente graba y vuelca en la red los sonidos con su móvil. Esta acción tiene connotaciones positivas, como puede ser compartir de forma inmediata paisajes sonoros naturales o culturales, un concierto musical o un clamor popular, pero también es útil como vehículo de denuncia de unas malas condiciones sonoras detectadas por el usuario en un momento determinado.

En el apartado de las **denuncias** casi todo está por hacer, y existe una incertidumbre acerca de si sería viable que la Administración Pública pueda validar la medición realizada por un usuario carente de la formación técnica adecuada, con su móvil. Probablemente la mayor utilidad que pueda ejercer la ciudadanía en estos casos sea la aportación de datos masivos que permita la localización espacial de “puntos calientes” en tiempo real.



Dentro de las experiencias en este campo, cabe mencionar que en el municipio de Elmbridge (Condado de Surrey, Gran Bretaña) existe una aplicación móvil y un sistema montado para gestionar denuncias vía web:

<http://www.elmbridge.gov.uk/envhealth/noise/noiseguide.htm>

La app permite al denunciante realizar grabaciones de audio del ruido percibido y otros detalles sobre la naturaleza de la perturbación (fecha y hora, efectos sobre el afectado y otros datos que uno mismo graba junto a la muestra), para después subirla a la web y compartirla con la administración responsable. Así mismo, estas grabaciones se pueden admitir como pruebas para tomar acciones legales.

### 3.3.1. “En torno a tu móvil”: el volcado ciudadano de datos a www

Son muchas las aplicaciones y portales de Internet que comienzan a canalizar todo este torrente de información que “brota” de los teléfonos inteligentes de la población. Algunos ejemplos los encontramos en los siguientes enlaces:

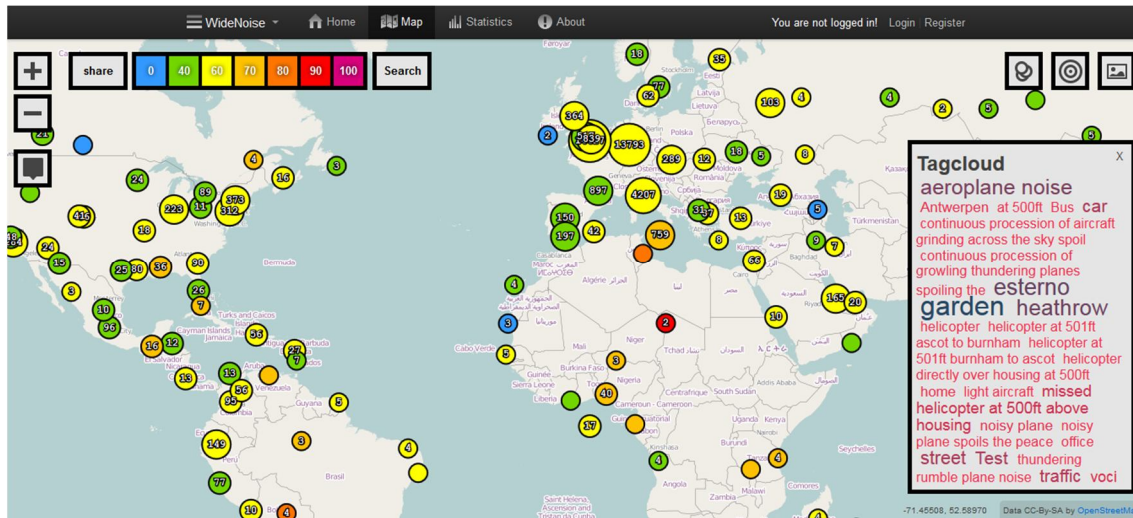
#### WideNoise

Este proyecto desarrollado en Europa comenzó en 2009 y va por la versión 3.0. El objetivo de la aplicación es familiarizarse con los paisajes sonoros y cómo se miden. El móvil hace las veces de un sonómetro, obteniendo el nivel sonoro del lugar, que se vuelcan en Internet. De momento, es una herramienta básicamente educativa.

La app puede descargarse en: <http://www.widetag.com/widenoise/>

La extensión cartográfica en la que se vuelcan los datos geolocalizados de nuestras mediciones muestra un indicador global obtenido de los datos de todos los usuarios que proceden de un mismo territorio, y que varía en función de la escala con la que estemos navegando: el mapa, cuya base cartográfica es OSM, tiene zoom que permite acercarse a una zona determinada. Cuenta con una doble escala (de colores y tamaño del globo) en función del intervalo de decibelios que obtienen los usuarios y del número de usuarios que comparten localización.

<http://cs.everyaware.eu/event/widenoise/map?>



**Figura 2. Visor del mapa de ruido del proyecto WideNoise**

Por concluir, el siguiente enlace conecta con el blog de uno de los desarrolladores:

<http://es.slideshare.net/folletto/the-widenoise-project>

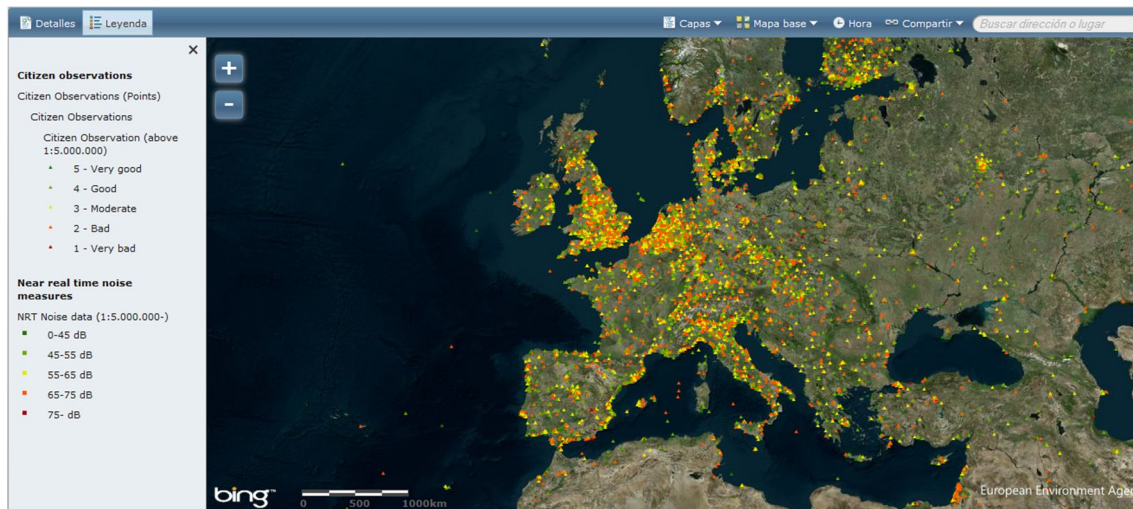
### **NoiseWatch (EEA)**

Esta aplicación para móviles forma parte de un proyecto más amplio promovido por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, en inglés EEA). Además de la aplicación de ruido, la EEA ha puesto a disposición de los usuarios de móviles un enlace en tiempo real a la red pública de información y vigilancia de la calidad atmosférica, un listado de más de 150 consejos verdes aplicables al día a día, y una red colaborativa de vigilancia de la presencia de basura en el medio marino y en las playas. El acceso a todas estas aplicaciones, en el siguiente enlace: <http://www.eea.europa.eu/mobile/>. El marco general lo constituye el proyecto Ojo-sobre-La Tierra ([www.eyenearth.eu](http://www.eyenearth.eu)), una asociación entre la EEA, Microsoft y ESRI, proyecto a gran escala para promover la comunicación bidireccional entre las agencias ambientales y los ciudadanos europeos.

Los datos tomados por los usuarios se geolocalizan gracias a un convenio con la empresa de Sistemas de Información Geográfica ESRI:

<http://www.arcgis.com/home/item.html?id=0fbc61e21fb94075bdaa20feca509445>

El enlace al visor: <http://discomap.eea.europa.eu/map/NoiseWatch/>



**Figura 3. Visor del mapa de ruido del proyecto NoiseWatch**

Los ciudadanos pueden evaluar subjetivamente el ruido de su entorno utilizando una escala de cinco puntos, y estos datos se presentan en combinación con mediciones oficiales a través de estaciones de monitoreo permanentes. No hay ningún control de calidad de los datos volcados por la población, ni siquiera en la ubicación del participante. Por el momento la aplicación tiene unos fines educativo-informativos, pero su potencial es muy grande.

### **2loud?**

Aplicación para móviles pensada para la monitorización por parte de los ciudadanos del efecto del ruido generado por el tráfico en el interior de sus viviendas durante el período de descanso. Está previsto que, una vez se hayan volcado de forma masiva datos a la red, pueda servir como herramienta para la gestión del ruido del tráfico, pudiendo establecer prioridades de actuación en función de los casos más graves. El proyecto piloto, realizado en Australia, ha determinado que casi el 50% de los participantes están soportando niveles no saludables de ruido nocturno en sus casas [26].

El enlace al proyecto: <http://www.2loud.net.au/>

**NoiseTube** [www.noisetube.net](http://www.noisetube.net), app desarrollada por Sony y la Vrije Universiteit Brussel [27, 28], sus planteamientos son como los ya descritos: los ciudadanos miden el ruido que perciben con sus móviles y lo vuelcan a cartografía.

**Sound Around You** [www.soundaroundyou.com](http://www.soundaroundyou.com), desarrollado por la Universidad de Salford, Manchester [29], tiene un enfoque original diferente a los anteriores y de carácter más positivo, pues está orientado al paisaje sonoro como algo placentero de escuchar y compartir, permite volcar a la red fragmentos sonoros cortos geolocalizados.



### 3.3.2. En un entorno clásico: educación y encuestas

Fuera del entorno de las aplicaciones para móviles se han recogido aportes para el documento final procedentes de otras experiencias de participación ciudadana realizadas mediante los cauces clásicos, como son la educación y las encuestas. Se resumen a continuación:

#### **Campaña Escolar Mutis (Ayuntamiento de Valencia)**

La empresa Audiotec lleva trabajando desde hace más de 5 años con el Ayuntamiento de Valencia en la Campaña Escolar Mutis [30] con el objetivo de lograr la concienciación de la ciudadanía en temas medioambientales y de contaminación acústica. Más de 5000 alumnos han participado en las actividades organizadas, tales como cuestionarios, talleres formativos, talleres de medición.



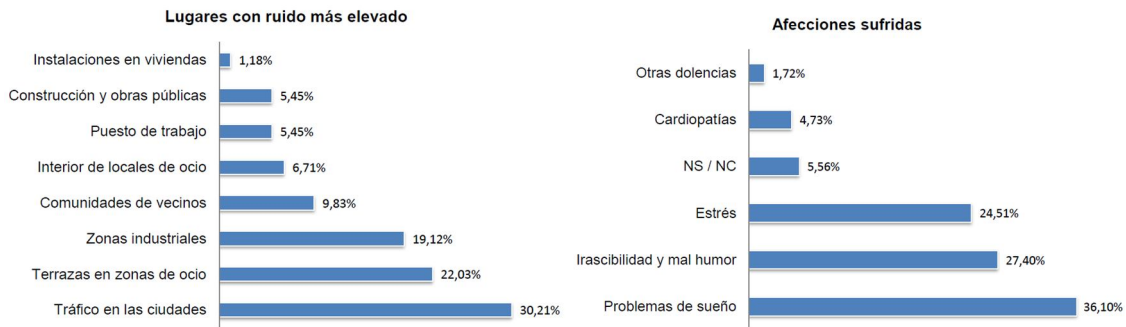
**Figura 4. Personajes de la Campaña Mutis**

Este año el público objetivo se amplía a los chavales de 13 a 16 años, a los que se les presenta la problemática desde su propio ambiente social (botellón, motocicletas, MP3, etc.) y se proponen talleres de trabajo con un mayor nivel técnico.

#### **Campaña “Cuéntame tu ruido”**

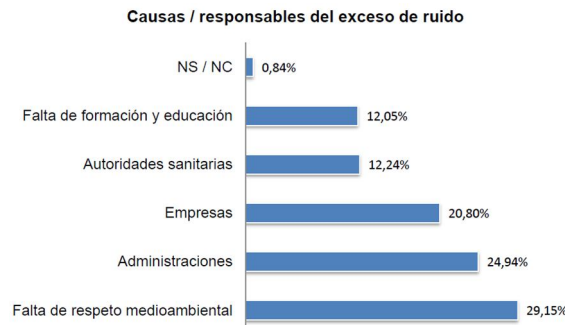
Desde 2013, con motivo de la conmemoración anual del Día del Ruido, el Centro Tecnológico de Acústica de Audiotec invita a organizaciones y población en general a secundar un silencio total de 60 segundos y a contar sus experiencias y opiniones en la web [www.diadelruido.com](http://www.diadelruido.com). De esta participación se elaboran y estudian las conclusiones sociales, que son presentadas en dicha web.

De las conclusiones extraídas del primer informe [31], elaborado a partir de más de 2.600 aportaciones procedentes de todo el territorio nacional, se obtienen las siguientes gráficas, que hablan por sí solas.



**Figura 5. Resultados de la Campaña “Cuéntame tu ruido”**

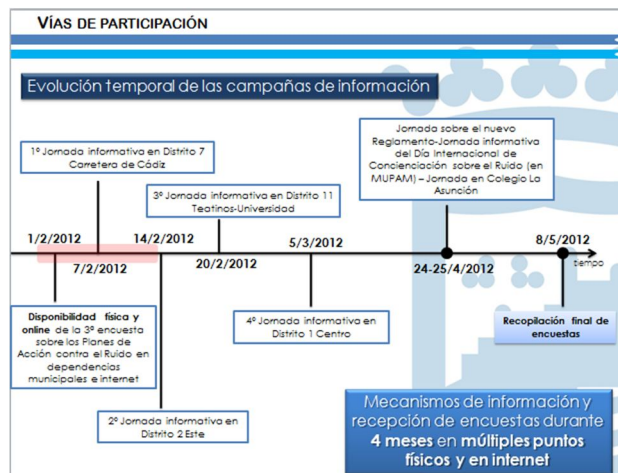
Un aporte interesante del estudio es la opinión de los participantes acerca de la responsabilidad del ruido: más de un 40% de la gente piensa que es por falta de educación o respeto (la suma de las filas 2 y 6 en la siguiente figura).



**Figura 6. Resultados de la Campaña “Cuéntame tu ruido”: causas**

### 3ª encuesta de percepción ciudadana, Plan de Acción contra el Ruido del Ayuntamiento de Málaga

El Ayuntamiento de Málaga llevó a cabo durante el año 2012 una serie de actividades encaminadas a potenciar la participación ciudadana en la lucha contra el ruido con el objetivo de acotar prioridades para el Plan de Acción: jornadas informativas en 4 distritos, actos divulgativos y encuesta ciudadana.



**Figura 7. Cronograma de la campaña**

La participación a través de encuestas, tal y como reconoce el Ayuntamiento, fue escasa (132 personas), a pesar del gran esfuerzo y los medios puestos a disposición en la difusión de las encuestas, obteniendo un perfil medio del participante de mujer de entre 36 y 44 años.

El ruido en exteriores se decantó como el principal problema, mientras que las principales fuentes de ruido que evidenciaron una preocupación mayor fueron el tráfico rodado (22%), seguido muy de cerca por la recogida de basuras, obras y aglomeraciones actividades de ocio (20% c.u.). Por otra parte, los ruidos vecinales quedaron relegados a la última posición en la valoración de la molestia por el conjunto de la muestra.

Las 3 medidas que se percibieron como más efectivas fueron la prohibición de megafonías en el casco urbano, la prohibición de trabajos nocturnos en la vía pública y la adquisición de vehículos de limpieza silenciosos.

La mayoría consideró muy necesario realizar más acciones de concienciación ciudadana en materia de ruido ya que percibe una clara falta de información de la ciudadanía en este aspecto. Entre las propuestas para reducir el ruido, las que menos dudas sugieren son las de controlar el ruido de vehículos ruidosos (sobre todo, motos), control sobre los niveles de emisión de los locales de ocio y limitación del número de locales de ocio. En consecuencia, el Ayuntamiento optó por reforzar las campañas ciudadanas e intensificar la coordinación con la policía local.

### **3.4. Experiencias en el campo de la investigación**

Paralelamente a este auge de aplicaciones móviles y portales web, surgen el mismo número de estudios científicos e investigaciones, tanto en el ámbito de su aplicabilidad como en relación a la verdadera capacidad de los dispositivos Smartphone para registrar niveles sonoros que permitan evaluación acústicas objetivas y rigurosas, como las que permiten los sonómetros profesionales y las redes de monitoreo acústico que disponen muchas ciudades.

Algunos ejemplos de desarrollos de aplicaciones similares a las descritas en el anterior capítulo no han salido del campo experimental al uso público: **NoiseSPY** [32], aplicación experimental realizada por la Universidad de Cambridge, diseñada para obtener los niveles sonoros percibidos durante un ciclo diario de vida a través del móvil del usuario, permitiendo generar con ellos un mapa acústico en tiempo real, se llegó a experimentar con ciclo-mensajeros urbanos obteniendo resultados muy prometedores, o **Ear-Phone** [33], experiencia realizada en Australia.

Respecto a la solvencia de los móviles como instrumentos de medida se encuentra un trabajo realizado recientemente en la Universidad de Granada [34], cuya principal conclusión es que las aplicaciones móviles para la medida de niveles acústicos ambientales sólo permiten disponer de un orden de magnitud, una idea aproximada del verdadero nivel acústico existente.

Otras investigaciones, sin embargo, apuntan a que ciertas aplicaciones móviles para la medida de niveles acústicos parecen funcionar adecuadamente, con diferencias de alrededor de 0,5 dBA en relación a dispositivos profesionales, mostrando, además, una respuesta aceptable para uso en ambiente laboral [35].

El principal problema al que nos enfrentamos cuando realizamos medidas acústicas con una aplicación móvil reside en que ni el micrófono del *smartphone* ni su respuesta espectral están diseñados para esa tarea, dando como resultado unas medidas incorrectas que, además, dependen del modelo y marca de teléfono inteligente y de la plataforma (sistema operativo) empleada. Por este motivo, también encontramos trabajos que apuntan ya hacia lo que debe ser una estandarización de aplicaciones móviles destinadas al registro de niveles acústicos [36], entendiendo que la “moda” de usar *smartphones* para medir (y compartir) el ruido por parte de la ciudadanía es ya un proceso imparable.

Por otro lado, tal y como se comentaba antes, la Agenda 21 Local es un órgano municipal que canaliza, organiza, anima y dinamiza la participación ciudadana en todos los procesos de sostenibilidad urbana. Estos procesos son, en realidad, todos los procesos que pueden tener lugar en un municipio, porque la sostenibilidad reside en la sabia combinación de las políticas locales procedentes de todas las áreas de gestión municipal. Un ejemplo de esto lo encontramos en Foro 21 de la Agenda 21 Local de Granada [37], órgano de participación ciudadana constituido en 2007 para la elaboración del Plan de Acción general de la ciudad y que también fue consultado en la definición del Plan de Acción contra la contaminación acústica en la ciudad, denominado LORCA [38].

### **3.5. Un futuro con muchas posibilidades**

En general, las Administraciones Públicas hasta hoy en día han sido organismos poco ágiles a la hora de solucionar problemas medioambientales, como puede ser una afección por ruido, debido a su rígida organización. Valga la obra “*Las doce pruebas de Astérix*” [39] para entender magistralmente este problema a través de una ácida sátira.

Sin embargo, de forma lenta pero firme los organismos públicos se están apuntando al carro de las tecnologías de la información, ofreciendo a los ciudadanos cada año más servicios públicos y acceso a gestiones oficiales a través de nuestro ordenador o de nuestro móvil [40], lo que significa que es

cuestión de tiempo que se puedan cursar denuncias por contaminación acústica a través de estos medios, o incluso lograr soluciones a nuestros problemas en mucho menos tiempo (de forma ideal, incluso en tiempo real). En algunos casos ya es posible hacerlo, como por ejemplo a través del servicio WebTrak que presta AENA en sus aeropuertos [41].

Existen ya, por otro lado, muchas experiencias exitosas de implantación de iniciativas bajo el concepto **Smart Cities**, como es el caso de SmartSantander [42]. En estas experiencias se está logrando optimizar el tráfico de las ciudades en tiempo real (no olvidemos que se trata de la principal fuente de ruido) y otras magnitudes asociadas (como la contaminación del aire) en lo que comienza a ser el boom de iniciativas destinadas al seguimiento y control de variables ambientales en tiempo real, cuyos datos permitan la toma de decisiones, igualmente, en tiempo real (concepto Inteligencia Integrada – *Embedded Intelligence* – aplicada al medio ambiente). La participación ciudadana se está implementando a través de sus móviles como sensores de ruido.

Phase 1:	23 GW, 1,071 Fixed Nodes	2,322 fixed sensors
Phase 2:	5 GW, 115 Fixed Nodes, 150 Mobile Nodes, 2,500 Tags, 10,000+ Smartphones	377 fixed sensors, 1,500+ mobile sensors 20,000+ smartphone sensors
Phase 3:	3 GW, 330 Fixed Nodes, 25 Mobile Nodes, 30 Tags	330 fixed sensors, 250+ mobile sensors
<b>Total:</b>	<b>31 GWs</b> <b>1,516 Fixed Nodes</b> <b>175 Mobile Nodes</b> <b>2,500 Tags</b>	<b>3,029 fixed sensors</b> <b>1,750+ mobile sensors</b> <b>20,000+ smartphone sensors</b>

Figura 8. Red de sensores del proyecto SmartSantander [43]

También hay futuro en la gestión del ruido de ocio que tanto preocupa y genera denuncias en un país como el nuestro: avisos ciudadanos en tiempo real a las autoridades (como ya se hace con los limitadores acústicos de los establecimientos de ocio desde hace tiempo).

Un camino por recorrer es el perfeccionamiento de los sensores acústicos populares y del resto de la cadena de medida: no sólo hay que trabajar con los micrófonos de los *smartphones*, sino también con el software que trata la señal. Evidentemente nunca llegarán a alcanzar a los sonómetros profesionales, pero no podemos perder la oportunidad de democratización de la gestión del ruido por parte de los ciudadanos.

En este sentido, algunos trabajos<sup>2</sup> apuntan que el sistema operativo iOS (empleado por los *smartphone* iPhone) y las propias características de esos teléfonos inteligentes (en relación a la respuesta y comportamiento espectral de sus micrófonos) alcanzan resultados prometedores. Las aplicaciones específicamente diseñadas para iPhone, como

**SafeNoise** (<https://itunes.apple.com/us/app/safenoise/id464042309?mt=8>),  
**SoundMeter** (<https://itunes.apple.com/es/app/soundmeter/id287615105?mt=8>) o  
**dBmusic** (<http://www.appster.es/app/dbmusic-924812615#developer>)

llegan a dar, según estas fuentes y bajo unas determinadas condiciones de entorno sencillas, una diferencia de tan sólo 1,5 dBA entre los registros móviles (con *dBmusic*) y los de un B&K 2250, modelo de sonómetro profesional de elevadas prestaciones y calidad contrastada, ó de +/- 1 dBA en el caso de *SoundMeter* dependiendo del contenido espectral del sonido analizado.

En el caso del sistema Android y las aplicaciones para la medida del nivel acústico, las diferencias encontradas nunca fueron inferiores a 2 dBA según estas mismas fuentes.

La “batalla” entre los sistemas Android e iOS parece, por tanto, que no sólo se desarrolla en el terreno de la lógica lucha por el mercado de consumo, sino también en el terreno profesional (o, al menos, semiprofesional), llegando incluso a existir en el mercado micrófonos<sup>3</sup> específicamente desarrollados para iPhone que los convierten en sonómetros Tipo 2 (*aunque sea difícil de entender que nadie pueda llegar a realizar un importante desembolso económico en un micro Tipo 2 para iPhone, en lugar de adquirir directamente un sonómetro de esas características por un precio parecido*).

<sup>2</sup> Comunicación privada de los autores con estas fuentes, tras consulta realizada en **LinkedIn** a través del grupo especializado “European Acoustic Consultants”, con 1.944 miembros, en noviembre de 2014.

<sup>3</sup> Se evita intencionadamente dar referencias, pues la oferta es muy amplia.

## 4. RUIDO Y SALUD

### *Efectos en salud del ruido de tráfico: más allá de las “molestias”.*

#### 4.1. Introducción

La contaminación acústica se ha convertido en los últimos años en un problema de gran trascendencia social por las implicaciones que tiene sobre la calidad de vida de los ciudadanos, fundamentalmente en las grandes urbes. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), 130 millones de personas, durante el día, están expuestas a niveles de ruido que superan los 65 dB(A) y gran parte de ellas sufren valores de contaminación acústica por encima de los límites establecidos tanto por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1999), como por la Agencia Americana de Protección del Medio Ambiente (OSE, 2006). Un estudio de la OMS Europa, realizado en 2011 expone que el 40% de la población de los países de la UE está expuesta a niveles de ruido de tráfico superiores a 55 dB(A); el 20% a más de 65 dB(A) durante el día y el 30% a niveles superiores a 55 dB(A) por la noche (Hellmut et al 2011), que se ha traducido en la pérdida de 61.000 años de vida saludable por discapacidad (DALY).

Un meta análisis recientemente publicado, indica que el ruido del tráfico estaría entre los cuatro factores medioambientales con mayor impacto en la salud, ocasionando entre 400 y 1500 DALYs por millón de habitantes en Europa (Hänninen et al. 2014). En concreto se estima que un 3% de los casos de enfermedad isquémica del corazón en las grandes ciudades son atribuibles al ruido del tráfico rodado (Babisch 2008). Cada vez hay más estudios que apuntan a una asociación significativa entre el ruido urbano y desenlaces cardiovasculares graves como el infarto de miocardio y el ictus (Babisch et al. 2006; Selander et al. 2009; Sorensen et al. 2011). Los factores de riesgo que se relacionan directamente con el accidente cardiovascular son la hipertensión, la arteriosclerosis y el bajo índice de variabilidad de la frecuencia cardíaca.

En cuanto a nuestro país cerca de 9 millones personas soportan niveles medios de ruido superiores a 65 dB(A) (OSE 2006). Los mapas de ruido de 19 ciudades españolas reflejan que el 27,7 % de la población soporta ruidos superiores a 65 dB(A). (MAGRAMA 2010). Casi un tercio de los hogares españoles (30,5%) declaraban sufrir molestias por ruidos generados en el exterior de sus viviendas (OSE 2006).

#### 4.2. De un problema de salud laboral a uno de salud pública

En principio, los efectos de la contaminación acústica sobre la salud se manifestaban en personas que en su ambiente laboral se veían sometidas a altos niveles de ruido y se limitaban a problemas auditivos como el

desplazamiento del umbral de audición, acúfenos y pérdida de audición. De hecho, la legislación reconoce la sordera como enfermedad laboral producida por el ruido. Además de estos problemas auditivos relacionados con el ambiente laboral había otros menos objetivos como las “molestias”: perturbaciones del sueño, estrés, dolor de cabeza...y más tarde, también en el ámbito laboral, se comenzaron a detectar trastornos cardiovasculares y otras patologías relacionadas con respuestas hormonales.

Lejos de ser patologías banales, los problemas relacionados con el ruido en ambiente laboral, incluyen variaciones en la presión arterial. Se ha relacionado con la hipertensión e incluso se han establecido asociaciones entre los niveles de ruido en ambiente laboral y un aumento del riesgo de sufrir patologías cardiovasculares más graves como ictus, infartos y, por tanto, con un aumento de riesgo de la mortalidad por estas causas. En un ambiente laboral el tipo de exposición a este contaminante atmosférico de tipo físico generalmente estaba relacionada con altas intensidades sonoras y se regulaba con la exposición del trabajador a cortos periodos de tiempo. Por tanto, el problema se circunscribía a un reducido grupo de personas. Posteriores estudios mostraron que no sólo la exposición a altas intensidades de ruido durante cortos periodos de tiempo producía efectos en salud, si no que largas exposiciones a intensidades sonoras más bajas tenían efectos similares.

De este modo, se empezaron a relacionar patologías similares a las anteriormente descritas para el ambiente laboral, en personas que si bien, no estaban expuestas a grandes niveles sonoros, si lo estaban durante un periodo de tiempo mayor. Se iniciaron los estudios en entornos abiertos especialmente ruidosos como son las proximidades de los aeropuertos, donde se detectaron patologías en los residentes en estas zonas similares a las descritas para el ambiente laboral. Más tarde estas investigaciones se extendieron a la totalidad de los habitantes de la ciudad. El problema pasó así de ser un problema laboral a ser un problema ambiental y, por tanto, de ser un grupo reducido el de personas expuestas a ser un problema de salud pública que implica a millones de personas (Tobías et al 2013).

#### **4.3. Efectos del ruido sobre la salud. Efectos auditivos y no auditivos del ruido**

##### **4.3.1 Trastornos auditivos del ruido.**

Antes de comenzar a definir lo que se denomina trastorno de audición es preciso señalar el significado de algunos conceptos. En primer lugar, se define audición normal como la capacidad de detectar sonidos en la gama de 16 a 20.000 Hz. Esta audición normal varía según las personas. Así, en esta audición normal influye la edad. Está comprobada la pérdida de audición con la edad, lo que se denomina presbiacusia. Suele darse generalmente en las frecuencias altas y afecta a ambos oídos. Otro factor que varía de unas



personas a otras está relacionado con factores ambientales, así la socioacusia tiene en cuenta que en los países industrializados las mujeres tienen mejor oído que los hombres. El nivel de audición se refiere al nivel del umbral audiométrico de un individuo y se establece según la normativa vigente. Una vez determinado el nivel de audición se puede calcular el desplazamiento del umbral de audición inducido por el ruido y es la cantidad de pérdida de audición atribuible al ruido, es decir, descontando otros efectos como la presbiacusia o la socioacusia. Se denomina trastorno de audición al nivel de audición en el cuál los individuos comienzan a tener problemas en la vida normal y varía según los países. Por ejemplo, en U.S. se habla de trastorno de audición cuando el nivel de audición está por encima de los 26 dB para frecuencias entre 500-2000 Hz, mientras que en el Reino Unido este umbral se fija en 30 dB para frecuencias entre 1000 y 2000 Hz.

Además de los efectos relacionados con el trastorno de la audición existe lo que se denomina efecto máscara que consiste en que un sonido impide la percepción parcial de otros, especialmente la comunicación hablada. Este efecto puede traer consigo el aislamiento de las personas sometidas a él, la disminución en la eficacia del trabajo e incluso puede provocar accidentes. Los acúfenos se refieren a los ruidos que aparecen en el interior del oído por alteración del nervio auditivo. Se los ha relacionado fundamentalmente con el ruido de tráfico y puede provocar ansiedad y cambios de carácter. Por último, señalar la fatiga auditiva que tiene en cuenta el déficit temporal de la sensibilidad auditiva y suele estar provocado por ruidos continuos a partir de los 90 dB(A).

#### **4.3.2 Trastornos no auditivos del ruido.**

A los trastornos auditivos anteriormente citados hay que añadir otros trastornos que tienen su origen en haber estado sometidos a dosis altas de ruido. Así, por ejemplo, un estudio realizado en Francia sobre 2000 personas sometidas a niveles de ruido superiores a 85 dB(A) mostró una serie de patologías que no se daban en otro grupo similar de personas pero no expuestas a esos niveles tan altos de ruido. Se detectó que los expuestos presentaban un 12 % más de problemas cardiovasculares, un 37 % más de problemas neurológicos y un 10 % más de problemas digestivos. Otro estudio similar realizado con personas en las proximidades del aeropuerto de Los Ángeles mostró un aumento del 18 % sobre la media de enfermedades vasculares con resultado de muerte.

La relación entre ruido e hipertensión arterial ha quedado clara en diversos estudios y de hecho, en la Conferencia de Estocolmo sobre el ruido, en 1988, el ruido aparece como un factor de riesgo de hipertensión arterial. Ha quedado demostrado que ruidos intensos entre 95 y 105 dB(A) son capaces de provocar una vasoconstricción de las arterias con el consiguiente aumento de la presión arterial. Esta relación entre el ruido y la actividad cardiovascular tiene su efecto sobre el sueño, ya ha quedado demostrado que ruidos con  $L_{eq}$  noche de 35 dB(A) o picos superiores a 50 dB(A) impiden conciliar el sueño paradójal y provocan fatiga nerviosa.

Según el informe Ruido y Salud (Observatorio Salud y Medio Ambiente, 2012), estudios realizados sobre ruido ambiental muestran una asociación entre la exposición al ruido y la enfermedad cardiovascular. Según expertos de la Organización Mundial de la Salud, hay evidencia suficiente de la asociación entre ruido de tráfico y las enfermedades isquémicas cardíacas (aquellas en que hay daño celular por falta de riego sanguíneo y aporte de oxígeno a los tejidos, como la angina de pecho y el infarto agudo de miocardio), y evidencia limitada/suficiente de asociación entre el ruido comunitario y la hipertensión, que en sí misma ya es un importantísimo factor de riesgo cardiovascular.

Las investigaciones parecen mostrar que el incremento de riesgo para una enfermedad cardiovascular inducida por el ruido es en general de magnitud moderada, pero sin embargo es de gran importancia desde el punto de vista de la salud pública, por el gran número de personas a riesgo (los expuestos al ruido son muchos) y porque el ruido al que estamos expuestos continúa aumentando y en ocasiones es muy difícil luchar contra él. Sus efectos sobre la salud individual y colectiva no son desdeñables. En este sentido, el estudio “Burden of Disease from Environmental Noise” (Carga de Enfermedad por Ruido Ambiental) (WHO 2011) ha estimado que en Europa se pierden cada año 61.000 años de vida saludable por discapacidad sólo a causa de la cardiopatía isquémica atribuible a ruido ambiental.

Un aspecto interesante es que estos efectos cardiovasculares del ruido son independientes de las molestias y perturbaciones en el sueño que el ruido también ocasiona. Quiere decir que el ruido que no interfiere con el sueño, también puede provocar respuestas autónomas como las descritas. Por tanto, no se da un acostumbramiento completo al ruido nocturno y la persona que duerme sigue presentando reactividad cardiovascular frente al ruido. En el estudio anteriormente citado, la asociación entre nivel de ruido y resultados cardiovasculares era más fuerte con respecto a la exposición al ruido durante la noche que al diurno.

En la publicación “Ruido y salud”, del Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (OSMAN, 2009) se realiza una revisión y síntesis de los principales y más importantes e interesantes estudios que se han realizado sobre los efectos cardiovasculares del ruido. Estos son algunos de los resultados: el estudio NAROMI (*Noiseburden and therisk of myocardialinfarction*/ carga de ruido y riesgo de infarto de miocardio) encontró que la exposición crónica al ruido estaba asociada con un incremento entre suave y moderado del riesgo de infarto de miocardio, tanto en hombres como en mujeres (Willich et al 2012). Sin embargo no encontró que ese efecto fuera dependiente de la presión sonora a la que se encontraban expuestos (un aspecto interesante es que contempla la posibilidad, cada vez más considerada, de que la contaminación del aire y la exposición crónica al ruido estén relacionadas e incluso interactúen en el aumento del riesgo de enfermedades cardíacas y pulmonares.

El estudio HYENA (*Hypertension and exposure to noise near airports/ hipertensión y exposición al ruido de aeropuertos*) fue el primer estudio multicéntrico (realizado en varios lugares a la vez) en valorar los efectos de la exposición al ruido de aviones y tráfico rodado sobre la presión sanguínea y la patología cardíaca (Jarup et al 2008). En él los investigadores encontraron relaciones significativas exposición-respuesta entre la exposición al ruido nocturno de aviones, la media diaria de ruido de tráfico rodado y el riesgo de hipertensión.

El estudio LARES (*Large analysis and reviews of european housing and health status / análisis y revisión de la vivienda en Europa y el estado de salud*) confirmó que la molestia crónica por ruido de tráfico se asocia con un aumento del riesgo para el sistema cardiovascular en adultos (de 18 a 59 años). Curiosamente también se mostraron efectos en el sistema locomotor sensible al estrés, como los síntomas artríticos, y en el sistema neuro-psíquico. Los riesgos para los niños que mostraron una percepción de molestia elevada por ruido fueron mayores que para los adultos (WHO Europe 2007).

Más estudios sobre exposición a ruido de tráfico y efectos cardiovasculares muestran un incremento del riesgo relativo (una medida de la asociación utilizada en epidemiología) de la enfermedad isquémica del corazón siempre que el ruido de tráfico del día excediera los 65 dB(A). Otros concluyen que las personas expuestas a ruido de tráfico mayor o igual a 50 dB(A) tienen un riesgo incrementado para el infarto de miocardio comparado con los sujetos expuestos a menos de 50 dB(A) y este efecto era así incluso excluyendo a los expuestos a ruidos de otras fuentes o con pérdida auditiva. También se ha visto que el ruido provoca efectos cardiovasculares durante el sueño. Por sí mismo, el sueño interrumpido puede ser un factor de riesgo para el infarto de miocardio.

Además de estos estudios epidemiológicos observacionales, también se han realizado estudios experimentales en que se demuestra que la exposición a ruido ambiental por encima de 55 dB(A) a una muestra de jóvenes provoca aumentos directos de la presión sanguínea, siendo mayores en las mujeres que en los hombres. Además, existen multitud de estudios que relacionan el ruido con alteraciones psíquicas tales como inseguridad, inquietud, falta de concentración, astenia, agresividad, irritabilidad, alteraciones del carácter, alteraciones de la personalidad y trastornos mentales. Mediante estudios epidemiológicos, se conoce que el ruido está relacionado con los internamientos en psiquiátricos, con aumento de suicidios, etc. Otros trabajos de similares características muestran la influencia del ruido sobre el comportamiento solidario, de modo que ha quedado demostrado que el nivel de ayuda entre vecinos disminuye según aumenta el nivel de ruido ambiental.

#### 4.4. Mecanismos biológicos implicados en los efectos no auditivos de ruido.

Según la OMS, el ruido causa distintas reacciones a lo largo del eje hipotalámico-hipofisiosuprarrenal, tales como un aumento de la hormona adrenocorticotrópica y de los corticosteroides (en experiencias de laboratorio se han provocado formas agudas de estas reacciones con niveles de ruidos moderados) como se muestra en la figura 1. En la tabla 1 se muestra una revisión de estudios sobre personas expuestas a ruidos producidos por distintas fuentes(Maschke et al 2000).

Por ejemplo en el estudio realizado por Babish para un total de 2512 personas expuestas a ruido de tráfico mostraron niveles significativamente superiores de glucosa y colesterol. Mientras que en otro realizado también sobre personas expuestas a ruido de tráfico, las personas expuestas mostraron niveles significativamente superiores de triglicéridos. En el estudio de Brown las personas expuestas a ruido nocturno de calle mostraron valores más altos de cortisol y noradrenalina.

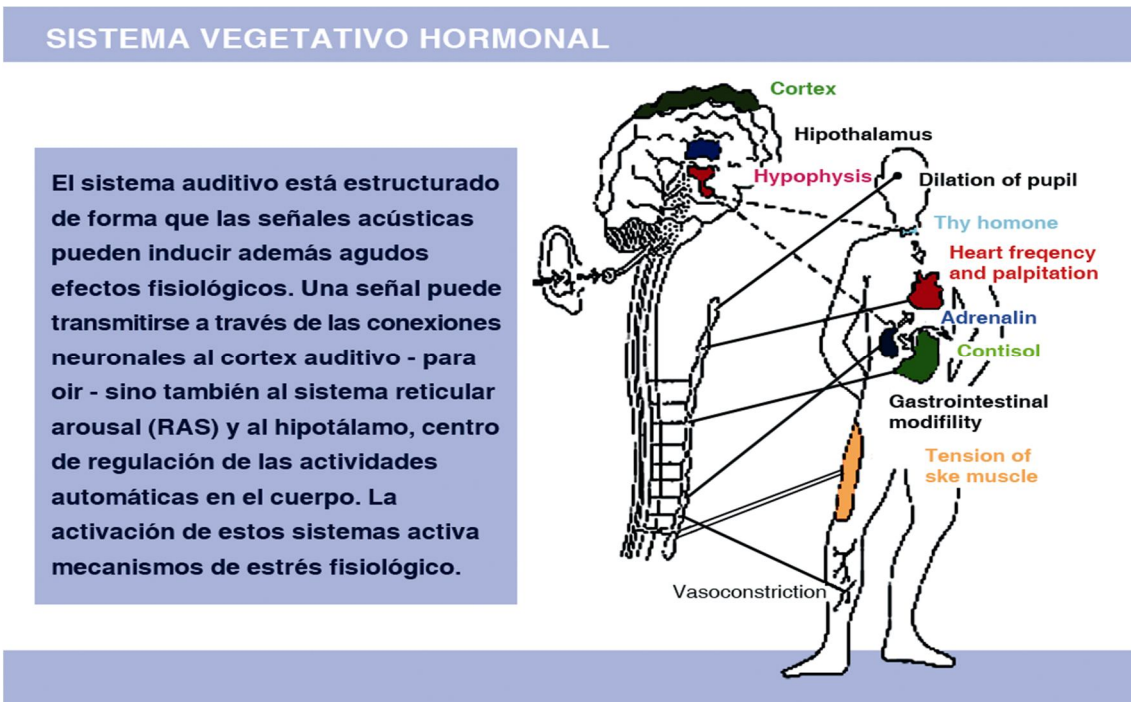


Figura 1: Mecanismos biológicos implicados en los efectos no auditivos del ruido.

Studies 1975-1999	Time of day	Source (situation)	Test persons	Glucose	Cholesterol	Triglycerides	Fibrinogen	Adrenaline	Noradrenaline	Cortisol
Brown (14)	day	work-noise	51	=	-					
Manninen (28)	day	work-noise	292	-	+			-	+	
Ising (25)	day	work-noise	46					=	+	
Belli (8)	day	work-noise	940	+	+	+				
Idzior (24)	day	work-noise	784		+	+				
Polano (38)	day	work-noise	80				+			
Cavatorta (18)	day	work-noise	130					+	+	=
Altena (1)	day	street/flight	863		=					
Babisch (3)	day	street-noise	2512	+	+	=	(+)			
Babisch (3)	day	street-noise	2030	+	(+)	+	=			
Babisch (3)	day	work /street	255	=	+	(+)	(+)			
Maschke (29)	night	flight (lab)	40					+	+	
Maschke (30)	night	flight (field)	28	=	=	=		+	=	+
Carter (16)	night	lorry (lab)	9					=	=	
Melam (35,36)	day	work-noise	2145		+	+				+
Sudo (42)	day	work-noise	75					+	+	+
Braun (12)	night	street (field)	25					=	+	+
Harder (20)	night	flight (field)	16	=	=	=	(+)	(+)	=	(+) (-)

No relevant difference =                      Signif. higher +                      Signif. lower -                      Relevant, not significant ( )

Semi-quantitative representation of laboratory findings in comparison with control situations (adults)  
 Source: Maschke, C. et al. The influence of stressors on biochemical reactions - a review of present scientific findings with noise. In: *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2000.

**Tabla 1:** *Resultados de algunos estudios de laboratorio sobre diferentes niveles de algunos parámetros biológicos entre personas expuestas y no expuestas a ruido. (Maschke et al 2000).*

El vertido de estas sustancias en sangre por la activación del sistema reticular por el ruido como mecanismo de respuesta a una situación de estrés, fundamentalmente adrenalina, norepinefrina y cortisol, para personas sometidas a ruido de tráfico puede explicar la relación entre ruido y diversas patologías cardiovasculares que, como se verá más tarde, pueden tener incidencia sobre la mortalidad diaria por estas causas específicas.

El grado de aceptación del ruido ambiental viene determinado por aspectos psicosociales y demográficos como el tiempo de residencia, la sensibilidad, la actitud y la personalidad (Paunovic et al. 2009; Guski 1999). Esta respuesta es canalizada por el sistema límbico al hipotálamo, en un proceso endocrino que culmina en la corteza adrenal con la liberación de cortisol. La exposición al ruido nocturno produce interrupciones del sueño y despertar electroencefalográfico, lo que ocasiona una insuficiencia del sueño profundo y reparador SWS, así como una afectación del sueño REM (Eberhardt 1988; Belojevic et al. 1997). La disminución del tiempo de sueño reparador provoca un aumento de los niveles de cortisol al día siguiente (Spiegel 2003; Ising et al. 2004).

En todos los estudios se constata una generalizada inadaptación al ruido nocturno a largo plazo por parte de los individuos, lo que puede llevar a una cronificación en la sobreproducción de cortisol (Maschke 2002, 2003; Ising 2002). La hipercortisolemia está asociada al desarrollo o agravamiento de la aterosclerosis. En efecto, el cortisol activa el metabolismo del tejido adiposo con el fin de incrementar el aporte energético en el organismo en respuesta al estrés. La lipólisis de los triglicéridos aumenta la cantidad de ácidos grasos en las arterias, favoreciendo la acumulación irreversible de placas que aumentan el riesgo de accidente cardiovascular por isquemia o trombosis (Spreng 2000).

Además, las perturbaciones en el sueño en cuanto a su duración y calidad, relacionadas con ruido nocturno, se han asociado con la regulación de la glucosa que presentaría valores matinales más incrementados de glucosa y menores de insulina en personas sometidas a niveles elevados de ruido nocturno, lo que podría estar relacionado con el aumento de patologías como la diabetes (Sorensen et al 2013). Por otro lado, niveles altos de cortisol se relacionan con un debilitamiento del sistema inmunológico lo que haría prosperar algunas patologías de carácter infeccioso relacionadas con el aparato respiratorio (Ising et al 2004).

La siguiente cuestión que cabe plantearse a continuación es si estas elevaciones de diferentes parámetros biológicos tienen una implicación sobre diferentes indicadores de salud como los ingresos hospitalarios por urgencias o la mortalidad diaria por diferentes causas específicas. A continuación se muestran los resultados de algunos trabajos de análisis de series temporales realizados para la ciudad de Madrid en diferentes periodos de tiempo.

#### **4.5. Resultados de algunos estudios realizados para la ciudad de Madrid en población adulta.**

##### **4.5.1 Relación entre los niveles de ruido de tráfico en Madrid y los ingresos hospitalarios por urgencias en el Hospital Gregorio Marañón de Madrid (Tobías et al, 2001).**

El estudio se realizó en Madrid en el periodo 1995- 1997 y se tuvo en cuenta el efecto de variables de contaminación atmosférica química así como variables meteorológicas como temperatura y humedad sobre los ingresos hospitalarios por urgencias en población general, excluido traumatismos y partos, en el Hospital Gregorio Marañón de Madrid. La metodología utilizada fue el análisis de series temporales mediante dos metodologías que arrojaron resultados muy similares: los modelos ARIMA y la Regresión de Poisson. En este periodo de tiempo los niveles de ruido diurno (Leq 8-22h) superaron los 65 dB(A) el 97 % de los días y los 55dB(A) para la noche el 100% de las veces.

Los resultados indican que, independientemente de la contaminación química, incrementos de 1 dB(A) en los niveles de ruido diurno se relacionan con un

incremento del riesgo del 5,1 para los ingresos por todas las causas excepto accidentes y partos. Es decir, en dos poblaciones similares pero una sometida a un nivel de ruido diurno superior en 1 dB(A) a la otra, el riesgo de ingresos por urgencias es superior en un 5,1% en el lugar más ruidoso. Para el caso de las causas circulatorias es del 4,2 % y para la respiratorias del 3,7 %. Los mecanismos biológicos descritos en el apartado anterior permiten dar plausibilidad biológica a estos resultados.

#### 4.5.2 Relación entre el ruido de tráfico y la mortalidad diaria por causas circulatorias en Madrid (Tobías et al 2014a).

En este estudio se analizó la relación entre la mortalidad diaria ocurrida en Madrid por causas cardiovasculares, tanto para mayores de 65 años como para menores de 65 años, y los niveles de ruido en el periodo 2003-2005. La metodología utilizada en este caso fue el análisis de series temporales mediante "Case-Crossover". En este periodo se superó el umbral de 65 dB(A) el 54% de los días y el 100% de las noches los 55dB(A). Los resultados del impacto de los diferentes niveles sonoros sobre la mortalidad por causas cardiovasculares son los que se muestran en la tabla 2.

**Table 2. Association between diurnal equivalent noise (for the 8-22h period, Leqd), night-time equivalent noise (for the 22-8h period, Leqn) and daily equivalent noise (for the 0-24h period, Leq24) and cardiovascular mortality for subjects aged over 65 years, at lag 1, adjusted for primary chemical air pollutants (PM<sub>2.5</sub> and NO<sub>2</sub>) at lag1.**

	Noise levels		PM <sub>2.5</sub>		NO <sub>2</sub>	
	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)	IRR	(95% CI)
<b>Diurnal (Leqd)</b>	4.5	(0.3 , 8.9)				
+PM <sub>2.5</sub>	4.9	(0.5 , 9.4)	1.9	(-0.3 , 4.1)		
+NO <sub>2</sub>	4.3	(0.2 , 8.7)			2.2	(0.0 , 4.5)
<b>Night-time (Leqn)</b>	3.4	(0.1 , 6.9)				
+PM <sub>2.5</sub>	3.7	(0.2 , 7.3)	2.2	(-0.1 , 4.4)		
+NO <sub>2</sub>	3.7	(0.2 , 7.3)			2.4	(0.2 , 4.7)
<b>Daily (Leq24)</b>	6.6	(2.2 , 11.1)				
+PM <sub>2.5</sub>	6.8	(2.3 , 11.5)	2.1	(-0.1 , 4.3)		
+NO <sub>2</sub>	6.6	(2.2 , 11.2)			2.3	(0.1 , 4.5)

IRR: Percent inc

*Tabla 2: Efectos del ruido de tráfico sobre la mortalidad diaria por causas cardiovasculares en Madrid (Tobías et al 2014a).*

Los resultados indican que el aumento de 1dB(A) en los niveles del ruido de tráfico se relaciona con un efecto sobre la mortalidad por causas cardiovasculares que llega hasta incrementos del RR de la mortalidad de hasta un 6,6 % en el grupo de mayores de 65 años, siendo mayor el efecto para el ruido diario. Este efecto, como puede observarse, es mayor que el debido a los contaminantes químicos tradicionales ligados al tráfico como PM<sub>2,5</sub> o NO<sub>2</sub>.

No se ha observado incremento del riesgo con significancia estadística para el grupo de menores de 65 años. Los efectos se manifiestan con un día de retraso, es decir, incrementos en el momento presente de los niveles de ruido influyen sobre la mortalidad por causas cardiovasculares que se producirán un día después.

Los mecanismos biológicos anteriormente descritos relacionados con aumentos de las hormonas adrenalina o norepinefrina o respuestas como incremento del número de plaquetas o aumento de la tensión arterial antes descrito podrán justificar biológicamente estos resultados.

Por otra parte se ha llevado a cabo el análisis del ruido diario (Leq 24 h) sobre la mortalidad por diferentes causas específicas dentro de las cardiovasculares en la ciudad de Madrid. El periodo analizado ha sido en esta ocasión 2001-2009.

Los resultados indican que para incrementos de 0,5 dB(A) en nivel de ruido diario la mortalidad por todas las causas cardiovasculares es del 3 % (muy similar al obtenido para el periodo 2003-2005), pero que asciende a un 3,5 % para “otras enfermedades isquémicas”; un 5 % para el caso de accidente cerebrovascular y llega hasta un 7% para el caso del infarto de miocardio.

#### **4.5.3 Relación entre el ruido de tráfico y la mortalidad por causas respiratorias en Madrid (Tobías et al 2014b).**

Al igual que se realizó para causas cardiovasculares, y puesto que ya se había encontrado asociación entre el ruido de tráfico y los ingresos hospitalarios por causas respiratorias, se procedió a analizar la asociación entre la mortalidad diaria por causas respiratorias en Madrid y los niveles de ruido.

El periodo analizado fue, al igual que con las causas cardiovasculares, el 2003-2005 y la metodología utilizada el análisis de series temporales mediante Case-Crossover. Los resultados son los que se muestran en la tabla 3.



**Table 3. Percentage increase in risk (%IR) of respiratory mortality by 1 an increase of db(A) of diurnal noise in Madrid.**

Models	Age groups			
	<65 years		>65 years	
	%IR	(95% CI)	%IR	(95% CI)
Single exposure with diurnal noise	-5.1	(-17.5 , 7.2)	3.7	(0.3 , 7.8)*
Multiple exposure with,				
diurnal noise + PM <sub>2.5</sub>	-5.6	(-18.4 , 7.1)	4.2	(0.1 , 8.2)*
diurnal noise + NO <sub>2</sub>	-4.9	(-17.3 , 7.4)	3.9	(0.1 , 8.0)*
diurnal noise + PM <sub>2.5</sub> + NO <sub>2</sub>	-5.2	(-18.0 , 7.6)	4.1	(0.1 , 8.4)*

\* p<0.05

*Tabla 3: Resultado de los modelos para la mortalidad diaria por causas respiratorias en Madrid (Tobías et al 2014b)*

Como puede observarse en la tabla 5 el incremento del riesgo de morir por una causa respiratoria en Madrid como consecuencia del incremento del ruido diurno es de cerca del 4% en los mayores de 65 años para incrementos de un 1dB(A) en los niveles de ruido diurno (Leq 8-22h) Este efecto es independiente del debido a la contaminación química tradicionalmente considerada. Este efecto no se observa en el grupo de menores de 65 años. Aumento en los niveles de cortisol como consecuencia de la exposición al ruido de tráfico pueden asociarse con un debilitamiento del sistema inmunológico y con el progreso o empeoramiento de ciertas infecciones respiratorias.

Si, al igual que se hizo para las causas circulatorias se realiza el análisis para mortalidad por causas respiratorias específicas en el periodo 2001-2009 para mayores de 65 años, se observa que incrementos en 0,5 dB(A) en los niveles de ruido diario (Leq 24h) se relacionan con aumentos de la mortalidad diaria por todas las causas respiratorias de un 3,5 y que asciende hasta un 8% para el caso de la neumonía con un día de retraso. Para el caso de la enfermedad pulmonar obstructivo crónica (EPOC) el efecto es del 6 % y en este caso el efecto sobre la mortalidad se retrasa hasta 4 días. No se observa relación con el asma. Lo que es coherente con el mecanismo biológico antes descrito al no tratarse de un proceso infeccioso.

#### **4.5.4 Relación entre el ruido de tráfico y la mortalidad por diabetes (Tobías et al 2014c)**

En este caso el estudio se realiza para la ciudad de Madrid pero en el periodo 2001-2009 y se relaciona el ruido de tráfico con la mortalidad diaria por diabetes en población general. Los resultados se muestran en la figura 2.

Figure2. Percentage increase in risk (%IR) of mortality from diabetes by an increase of 0.5 db(A) of diurnal (Leqd) and night-time (Leqn) equivalent noise in Madrid for the study period 2001-2009.

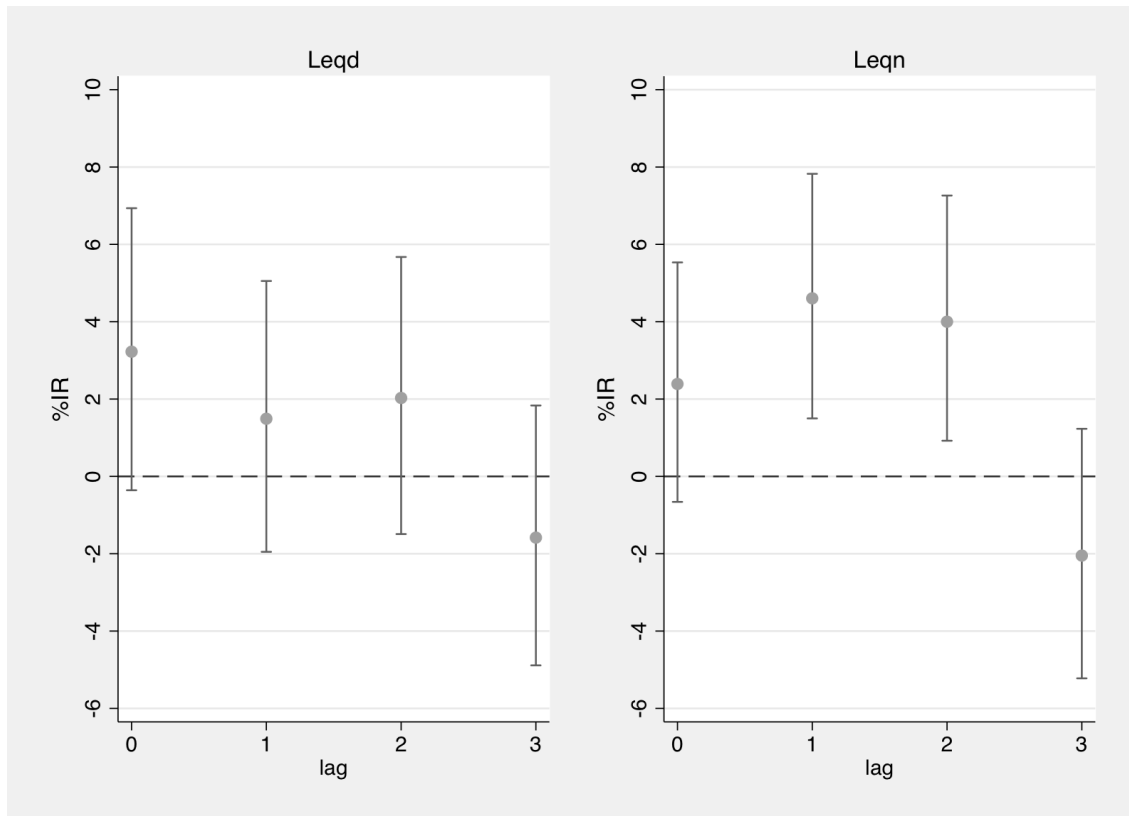


Figura 2: Incremento del Riesgo de morir por diabetes en relación con el ruido en Madrid(Tobías et al 2014c)

Como se puede observar en la figura 2 el riesgo de morir por diabetes en relación al ruido no es estadísticamente significativa para el caso del ruido diario, Sin embargo, esta asociación si es estadísticamente significativa para el ruido nocturno, llegando hasta incrementos próximos al 4 % para aumentos de 0,5 dB(A) en los niveles de ruido nocturno con un retraso de un día.

Estos resultados de la asociación con la mortalidad por ruido nocturno y no diurno, son coherentes con el mecanismo biológico antes expuesto, según el cual las perturbaciones en el sueño en cuanto a su duración y calidad, relacionadas con ruido nocturno, se han asociado con la regulación de la glucosa que presentaría valores matinales más incrementados de glucosa y menores de insulina en personas sometidas a niveles elevados de ruido nocturno.

#### 4.5.5 Evaluación del impacto del ruido sobre la mortalidad en Madrid (Linares et al 2014)

En los apartados anteriores se ha analizado como el ruido de tráfico en la ciudad de Madrid influye en el riesgo de morir por causas circulatorias, respiratorias y por diabetes. La metodología ha sido mediante la estimación del incremento del riesgo de morir para un incremento determinado de los niveles de ruido. Con objeto de dar una medida más intuitiva y clara de la relación entre el ruido y la mortalidad en Madrid se ha calculado otro indicador útil desde el punto de vista de la salud pública que es estimar cuántas muertes anuales por causas naturales son atribuibles al ruido en Madrid, cuántas por causas circulatorias y cuántas se deben a respiratorias. Para comparar el efecto con la contaminación atmosférica química se ha calculado, así mismo, la mortalidad anual que sería atribuible a las PM<sub>2,5</sub>.

El periodo seleccionado ha sido el 2003-2005, el grupo de edad el de mayores de 65 años y los RR que han servido de base para el cálculos han sido los que se han expuesto anteriormente. Los resultados son los que muestran en la tabla 4.

**Table 4 – Relative risk (RR) of mortality due natural, cardiovascular and respiratory causes for and annual number of attributable deaths for subjects aged over 65 years**

Mortality Indicator	LeqD	PM <sub>2.5</sub>
	RR (95% CI)	RR (95% CI)
Natural causes (ICD9:1-799)	1.017(1.005 – 1.030)	1.017 (1.004 – 1.030)
Number of attributable deaths	312 (92 – 543)	312 (74 – 543)
Cardiovascular causes (ICD9: 390-459)	1.024 (1.003 - 1.046)	1.019(0.997 - 1.041)
Number of attributable deaths	145 (18 – 273)	116 (19 – 244)
Respiratory causes (ICD9: 460-519)	1.031 (1.001 – 1.062)	1.033 (1.003 – 1.064)
Number of attributable deaths	97 (3 – 189)	103 (10-195)

*Tabla 4: Estimación del impacto del ruido sobre la mortalidad en Madrid en el grupo de Mayores de 65 años (2003-2005) (Linares et al 2014)*

Los resultados de la tabla 4 indican el número de muertes anuales en mayores de 65 años atribuibles a un incremento de 0,5 dB(A) en los niveles de ruido diario. Los resultados indican que 312 muertos/anuales en mayores de 65 años se podrían evitar si se redujesen los niveles de ruido diario medio en Madrid 0,5 dB(A). De estos 145 se atribuirían a causas cardiovasculares y 97 a respiratorias. Este impacto es independiente y similar al de la contaminación química que se ha considerado de forma tradicional relacionado con el tráfico.

Bajar el valor medio anual en 0,5 dB(A) se conseguiría simplemente con que el 12 % del número de vehículos que circulan por Madrid fuesen eléctricos.

#### **4.6. Efectos del ruido sobre la población infantil.**

Los niños pueden verse afectados por los niveles de contaminación acústica de forma diferente a la que lo hacen los adultos debidos a sus peculiares características, propias de su estatus de crecimiento y maduración; también al diferente comportamiento social y a su peor capacidad para defenderse de las agresiones ambientales. El escaso conocimiento que hay sobre este tema lleva a plantear la necesidad de la realización de más estudios que se focalicen de forma específica en este grupo de edad. Pese a la escasez de investigación en este grupo etario, se exponen a continuación los resultados más destacados que se han obtenido en relación a este tema.

##### **4.6.1 Ruido y embarazo.**

Según Lester Sontag del The Fels Research Institute .”Existe amplia evidencia de que el medio ambiente es un factor importante en la formación del físico, comportamiento y función de los animales, incluyendo al hombre, desde la concepción y no desde el nacimiento. El feto es capaz de percibir sonidos y responder a ellos con actividad motora y cambio del ritmo cardiaco”.

Se ha demostrado que sonidos fuertes estimulan al feto directamente causando cambios en el ritmo cardiaco. Investigaciones relacionadas demuestran que durante los últimos meses de embarazo el feto puede responder al ruido con movimiento corporal como patadas. También las reacciones de estrés que el ruido produce en las embarazadas se transmiten al feto y pueden influir en el desarrollo fetal especialmente entre los 14 y 60 días después de la concepción, momento éste en el que ocurren desarrollos importantes en el sistema nervioso central y otros órganos importantes.

La exposición al ruido excesivo durante el embarazo puede provocar la pérdida de audición en las frecuencias más altas en los recién nacidos. Hay investigaciones que relacionan pérdidas de audición en niños cuyas madres estuvieron expuestas durante la gestación a niveles sonoros de 65 a 95 dB(A) durante ocho horas diarias, multiplicándose por tres el riesgo de tener un hijo con pérdidas de audición. También se han establecido algunas asociaciones con retraso en el crecimiento intrauterino y mayor índice de prematuros. En este sentido un estudio realizado sobre más de 1000 nacimientos indicaron que es mayor el número de bebés con bajo peso al nacer en áreas ruidosas.

En relación con este hecho puede estar una investigación que revela que el bajo peso se relaciona con los niveles bajos de ciertas hormonas que se detectan en las mujeres embarazadas que viven en lugares ruidosos. La diferencia en el nivel hormonal de las embarazadas en lugares ruidosos y tranquilos se hace más evidente al acercarse el momento del parto. Según

estudios realizados en la Universidad de París en aeropuertos de todo el mundo, las personas gestantes que viven en las proximidades de los aeropuertos presentan una tasa más elevada de malformaciones y de niños que nacen muertos que aquellas no sometidas a esos niveles de ruido. Las anomalías sugeridas incluyen labio leporino, paladar leporino y defectos en la espina dorsal.

#### **4.6.2 Ruido e impacto en la salud infantil.**

Entre los grupos de población especialmente sensibles al ruido se encuentran los niños, las consecuencias más conocidas y más serias son el daño auditivo y la sordera. Las investigaciones llevadas a cabo hasta ahora muestran que la exposición a ruido ambiental no afectan a los niveles del umbral de audición de los niños, excepto para la exposición a ruido procedente de aviones militares que realizan vuelos extremadamente bajos. Sin embargo, teniendo en cuenta los altos niveles de ruido presentes las 24 horas del día en las grandes ciudades, la investigación en este área está encaminándose a mostrar deterioro auditivo en los niños asociado con estos altos niveles de exposición al ruido (WHO, 1999). También se considera como fuente potencial de deterioro auditivo en niños, muchos juguetes extremadamente ruidosos.

Pero además el ruido también puede provocar sobre la salud infantil una respuesta de estrés que incluye un aumento de la frecuencia cardiaca y un aumento de la respuesta hormonal. En el aeropuerto de Múnich se realizó un estudio, donde se examinaron a niños en edad escolar durante los años en los que el aeropuerto se trasladó a otra ubicación. Los resultados concluyeron que el ruido inducía un incremento en los niveles de epinefrina y norepinefrina. Los niveles de ruido pueden además interferir el sueño, necesario para la restauración del cuerpo y del cerebro.

Son muy pocas las observaciones que existen sobre los efectos del ruido durante el sueño o los parámetros del sueño de los niños. Los pocos resultados testados no contradicen la hipótesis de que, análogamente a las reacciones fisiológicas que se producen durante el estado despierto, ocurren respuestas fisiológicas en los niños a menores niveles de exposición al ruido que en los adultos. En particular, durante la fase REM (*rapid eye movement*) del sueño, eventos ruidosos de suficiente intensidad (95 dB (A)) pueden causar que los niños se despierten; lo cual es importante puesto que en la fase REM es necesaria para consolidar la memoria.

Los resultados obtenidos de los pocos estudios llevados a cabo hasta ahora indican que los eventos ruidosos en la primera parte del sueño (durante la primera fase de la noche) afectan al sueño de los niños en menor medida que aquellos eventos ruidosos que tienen lugar por la mañana temprano.

Por otra parte, los niveles de ruido también pueden afectar negativamente su aprendizaje y el desarrollo del lenguaje, alterar la motivación y la concentración infantil provocando una reducción de la memoria y una reducción en su

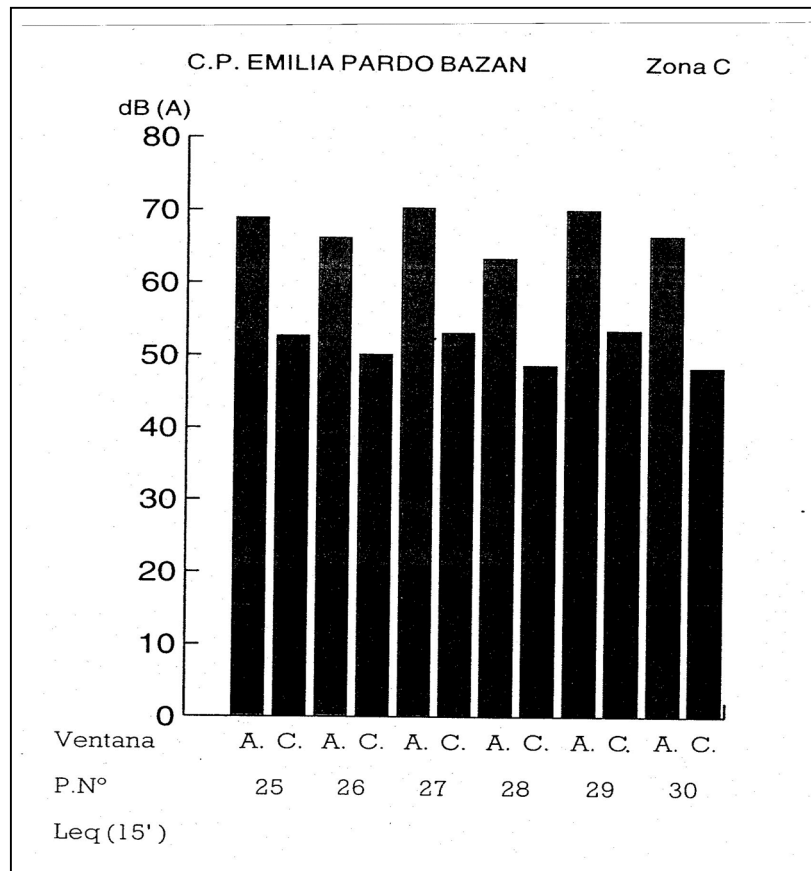
habilidad para llevar a cabo tareas más o menos complejas. Los efectos del ruido mejor documentados sobre la cognición de los niños durante el aprendizaje, se han encontrado a través de la investigación que ha mostrado los efectos negativos en adquirir destrezas o habilidades en la lectura. Alrededor de 20 estudios han encontrado indicadores de la relación negativa entre la exposición crónica a ruido y la adquisición retardada de la destreza para la lectura en niños pequeños.

Algunos estudios de ruido crónico y agudo han encontrado efectos adversos con la exposición a ruido aéreo en la memoria a largo plazo para material complejo o difícil de memorizar. Otros estudios han examinado la posible asociación entre la exposición a ruido y déficit de atención y la motivación en los niños, y otras investigaciones sugieren que el ruido puede interferir de forma importante con la percepción de los diálogos o la adquisición del lenguaje en los niños.

También se ha registrado en la bibliografía el desarrollo de nódulos vocales y ronquera en los niños debido al esfuerzo que su laringe y sus cuerdas vocales deben de realizar al estar en un entorno escolar muy ruidoso. En general, hay pocos estudios realizados sobre qué efectos adversos induce el ruido en la salud de los niños y a qué edades estos efectos comienzan a aparecer. La mayoría de los estudios se refieren a los efectos sobre el rendimiento y el aprendizaje en grupos de escolares. El ruido puede también tener efectos negativos en la autoestima y la ansiedad.

En general diversos estudios indican la evidencia de que hay déficits cognitivos debidos al ruido. Además, parece demostrado que son peores las secuelas a medio plazo que los efectos inmediatos (quizás porque no se comprenden las explicaciones del profesor o se procese peor la información y se obtengan peores resultados en la evaluación) (Observatorio salud y Medio Ambiente, 2012). En esta línea, otros estudios analizan el efecto del ruido sobre el rendimiento escolar, llegando a establecer que en los colegios más ruidosos es mayor el fracaso escolar. Algunos trabajos sitúan el umbral de nocividad en 55 dB(A) para la realización de tareas complejas.

En la figura 3 se muestran los niveles de ruido en el aula de un colegio en Madrid con las ventanas abiertas y con las ventanas cerradas. Puede observarse que cuando las ventanas están abiertas se sobrepasan ampliamente el nivel antes mencionado de 55 dB(A) para la realización de tareas complejas e incluso el valor guía de la OMS de protección a la salud de 65 dB(A)



*Figura 3: Niveles de ruido en un aula de un colegio de Madrid con las ventanas abiertas (A) y cerradas (C) para diferentes días.*

Por otro lado, recientes investigaciones, han encontrado una correlación existente entre enfermedades respiratorias en niños y la contaminación atmosférica química y acústica procedente del tráfico rodado (Isinget al, 2004), en estos estudios los niños expuestos a ruido alto (54-70 dB (A)) presentan en comparación con otros niños un aumento significativo de las concentraciones de la hormona cortisol en la saliva medida por la mañana, lo que indica una activación del eje hipotálamo-pituitario-adrenal (HPA) que conduce a largo plazo a la agravación de bronquitis.

Como se ha comentado anteriormente, la patogénesis de las alergias puede ser estimulada por el efecto de los contaminantes atmosféricos como NO<sub>2</sub> y las partículas procedentes de las emisiones diésel pero parece ser que los niveles de ruido también juegan un papel importante, especialmente durante la noche.

Durante el sueño, los ruidos que están asociados a estímulos de peligro (por ejemplo el producido por una ambulancia) tienen suficiente potencial para estimular reacciones de estrés incluso si el nivel de ruido es bajo. Los aumentos de cortisol (generados en esa reacción de estrés) en la primera mitad de la noche parece que juegan una misión importante. Múltiples análisis de regresión han dado como resultado aumentos significativos de los riesgos

relativos de asma, bronquitis crónica y neurodermitis, los cuales aumentan significativamente con el aumento de la cantidad de tráfico.

A todo lo anteriormente descrito se añade además que los niños son más vulnerables al ruido que los adultos porque tienen menor capacidad de control que los adultos sobre el ambiente que les rodea y las situaciones diarias que les provocan malestar y que la legislación en relación con el ruido y el entorno laboral tradicionalmente está dirigida a la población adulta, no centrada en las necesidades especiales de los niños (escuelas, guarderías, etc.), los niños pueden tener más molestias o ser perjudicados de forma diferente por el ruido que los adultos por una percepción distinta del mismo (Health effects of noise on children and perception of the risk of noise, 2001).

#### **4.6.3 Efecto del ruido y otros contaminantes ambientales sobre los ingresos hospitalarios infantiles en Madrid (Linares et al 2006)**

Como se ha señalado anteriormente, un informe de la OMS expone que los efectos combinados de la contaminación atmosférica química y los niveles sonoros procedentes de la exposición crónica a tráfico rodado incrementa en los niños y en la población adulta el riesgo de padecer enfermedades de la piel y respiratorias.

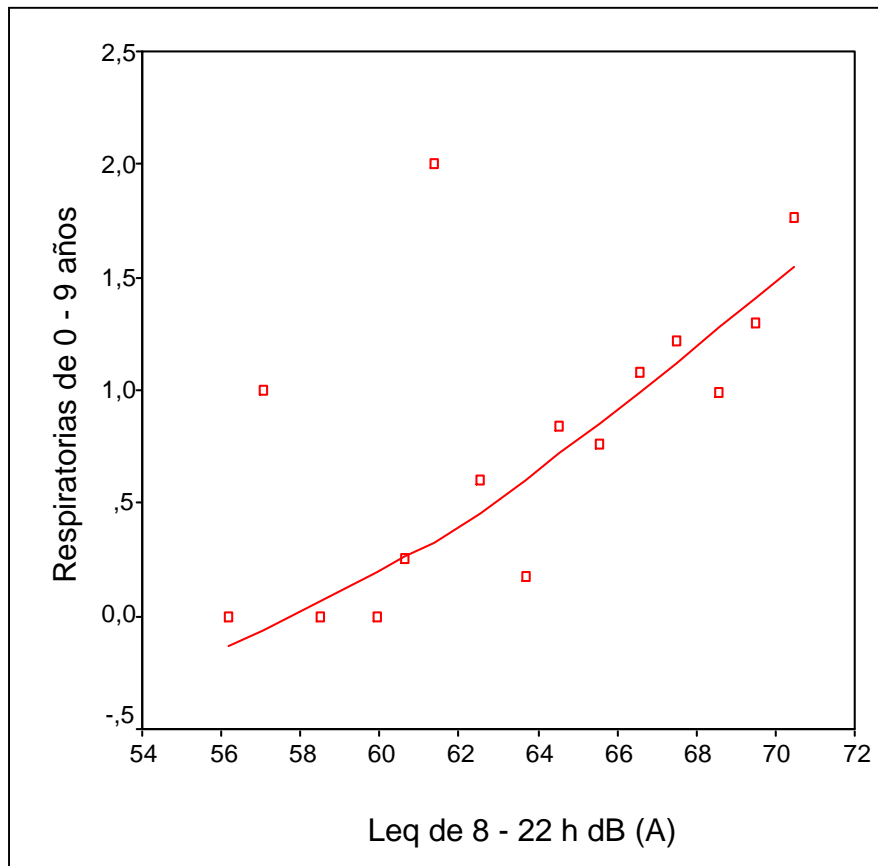
En esta línea se enmarca un estudio realizado en la ciudad de Madrid sobre el efecto que el ruido de tráfico y otros contaminantes ambientales tienen sobre los ingresos hospitalarios infantiles en Madrid.

El estudio se realizó desde los años 1995 a 2000 y se relacionó el nivel de ruido en Madrid con los ingresos no programados, excluyendo accidentes, en el Hospital Gregorio Marañón de Madrid.

Las causas analizadas fueron todos los ingresos, ingresos por causas respiratorias y dentro de éstas por bronquitis y neumonía. Se controló por el efecto de variables de contaminación atmosférica química ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$ ) y por contaminación biótica a través del polen de gramíneas, así como por epidemias de gripe. Para cuantificar el riesgo se utilizó regresión de Poisson.

Los resultados encontrados por el caso del ruido muestran que existe una asociación lineal y sin umbral entre los niveles de ruido diurno y los ingresos por causas respiratorias, como puede apreciarse en la figura 4. Es decir, que a mayor ruido mayor número de ingresos, sin que exista un umbral de seguridad.





*Figura 4: Relación lineal y sin umbral entre los niveles de ruido en Madrid y los ingresos hospitalarios en población infantil (Linares et al 2006).*

La cuantificación del riesgo indica que el ruido se asocia significativamente con el riesgo de ingresar en un hospital para los niños de 0-9 años por causas respiratorias. Este riesgo es de un 4,7% por cada dB(A) con un retraso de tres días, siendo la variable ambiental que más relación muestra para los ingresos por esta causa como puede verse en la tabla 7.

Es decir, que si hubiese dos poblaciones una expuesta a niveles de ruido 1 dB(A) superior a la otra, el riesgo de ingreso en la población ruidosa es un 4,7% superior al de la no ruidosa.

Variable (Lag)	RR (95% CI)	AR(%)
NO <sub>x</sub> (3) <sup>I</sup>	1.01 (1.00 1.01)	0.5
Tfrío(6, 12) <sup>II</sup>	1.04 (1.02 1.06)	3.8
Leqt (3) <sup>III</sup>	1.05 (1.01 1.08)	4.7
Polen (4) <sup>IV</sup>	1.03 (1.02 1.04)	2.9
Hr (12) <sup>V</sup>	1.00 (1.00 1.01)	0.4

<sup>I</sup>RR para un incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> en la concentración de PM<sub>10</sub>

<sup>II</sup>RR para cada grado de Tmax (Temperatura máxima < 33°C)

<sup>III</sup>RR para un incremento de 1 dB(A) en Leqt

<sup>IV</sup>RR para un incremento de 10 granos/m<sup>3</sup> en la concentración de Polen

<sup>V</sup>RR para un incremento de un 1% en la Humedad Relativa.

*Tabla 7: Riesgos de ingresos por causas respiratorias para niños menores de diez años en Madrid (Linares et al 2006)*

Estos riesgos pueden llegar al 7,7 % para el caso de los ingresos por neumonía. Los mayores valores de cortisol en la saliva de los niños que duermen en ambientes ruidosos en relación a aquellos que lo hacen en lugares más tranquilos puede ser el mecanismo biológico que explique esta asociación, ya que valores más elevados de cortisol se relacionan con una menor actividad en el sistema inmunológico que puede hacer que progresen algunas enfermedades respiratorias infecciosas.

#### **4.7. Conclusiones y recomendaciones.**

Anteriormente se han descrito las evidencias científicas que el conocimiento actual establece sobre las relaciones entre el ruido de tráfico (no ya en ambiente laboral o en proximidades de aeropuertos) y diversas patologías más allá de las molestias con las que tradicionalmente se relacionaban con el ruido ambiental. La contaminación acústica, viene a mostrar una nueva dimensión de la contaminación producida por el tráfico añadiendo a los efectos en salud de la contaminación química tradicional la de este contaminante físico. La falta de una red de medida de ruido en tiempo real en la práctica totalidad de las

ciudades españolas hace que sean muy escasos los estudios que se realizan sobre este contaminante y sus efectos en salud en nuestro país. No obstante sí existen múltiples estudios a nivel mundial, fundamentalmente de cohortes, que sustentan los resultados aquí expuestos, muchos de ellos prácticamente inéditos.

También es importante destacar el papel más activo que han de jugar las administraciones públicas. De hecho, la propia C.E. pide a los estados miembros un esfuerzo de sensibilización en esta materia, señalando que: *“el ruido sigue siendo un problema medioambiental que afecta prácticamente a todos los ciudadanos y que según las encuestas de opinión pública es de capital importancia”*.

La dimensión del impacto de la contaminación acústica sobre la salud del conjunto de los ciudadanos, similar al menos al de la contaminación química, hace necesaria la adopción de medidas dirigidas a reducir los niveles de exposición a este contaminante.

## 5. CONCLUSIONES

El Grupo de Trabajo sobre contaminación acústica de CONAMA 2014 ha concentrado su esfuerzo en el análisis de la contaminación acústica urbana desde el punto de vista de la calidad ambiental y la salud, siendo el eje principal del grupo la protección de la ciudadanía frente al ruido ambiental.

Para ello, además de analizar la situación actual desde el punto de vista de la gestión, incluyendo los últimos avances, proyectos y desarrollos que dan respuesta a muchos de los desafíos y dificultades técnicas que encuentran las personas encargadas de la gestión del ruido hoy día, se ha prestado una especial atención a los mecanismos y medios que actualmente posibilitan la participación ciudadana y los efectos del ruido en la salud de las personas.

Contenido que, de alguna forma, representa el logotipo de GT-10 diseñado en sintonía con la imagen propia de CONAMA 2014.



El desarrollo de la sesión GT-10 tuvo lugar el miércoles 26 de noviembre, en la Sala Habana-Buenos Aires del Palacio Municipal de Congresos de Madrid, sede de CONAMA 2014. Durante dos horas se presentaron las principales conclusiones del grupo de trabajo, según la siguiente planificación:

GT-10: Gestión y mejora de la calidad acústica del ambiente urbano  
**Presentación**  
 26 de noviembre de 2014  
 Jerónimo Vida Manzano. Coordinador GT-10

09:30	<b>Presentación</b>
09:45	<b>Ruido y GESTIÓN</b>
10:10	<b>Ruido y CIUDADANÍA</b>
10:35	<b>Ruido y SALUD</b>
11:00	<b>DEBATE PÚBLICO</b> Mesa redonda / Análisis / Comentarios / Preguntas
11:30	<b>Clausura</b>



Intervinieron, por este orden, **Jerónimo Vida Manzano** (Coordinador de GT-10, actuando como Presentador y posteriormente Moderador), **Miguel Ausejo Prieto** (Relator y Ponente del contenido sobre Ruido y Gestión de GT-10), **Juaco Grijota Chousa** (Relator y Ponente del contenido sobre Ruido y Ciudadanía de GT-10) y **Julio Díaz Jiménez** (Relator y Ponente del contenido sobre Ruido y Salud de GT-10):

GT-10: Gestión y mejora de la calidad acústica del ambiente urbano  
**Presentación**  
 26 de noviembre de 2014  
 Jerónimo Vida Manzano. Coordinador GT-10

09:45 (25 minutos)	<b>Miguel Ausejo Prieto</b> AUDIOTEC	<b>Ponente: Ruido y GESTIÓN</b>
10:10 (25 minutos)	<b>Juaco Grijota Chousa</b> ECOPAS	<b>Ponente: Ruido y CIUDADANÍA</b>
10:35 (25 minutos)	<b>Julio Díaz Jiménez</b> I.S. Carlos III	<b>Ponente: Ruido y SALUD</b>
11:00	<b>Jerónimo Vida Manzano</b> COFIS/UGR	<b>Moderador</b>



### Sobre Ruido y Gestión:



**MIGUEL AUSEJO PRIETO** realizó un recorrido por los principales problemas y circunstancias que caracterizan la aplicación de la normativa acústica en España, incluyendo:

- criterios acústicos en la planificación urbana
- estado de la 2ª ronda de MER
- revisión personas expuestas ruido de tráfico aglomeraciones
- evaluación de la directiva europea de ruido ambiental 2002/49/EC
- CNOSSOS-EU
- otras iniciativas europeas
- iniciativas españolas destacadas

Destacó las grandes diferencias existentes entre los resultados obtenidos en la realización de mapas estratégicos de ruido, planes de acción y población expuesta en la primera y segunda fase de aplicación de la Directiva 2002/49/CE y normativa derivada en España. En relación al número de personas expuestas al ruido del tráfico, se destacó la existencia de:

- Gran variabilidad
- Incompatibilidades
- Deficiencias en los detalles proporcionados (datos de entrada, parámetros de cálculo, metodología,...)
- Carácter vacacional, gran variación de IMD
- 31 aglomeraciones con cambios significativos: metodología / inconsistencia

Se llega a la conclusión de que el presente y el futuro de la acústica ambiental pasan por la revisión de la Directiva 2002/49/CE. En este sentido, se comenta que el proceso CNOSSOS-EU, que definirá el nuevo modelo armonizado en Europa para la evaluación de los índices acústicos previstos en la normativa, se encuentra actualmente en su Fase B de desarrollo (2012-2016), estando prevista su aplicación en la tercera ronda de mapas estratégicos de ruido en 2017. Este nuevo modelo de estimación unificado y homogeneizado, deberá evitar la disparidad en los resultados que antes se ha comentado. Diferencias que también se detectan en el resto de Europa, donde la comparación de resultados es igualmente compleja por las grandes diferencias encontradas entre unos trabajos y otros.

Se destacó igualmente la investigación que se desarrolla en Europa en materia acústica, trabajos y proyectos en los que participan numerosos investigadores

españoles. GT-10 ha realizado un detallado repaso de los principales proyectos europeos (como QUIESST, CITYHUSH o QUADMAP) incluyendo la última Guía de la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA) denominada “Guía de Buenas prácticas para Zonas Tranquilas” (*Good practice guide on quiet áreas, EEA Technical report No 4/2014*), la cual realiza un interesante análisis socioeconómico de zonas tranquilas incluyendo:

- Definición de criterios para determinación de zonas tranquilas.
- Análisis económico y valoración de las zonas tranquilas.
- Metodología para la identificación de las zonas tranquilas.
- Investigación y estado del arte en la evaluación de zonas tranquilas.

Para finalizar, se comenta la gran cantidad de iniciativas españolas en materia de gestión del ruido ambiental recogidas en este documento, cubriendo aspectos tan destacados como:

- Ruido generado por la recogida de residuos domésticos (Barcelona).
- Zonas piloto de reducción de ocio nocturno (Barcelona).
- Realidad virtual en el diseño de planes de acción contra el ruido de ocio (Málaga).
- Herramienta SIG para la toma de decisiones en la lucha contra el ruido de grandes infraestructuras de tráfico en Andalucía: proyecto garita.
- Reflexiones de un estudio acústico asociado a la elaboración de un plan especial de desarrollo urbanístico según el real decreto 1367/2007 (Vigo).
- Caracterización sonora experimental de un vehículo eléctrico.

Como resumen, las principales conclusiones de GT-10 en materia de gestión de la contaminación acústica son:

- La importancia de considerar criterios acústicos en la planificación urbanística.
- La existencia de casos de incumplimiento de legislación en materia de acústica ambiental por parte de la administración (local).
- La existencia de disparidad de resultados en la realización de MER.
- Numerosas iniciativas europeas y españolas relacionadas con la gestión del ruido ambiental.
- La próxima aplicación del modelo CNOSSOS – EU y los cambios que traerá consigo:
  - cambios normativos inminentes.
  - cambios legislativos inminentes.
  - cambios tecnológicos inminentes.

### Sobre Ruido y Ciudadanía:



**JUACO GRIJOTA CHOUSA** destacó en primer lugar los tres puntos de apoyo que sustentan actualmente la participación ciudadana: Convenio de Aarhus, el auge y uso generalizado de Internet y la existencia de aplicaciones y técnicas informáticas relacionadas con la gestión de datos masivos, el denominado Big Data.

Se realiza, a continuación, un importante repaso a la normativa aplicable para llegar, finalmente, a comentar las características y el desarrollo de numerosas experiencias de participación. En este sentido, se

comenta la gran importancia que tienen actualmente las aplicaciones para dispositivos móviles inteligentes (*Smartphone*) y el potencial masivo que presentan para la educación y concienciación ciudadana. Podemos considerar que los Smartphone son actualmente el dispositivo móvil por excelencia para la participación ciudadana. Datos geolocalizados que van dando forma a “paisajes sonoros” tal cual los percibe la ciudadanía, que no duda en compartir sus registros e impresiones haciendo uso de la red y su capacidad y potencial para dar a conocer todo aquello que gusta y lo que no gusta.

Por esta razón, GT-10 ha analizado una gran cantidad de herramientas y lugares Web expresamente diseñados para que la ciudadanía registre datos acústicos y los comparta con diferentes usos y objetivos. Este tema, siempre controvertido, dio lugar a un importante debate durante la jornada GT-10, del cual se pueden extraer, al menos, dos conclusiones muy concretas:

- Los dispositivos móviles no son instrumentos para la medida de niveles acústicos y cualquier aplicación diseñada para ese fin sólo permitirá tener idea del orden de magnitud de la situación acústica real.
- A pesar de lo anterior, los dispositivos móviles constituyen una herramienta muy importante, por su gran potencial, para la concienciación y educación ciudadana en materia de ruido ambiental.

Así lo pone de manifiesto la gran cantidad de usos que permiten estos dispositivos, sus aplicaciones y lugares Web de apoyo, entre otros:

- Notificación de quejas y reclamaciones
- Detección de puntos urbanos calientes (por ruidosos)
- Análisis de percepción/molestia ciudadana por ruidos
- Desarrollo de programas formativos y de sensibilización



### Sobre Ruido y Salud:



**JULIO DÍAZ JIMÉNEZ** realizó un extenso recorrido por los resultados de la investigación en materia de ruido y salud en los últimos años.

Estos resultados ponen de manifiesto que *hay que empezar a ver el ruido como algo que genera años de vida perdidos y no sólo molestia.*

Los efectos auditivos del ruido incluyen el desplazamiento del umbral de audición, trastornos de audición, efecto máscara (ruido sobre ruido), acúfenos (percepción de ruidos que no existen en el entorno, como pitidos, zumbidos, etc)

o fatiga auditiva. Aunque los estudios sobre contaminación acústica centrados en la salud se han dirigido generalmente a población adulta y ambiente laboral, la dimensión de estos estudios se ha ampliado en los últimos años constatando efectos no auditivos para niveles altos de ruido en otros ambientes.

Estos efectos no auditivos incluyen hipertensión arterial, influencia en infartos cerebrales, trastornos en el sueño, problemas en el embarazo o problemas de aprendizaje en población escolar. El ruido (ambiente) que rodea a las personas también condiciona su solidaridad. Experimentos llevados a cabo en entornos ruidosos demuestran que la "generosidad" de las personas es menor (su disposición a ayudar, a compartir, etc.) que en ambientes sonoros más relajados

Cuando se analiza la exposición de la población al ruido del tráfico, damos un salto al ámbito de la salud pública y encontramos estudios inapelables que demuestran la existencia de efectos no auditivos tales como:

- Aumento de la tensión arterial
- Aumento de los niveles de adrenalina
- Aumento de los niveles de colesterol
- Aumento de plaquetas
- Aumento de los niveles de cortisol
- Relación con ingresos y mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares

Según se desprende de estas investigaciones, el ruido no es un agente que provoque la muerte por sí mismo, pero puede dar lugar a que existan las condiciones adecuadas para ello como resultado de sinergias negativas. Es decir, el ruido no mata pero aumenta la probabilidad de un fatal desenlace a consecuencia de otras enfermedades y dolencias. Así, el incremento de ruido

(ambiente) provoca un aumento de la mortalidad (por infartos cerebrales, enfermedades respiratorias, diabetes o artritis reumatoide...) alrededor del 5% por decibelio.

Esta es, por tanto, la conclusión más destacada: el ruido es algo más que molestia, llegando a desempeñar un papel muy importante como agente que desencadena o crea las condiciones para que se verifique un fatal desenlace por otras dolencias o el progreso de ciertas enfermedades. Y para que eso ocurra puede llegar a ser suficiente exposiciones prolongadas al ruido y no necesariamente a niveles acústicos altos.

Por tanto, la dimensión del impacto de la contaminación acústica sobre la salud del conjunto de los ciudadanos, similar al menos al de la contaminación química, hace necesaria la adopción de medidas dirigidas a reducir los niveles de exposición a este contaminante (instalación de redes de medida en tiempo real, medidas de prevención de la contaminación acústica para el control y minimización de la exposición ciudadana al ruido ambiental)

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### 6.1 General

- [1] POLÍTICA FUTURA DE LUCHA CONTRA EL RUIDO. LIBRO VERDE DE LA COMISIÓN EUROPEA, 1996: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:51996DC0540&from=ES>
- [2] GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE, 1999. <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>
- [3] El Parlamento Europeo endurece el límite de ruido de los vehículos. Nota de prensa. Salud pública. Fecha 2 de abril de 2014. <http://www.europarl.europa.eu/news/es/news-room/content/20140331IPR41178/html/El-Parlamento-Europeo-endurece-el-l%C3%ADmite-de-ruido-de-los-veh%C3%ADculos>
- [4] European Commission publishes progress report on Environmental Noise Directive. [http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our\\_activities/public-health/env\\_noise/ec-progress-report-environmental-noise](http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our_activities/public-health/env_noise/ec-progress-report-environmental-noise)
- [5] Environmental Noise and the CNOSSOS-EU initiative. [http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our\\_activities/public-health/env\\_noise](http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our_activities/public-health/env_noise)
- [6] European Acoustic Heritage. <http://europeanacousticheritage.eu/>
- [7] European Soundscape Map. <http://map.europeanacousticheritage.eu/>
- [8] European Soundscape Map project description. <http://issuu.com/escoitando/docs/europeanacousticheritage/1?e=0>
- [9] Jerónimo Vida Manzano. Planes de Acción contra el ruido para el control y gestión sostenible de la contaminación acústica urbana. Ecosostenible, nº23, octubre 2013. [http://www.ecoiurislapagina.com/pdf/ecosostenible/2013/Ecosostenible\\_23.pdf](http://www.ecoiurislapagina.com/pdf/ecosostenible/2013/Ecosostenible_23.pdf)

### 6.2 Ruido y Gestión

- **Recurso on-line.**  
<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/26390/1/cnossos-eu%20jrc%20reference%20report%20final%20on%20line%20version%2010%20august%202012.pdf>
- **Recurso on-line.**  
[http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our\\_activities/public-health/jrc-delivers-the-common-noise-assessment-methods-cnossos-eu-to-eu-ms-and-noise-stakeholders](http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our_activities/public-health/jrc-delivers-the-common-noise-assessment-methods-cnossos-eu-to-eu-ms-and-noise-stakeholders)
- Susana Arines. ISANOR ACÚSTICA. LA IMPORTANCIA DE CONSIDERAR LOS CRITERIOS ACÚSTICOS EN LA PLANIFICACIÓN URBANA. Comunicación Técnica para CONAMA, 2014.

- Miguel Arana, Ricardo San Martin, and Juan C. Salinas. *People exposed to traffic noise in European agglomerations from noise maps. A critical review.* Noise Mapp. 2014; 1:40–49.
- **Recurso on-line.** <http://www.quiesst.eu>
- **Oltean-Dumbrava C., Watts G., Miah A. (2012)** “*Generic database of sustainability criteria values per main noise reducing device type for EU project QUIESST*”, **Invited Paper**, Internoise, New York, 19-22 August, 2012.
- **Oltean-Dumbrava C., Watts G., Miah A. (2012)** “*Defining sustainability key performance indicators for measuring, monitoring, and reporting the sustainability performances of noise reducing devices for EU project QUIESST*”, **Invited Paper**, Euronoise, Prague, 10-13 June, 2012.
- Dámaso M. Alegre Marrades. Oficina Técnica FERROVIAL AGROMAN S.A. *Estado del Arte en lo referente a los Dispositivos Reductores de Ruido para infraestructuras de transporte.* Comunicación Técnica para CONAMA, 2014.
- Massimo Garai; Paolo Guidorzi; Luca Barbaresì. *Progress in sound reflection measurements on noise barriers in situ.* INTERNOISE 2012, New York, USA.
- **Serbian Noise Congress. 7 November 2012, Belgrade (Serbia).**
- **Recurso on-line.** <http://noise.eionet.europa.eu/>
- **Recurso on-line.** <http://www.cityhush.eu>
- **Recurso on-line.** <http://www.quadmap.eu/>
- Proposal of a harmonized method for selection, analysis, management of Quiet urban areas and applicative Tools. QUADMAP LIFE10 ENV/IT/407.
- Ö. Axelsson, “The ISO 12913 series on soundscape: An update, May 2012”, Proceedings Acoustics 2012 Hong Kong, (2012).
- Miriam Weber. Quiet Urban Areas: repositioning local noise policy approaches – questioning visitors on sound scape and environmental quality. INTERNOISE 2012, New York, USA.
- Chiara Bartalucci, Francesco Borchì, Monica Carfagni, Lapo Governi. Quiet areas definition and management in action plans: general overview. INTERNOISE 2012, New York, USA.
- Chiara Bartalucci, Raffaella Bellomini. LIFE+2010 QUADMAP project (Quiet Areas Definition and Management in Action Plans): the proposed methodology and its application in the pilot cases of Firenze. Internoise 2013, Innsbruck, Austria.
- Miriam Weber, Jennie Odink. Assessing impacts of interventions: acoustics and perceptions of low noise road pavement. Internoise 2013, Innsbruck, Austria.
- Miriam Weber. Assessing impacts of interventions. Internoise 2013, Innsbruck, Austria.

- Igone García et al. APPLICATION OF THE METHODOLOGY TO ASSESS QUIET URBAN AREAS IN BILBAO: CASE PILOT OF QUADMAP. *Internoise 2013*, Innsbruck, Austria.
- Fons Esteve, J., Martínez Izquierdo, C., Domingues, F., Simonazzi, W. y Blanes Guàrdia, N. (2010): NOISE: sistema de información de los datos de ruido de Europa. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 86-96. ISBN: 978-84-472-1294-1.
- Good practice guide on quiet áreas. EEA Technical report No 4/2014.
- **Recurso on-line.**  
<http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-quiet-areas>
- Àngel Moreno Duran, David Casabona Fina. Oficina Técnica de Evaluación y Gestión Ambiental. Área de Territorio y Sostenibilidad. Diputación de Barcelona. *ANÁLISIS DEL RUIDO GENERADO DURANTE LA RECOGIDA DE LOS RESIDUOS DOMÉSTICOS EN DIVERSOS MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE BARCELONA*. Comunicación Técnica para CONAMA, 2014.
- Ajuntament de Barcelona. MediAmbient i Serveis Urbans - Hàbitat Urbà. Autosuficiència Energètica i Coordinació de Serveis. Reducció de la Contaminació Acústica. *ZONAS PILOTO DE REDUCCIÓ DE OCIO NOCTURNO*. Comunicación Técnica para CONAMA, 2014.
- Basturk, Seckin; Perea Pérez, Francisca; Medina-Montoya Hellgren, Luis; Cardador Jiménez, Tatiana Realidad virtual en el diseño de planes de acción contra el ruido de ocio: proyecto piloto de la avenida Plutarco. 44º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA ENCUESTRO IBÉRICO DE ACÚSTICA. Valladolid, 2013.
- Cueto Ancela, José Luis; Hernández Molina, Ricardo; Sales Márquez, Diego; López Santos, Fernando; Gey Flores, Ricardo; Fernández Zacarías, Francisco; Carretero de la Rocha, David. *Herramienta sig para la toma de decisiones en la lucha Contra el ruido de grandes infraestructuras de tráfico en Andalucía: proyecto GARITA*. 44º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA ENCUESTRO IBÉRICO DE ACÚSTICA. Valladolid, 2013.
- VICTOR MARTÍNEZ CACHARRÓN; LUIS ESPADA RECAREY; FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ; Pedro de La Puente Crespo. *REFLEXIONES DE UN ESTUDIO ACÚSTICO ASOCIADO A LA ELABORACIÓN DE UN PLAN ESPECIAL DE DESARROLLO URBANÍSTICO SEGÚN EL REAL DECRETO 1367/2007 EN UN ÁMBITO DE VIGO*. Comunicación Técnica para CONAMA, 2014.

- H. Campello Vicente, N. Campillo Davó, R. Peral Orts, E. Velasco Sánchez. Universidad Miguel Hernández de Elche. *Caracterización sonora experimental de un vehículo eléctrico*. XX CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA.

### 6.3 Ruido y Ciudadanía

(Enlaces y recursos web válidos en el momento de su consulta en línea en diciembre de 2014)

- [1] Convenio sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente, hecho en Aarhus (Dinamarca), el 25 de junio de 1998. BOE40, de 16/2/2005.
- [2] <http://es.wikipedia.org/wiki/Democracia>
- [3] [http://es.wikipedia.org/wiki/Democracia\\_participativa](http://es.wikipedia.org/wiki/Democracia_participativa)
- [4] <http://es.wikipedia.org/wiki/Internet>
- [5] [http://es.wikipedia.org/wiki/Big\\_data](http://es.wikipedia.org/wiki/Big_data)
- [6] <http://www.mysql.com/>
- [7] <http://es.wikipedia.org/wiki/MySQL>
- [8] <http://www.postgresql.org/>
- [9] <http://es.wikipedia.org/wiki/PostgreSQL>
- [10] <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL>
- [11] <http://www.mongodb.org/>
- [12] <http://es.wikipedia.org/wiki/MongoDB>
- [13] [http://es.wikipedia.org/wiki/Oracle\\_Database](http://es.wikipedia.org/wiki/Oracle_Database)
- [14] [http://es.wikipedia.org/wiki/Participaci%C3%B3n\\_ciudadana](http://es.wikipedia.org/wiki/Participaci%C3%B3n_ciudadana)
- [15] Consejo Europeo. Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. DOCE 189, de 18/07/2002.
- [16] Gobierno de España. Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. BOE276, de 18/11/2003.
- [17] MAGRAMA. *Sistema de Información de la Contaminación Acústica, SICA*. <http://sicaweb.cedex.es/>
- [18] Consejo Europeo. Directiva 2003/4/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de enero de 2003 relativa al acceso del público a la información medioambiental y por la que se deroga la Directiva 90/313/CEE del Consejo. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:041:0026:0032:ES:PDF>
- [19] Consejo Europeo. Directiva 2003/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, por la que se establecen medidas para la participación del público en la elaboración de determinados planes y programas relacionados con el medio ambiente y por la que se modifican, en lo que se refiere a la participación del público y el acceso a

- la justicia, las Directivas 85/337/CEE y 96/61/CE del Consejo.  
<http://www.boe.es/doue/2003/156/L00017-00025.pdf>
- [20] Gobierno de España. Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente (incorpora las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE).  
<https://www.boe.es/boe/dias/2006/07/19/pdfs/A27109-27123.pdf>
- [21] Gobierno de España. Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno.  
<https://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12887.pdf>
- [22] <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
- [23] <http://es.wikiloc.com/wikiloc/home.do>
- [24] <http://www.openstreetmap.es/>
- [25] <http://www.blablacar.es/>
- [26] EEA. 2014. *Traffic noise pollution mapped with new mobile phone app*.  
[http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/mobile\\_phone\\_app\\_maps\\_traffic\\_noise\\_pollution\\_392na2\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/mobile_phone_app_maps_traffic_noise_pollution_392na2_en.pdf)
- [27] Maisonneuve et al. 2009. NoiseTube: Measuring and mapping noise pollution with mobile phones. In *Proceedings of the 4th International ICSC Symposium on Information Technologies in Environmental Engineering*, 215-228 (Thessaloniki, Greece).
- [28] D'Hondt & Stevens. 2011. Participatory noise mapping. In *Proceedings of the 9th International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2011)*, 33-36 (San Francisco, CA, USA).
- [29] Mydlarz et al. 2011. Application of novel techniques for the investigation of human relationships with soundscapes. In *Proceedings of the 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Internoise)*, 738-744 (Osaka, Japan).
- [30] Ajuntament de València-Audiotec. 2014. *Campaña Escolar Mutis*.  
<http://www.hazruidocontraelruido.com/>
- [31] Audiotec. 2014. *Cuéntame tu ruido. Estudio de Resultados 2013-2014*.  
<http://www.diadelruido.com/>
- [32] Kanjo, E. 2010. NoiseSPY: A real-time mobile phone platform for urban noise monitoring and mapping. *Mobile Networks and Applications* 15(4): 562-574.
- [33] Rana, RK et al. 2010. Ear-phone: An end-to-end participatory urban noise mapping system. In *Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN'10)*, 105-116 (Stockholm, Sweden).
- [34] Aitor Palomino Miranda y Jerónimo Vida Manzano (tutor). 2013. *Análisis de la evaluación ciudadana del ruido ambiental mediante el uso de aplicaciones móviles y redes sociales*. Proyecto de Fin de Carrera. Departamento de Física Aplicada, Fac. Ciencias, Universidad de Granada.
- [35] Kardous, C.A. and Shaw, P.B. 2014. Evaluation of smartphone sound measurement applications. *J. Acoustic Soc. Am.* 135, EL186  
<http://scitation.aip.org/content/asa/journal/jasa/135/4/10.1121/1.4865269>

- [36] Dumoulin, Romain. 2014. *On the use of mobile phones and wearable microphones for noise exposure measurement: calibration and measurement accuracy*. Master Degree Thesis, Universidad de Montreal. <http://espace.etsmtl.ca/1320/>
- [37] Foro 21. *Agenda 21 Local de Granada*. <http://scitation.aip.org/content/asa/journal/jasa/135/4/10.1121/1.4865269>
- [38] LORCA. *Plan de Acción contra la contaminación Acústica en la ciudad de Granada*, 2013. <http://www.granada.org/inet/agenda21.nsf/xw02/7B1B41B61DC67805C12576A200604304>
- [39] R. Goscinny y A. Uderzo. *Las doce pruebas de Astérix*. 1974. [http://es.wikipedia.org/wiki/Las\\_doce\\_pruebas\\_de\\_Ast%C3%A9rix](http://es.wikipedia.org/wiki/Las_doce_pruebas_de_Ast%C3%A9rix)
- [40] Gobierno de España. Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los Servicios Públicos. <http://www.seap.minhap.gob.es/es/areas/administracion-electronica.html>
- [41] *Webtrak. Sistema para el seguimiento de emisiones acústicas en aeropuertos de ANEA*. <http://www.aeropuertomadrid-barajas.com/webtrak-aeropuerto-de-madrid.htm>
- [42] *SmartSantander*. <http://www.smartsantander.eu/>
- [43] Muñoz, Luis. 2014. Capitalizing Sounds in the Smart City. Conferencia plenaria del *Simposio Europeo sobre Ciudades Inteligentes y Acústica Ambiental, Tecniacústica 2014*. UCAM, Murcia.

## 6.4 Ruido y Salud

1. Babisch W. Transportation noise and cardiovascular risk. Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation. *WaBoLu-Hefte* 01/06. [http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql\\_medien.php?anfrage= KennnummerandSuchwort = 2997.Dessau: Umweltbundesamt. 2006](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage= KennnummerandSuchwort = 2997.Dessau: Umweltbundesamt. 2006)
2. Babisch W. Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise&Health*. 2008; 10(38):27-33.
3. Belojevic G, Jakovljevic B, Aleksic O. Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. *Environ. Int.* 1997; 23:221–226.
4. Comisión Europea 2010. <http://ec.europa.eu/environment/noise/home.htm>.
5. Eberhardt JL. The Influence of Road Traffic Noise on Sleep. *Journal of Sound and Vibration*. 1988; 127(3):449-455.
6. Guski, R. Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise Health*. 1999; 1:45–56
7. Hänninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim T, Conrad A, Rappolder M, Carrer P, Fanetti AC, Kim R, Buekers J, Torfs R, Iavarone I, Classen T, Hornberg C, Mekel OCL, and the EBoDE Working GroupHanninen. Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries. *Environ Health Perspect*. 2014; doi: 10.1289/ehp.1206154.



8. Health effects of noise on children and perception of the risk of noise. National Institute of Public Health Denmark. Edited by Marie Louise Bistrup. Copenhagen, 2001.
9. Hellmut T, Classens T, Khinr R and KephelopoulosS(eds) World Health Regional Office for Europe and European Commission. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen: WHO Regional Publications, 2011.
10. Ising H & Ising M. Chronic cortisol increases in the first half of the night caused by road traffic noise. *Noise Health* 2002; 4 (16): 13-21.
11. Ising H, Lange-Asschenfeldt H, Lieber GF, Weinhold H, Eilts M. Respiratory and dermatological diseases in children with long-term exposure to road traffic immissions. *Noise Health*. 2003; 5(19):41-50.
12. Ising H, Lange-Asschenfeldt H, Moriske HJ, Born J, Eilts M. Low frequency noise and stress: bronchitis and cortisol in children exposed chronically to traffic noise and exhaust fumes. *Noise Health*. 2004; 6(23):21-8.
13. Jarup L, Babisch W, Houthuijs D et al. Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA Study. *Environ Health Perspect* 2008; 116:329-333.
14. Linares C, Tobías, A, Recio A, et al. Mortality impact assessment caused by traffic noise in Madrid (Spain). *Environmental Research*. 2014. In Press.
15. Linares C, Díaz J, Tobías A, et al. Impact of urban air pollutants and noise levels over daily hospital admissions in children in Madrid: a time-series analysis. *Int Arch Occup Environ Health* 2006; 79: 143–152.
16. MAGRAMA 2010. <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/contaminacion-acustica/>
17. Maschke C, Rupp T, Hecht K. The influence of stressors on biochemical reactions: a review of present scientific findings with noise. *Int J Hyg Environ Health* 2000;203:45-53.
18. Maschke C, Harder J, Ising H, Hecht K, Thierfelder W. Stress hormone changes in persons under simulated night noise exposure. *Noise & Health*. 2002; 5(17):35-45.
19. Maschke C. Excretion of Cortisol under Nocturnal Noise and Differences due to Analytic Techniques. *Noise Health*. 2003; 5(17):47-52.
20. Observatorio de Salud y Medio Ambiente. Ruido y Salud. 2012. <http://www.ecodes.org/salud-y-medio-ambiente-ecodes/observatorio-dkv-salud-y-medio-ambiente-2011-2012#.VJmif14A0>
21. OSE Informe de la Sostenibilidad en España. Observatorio de la Sostenibilidad en España. Madrid: MIMA, 2006.
22. OSMAN. Ruido y Salud. Observatorio de salud y medio ambiente de Andalucía. Junta de Andalucía. Sevilla 2009.
23. Paunovic K, Jakovljevic B, Belojevic G. Predictors of noise annoyance in noisy and quiet urban streets. *Sci. Total Environ*. 2009; 407:3707–3711.
24. Selander J, Nilsson ME, Bluhm G, Rosenlund M, Lindqvist M, Nise G, et al. Long-term exposure to road traffic noise and myocardial infarction. *Epidemiology*. 2009; 20(2):272–279.

25. Sørensen M, Hvidberg M, Andersen ZJ, Nordsborg RB, Lillelund KG, Jakobsen J, et al. Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study. *Eur Heart J*. 2011;32:737–744.
26. Sørensen M, Andersen ZJ, Nordsborg RB, Becker T, Tjønneland A, Overvad K, Raaschou-Nielsen O. Long-term exposure to road traffic noise and incident diabetes: a cohort study. *Environ Health Perspect*, 2013;121: 217-222.
27. Spiegel K, Leproult R, Van Cauter E. Impact of sleep debt on physiological rhythms. *Rev Neurol (Paris)*. 2003; 159(11 Suppl):6S11–6S20.
28. Spreng M. Possible health effects of noise induced cortisol increase. *Noise & Health*. 2000; 2(7):59-64.
29. Tobías A, Díaz J, Saez M, et al. Use of Poisson regression and Box-Jenkins models to evaluate the short-term effects of environmental noise levels on daily emergency admissions in Madrid, Spain. *Eur J Epidemiol* 2001; 17:765–771.
30. Tobías A, Linares C, Díaz J. El ruido de tráfico, un importante problema de salud pública en las grandes ciudades: de la pérdida de audición a causa de riesgo de muerte. *Revista Actuarios*. Otoño 2013.
31. Tobías A, Recio A, Díaz J et al. Noise levels and cardiovascular mortality: a case-crossover analysis. *Eur J Prev Cardiology*. 2014a. DOI: 10.1177/2047487314528108.
32. Tobías A, Recio A, Díaz J. Does traffic noise influence respiratory mortality? *European Journal Respiratory*. 2014b. DOI: 10.1183/09031936.00176213.
33. Tobías A, Recio A, Díaz J. Traffic noise and diabetes: A case-crossover analysis. 2014c. *Actadiabetologica*. In press.
34. WHO. World Health Regional Office for Europe and European Commission. Air quality guidelines for Europe, European series 23. Copenhagen: WHO Regional Publications, 1987.
35. WHO. World Health Organization. Guidelines for community noise. 1999.
36. WHO. World Health Regional Office for Europe. The Large Analysis and Review of European housing and health Status (LARES) project. 2007.
37. WHO. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organization 2011.
38. Willich SN, Wegscheider K, Stallmann M, Keial T. Noise burden and the risk of myocardial infarction. *Eur Heart J* 2012; 27:276-282.