

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Máster en Ingeniería Acústica



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

Elaboración de una metodología de trabajo para la realización de planes de acción contra el ruido

TESIS DE MASTER

Autor:

Guillem Pascual Rodríguez Mateu

Director/es:

***D. Juan Vicente Sánchez Pérez
D Antonio Hidalgo Otamendi***

GANDIA, Julio de 2012

Elaboración de una metodología de trabajo para la realización de planes de acción contra el ruido

Autor: Guillem Pascual Rodríguez Mateu

Director 1: Juan Vicente Sánchez Pérez

Director 2: Antonio Hidalgo Otamendi

Resumen

Actualmente no existe una normativa global que regule los parámetros que se deben considerar para la realización de planes de acción contra el ruido, sino que solamente se detallan una serie de requisitos mínimos que deben contener éstos, siendo las administraciones o empresas que lo llevan a cabo las que escogen qué criterios seguir en cada caso, sin que exista un razonamiento común a nivel, al menos, nacional.

Este artículo nace de la necesidad inherente de una estandarización de las pautas a seguir y tiene, como objetivo principal, fijar las bases para la creación de planes de acción, determinando aquellos aspectos básicos que se deben considerar para el estudio del estado actual del ruido ambiental en una determinada zona, así como para la elección de las diferentes medidas de prevención o corrección que se pueden llevar a cabo.

La metodología se ha creado a partir del estudio de multitud de documentos en materia de contaminación acústica, así como de los diferentes planes de acción contra el ruido analizados. Se ha implementado un software de ayuda para el empleo del método diseñado.

Palabras clave: metodología, plan de acción, ruido, criterios, molestia

Abstract

At present there is no global policy to regulate the parameters to be considered for the implementation of noise action plans, but only a series of minimum requirements that these must contain are detailed, being the administrations or companies carrying them out, the ones choosing what criteria to follow in each case, without the existence of a common argumentation, at least nationally.

This article derives from the inherent need of a standardization of the guidelines to follow and has as its main objective, to establish the basis for the creation of action plans, determining those basic aspects to be considered for the study of the current state of the environmental noise in a given area, as well as the choice of different measures of prevention or correction that can be carried out.

The methodology has been developed from the study of many documents related to noise pollution, as well as the different action plans against noise analyzed. A software aid for the use of the designed method has been implemented.

Keywords: methodology, action plan, noise, criteria, annoyance

Autor: Guillem Pascual Rodríguez Mateu, email: guillemrm@gmail.com

Fecha de entrega: 04-07-2012

CONTENIDO

I. ANTECEDENTES	3
II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	5
III. METODOLOGÍA	8
III.1. PROCESO PREVIO.....	8
III.2. INDICADORES.....	8
III.2.1. BLOQUE 1: Situación actual	10
III.2.2. BLOQUE 2: Situación previsible.....	25
III.3. HERRAMIENTA INFORMÁTICA	27
IV. RESULTADOS. ESTUDIO DE UN CASO REAL	28
V. CONCLUSIONES Y POSIBLES VÍAS DE FUTURO	37
AGRADECIMIENTOS	39
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXOS	40

I. ANTECEDENTES

Resulta evidente que cada vez existe una mayor inquietud por parte de la población sobre temas relacionados directamente con el medio ambiente y que pueden afectar de uno u otro modo a la actividad diaria de cada individuo. Entre estos surge de forma notable la contaminación acústica, y más concretamente el ruido ambiental, que inquieta a gran parte de la ciudadanía, máxime cuando hablamos de un país tradicionalmente ruidoso como es España.

Este hecho se puede observar analizando los resultados obtenidos en la “Encuesta de hogares y medio ambiente 2008” realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y cuyos datos definitivos se publicaron en enero de 2010 [1]. En este informe se detalla que el 85,6% de la población mayor de 16 años estaría a favor de reducir el ruido de las vías de circulación, ya sea mediante barreras acústicas o pavimentos fonoreductores, llegando incluso a porcentajes superiores al 92% en comunidades como Extremadura o La Rioja.

Este es solamente un ejemplo del estado latente de preocupación que existe en la actualidad por los problemas ocasionados por el ruido.

Esta inquietud está justificada a tenor de los resultados que se desprenden de la “1ª Fase de elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido. Plan de Acción contra el Ruido PAR 2008-2012” del Ministerio de Fomento [2], donde se indica que la media de población española afectada expuesta a niveles superiores a 65 dBA a causa del ruido de tráfico rodado que circula por la Red de Carreteras del Estado, es del 16,6% en el periodo de día y del 15,5% en el de tarde; mientras que en el periodo nocturno, el porcentaje aumenta al 41,3% de población afectada por niveles superiores a 55 dBA, llegando a más del 50% en este periodo en alguna comunidad autónoma. Los resultados de este informe se pueden ver en el Anexo I del presente documento.

Otro factor lo podemos observar en el incremento de normativas, decretos u ordenanzas en materia de contaminación acústica que se han establecido en los últimos años, tanto a nivel europeo o estatal, como autonómico o municipal; resultando éstas cada vez más restrictivas posicionándose hacia una línea de lucha directa contra el ruido ambiental.

En la mayor parte de las Directivas vigentes se detallan de forma minuciosa los límites de las emisiones sonoras de los diferentes medios de transporte (aviones, trenes, etc.), así como los límites máximos permitidos para diferentes zonas según su tipología de uso (residencial, docente, industrial, etc.), las actuaciones a acometer por parte de las diferentes administraciones si se incumplen dichos criterios, o la metodología de medición y análisis de diversos parámetros, entre otros. No obstante, existe un espacio difuso en las medidas que se deben tomar en una determinada zona después de ser evaluado el estado acústico de la misma.

A continuación se describe el proceso de evaluación y gestión de la contaminación acústica de una zona concreta, contemplado en la nueva legislación sobre contaminación acústica [3]:

- Determinación del estado acústico de una zona delimitada mediante un mapa de ruido.
- Delimitación de las diferentes áreas acústicas dentro de la zona evaluada.
- Aplicación de los objetivos de calidad acústica marcados por la ley vigente (en cada caso).
- Creación de mapas de conflictos para evaluar la calidad acústica de cada zona.
- Planes de acción preventivos y correctivos.
- Información a la población de los resultados obtenidos.

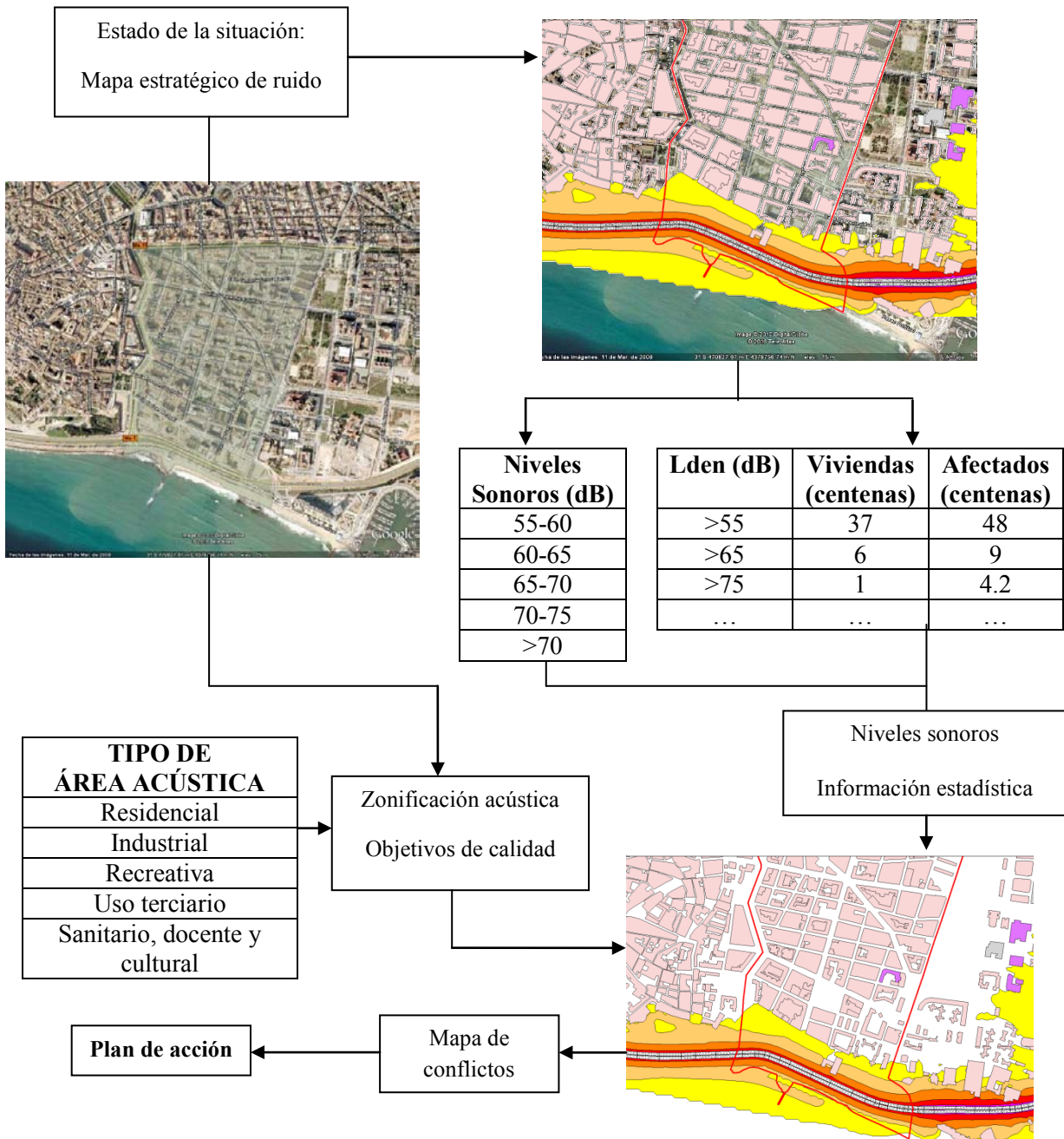


Fig. 1. Esquema de actuaciones para la evaluación y gestión del ruido (extraído de [3])

II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Si bien es cierto que las diferentes normativas determinan todos estos procesos, mencionados anteriormente, de forma detallada, no es así en el caso de los planes de acción en materia de contaminación acústica, ya que existen solamente una serie de requisitos mínimos, pero no métodos globales que determinen cómo realizar la evaluación de las diferentes posibles acciones a acometer, ni en base a qué factores se deben referir estas medidas, por lo que, en la actualidad, es cada administración (o la empresa contratada para su elaboración) la que escoge en cada caso cómo calificar esta serie de posibles actuaciones.

Por ejemplo, en las normativas de elaboración de mapas de ruido y mapas estratégicos de ruido se determinan los niveles a medir, métodos de predicción (así como metodologías para la toma de medidas en el caso que fuesen necesarias), información detallada que deben contener, rangos de niveles de ruido en sus diferentes periodos (día, tarde y noche), etc., mientras que en el caso de los planes de acción contra el ruido, la Directiva 2002/49/CE de 25 de junio [4], en su Anexo V, establecen los siguientes puntos mínimos que deben contener:

- Descripción de la aglomeración, así como de los principales ejes viarios, ferroviarios, aeropuertos u otras fuentes de ruido consideradas.
- Autoridad responsable y contexto jurídico.
- Valores límite establecidos por el Artículo 5.4. de la Directiva 2002/49/CE.
- Resumen de los resultados obtenidos en los mapas de ruido.
- Evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido y determinación de los problemas y de las situaciones que deben mejorar.
- Número de denuncias o quejas recibidas durante el proceso de información pública de acuerdo con el Artículo 22 de la Ley del Ruido [5].
- Medidas que se aplican en la actualidad para reducir el ruido y proyectos futuros que se están elaborando.
- Actuaciones previstas por las autoridades competentes a corto-medio plazo (cinco años), incluidas medidas para proteger las zonas tranquilas, así como estrategias a largo plazo.
- Información económica (si se dispone): presupuestos, evaluaciones coste-eficacia o costes-beneficios.
- Disposiciones previstas para evaluar la aplicación y los resultados del plan de acción.

En la actualidad, las administraciones y las empresas del sector que trabajan realizando este tipo de planes, utilizan diferentes indicadores para evaluar la situación acústica de una región

delimitada, así como las medidas que se van a cometer en ésta. Estos indicadores dependen, básicamente, de los siguientes factores:

- *Número de personas afectadas*: quizá el principal criterio para designar sea el número de personas afectadas por altos niveles en un pequeño espacio físico.
- *Coste/Beneficio*: se deberá tener en cuenta la factibilidad de las acciones y el coste derivado de llevarlas a cabo. Tendrán prioridad los planes de acción que consigan efectos positivos sobre más población afectada.
- *Zonas protegidas acústicamente*: según la Ley del Ruido [5], en las ciudades se deben fijar zonas acústicamente protegidas dedicadas principalmente a residencia. Esto provocará en los núcleos de población la creación de zonas por actividad, en las que se diferencie el uso residencial, industrial u otros.
- *Zonas con altos niveles acústicos*: deberán ser zonas que su franja de niveles de exposición, pero este es un criterio muy básico, ya que no tiene en cuenta el número de población afectada.

Por lo tanto, a tenor de la variedad de factores a considerar, así como la importancia de todos ellos, consideramos que la metodología a seguir en la elaboración de los planes de acción no es algo independiente en cada municipio, provincia o estado, sino que debe responder a unos criterios comunes y a unos indicadores básicos que aporten información y faciliten la gestión de la contaminación ambiental.

A causa de todo ello, se cree necesaria la creación de un método global estandarizado que establezca las bases para la creación de planes de acción, determinando los principales indicadores a tener en cuenta en este proceso, así como la forma de evaluar las diferentes posibles medidas de reducción de ruido ambiental que se puedan cometer en cada una de las áreas acústicas delimitadas en los mapas de ruido.

El presente proyecto tratará de conformar, pues, las directrices para la obtención de esos procedimientos de evaluación, pretendiendo conseguir un método tanto robusto, para poder adecuarlo a cualquier de las situaciones particulares que se puedan dar en el proceso de elaboración de planes de acción contra el ruido; como sencillo, para que la comprensión de los datos que se deriven de éste sea abarcable, relacionándolos con términos verbales de fácil comprensión, sin convertir la interpretación de los mismos en una tarea única del personal responsable, permitiendo así el acercamiento de los diferentes problemas ambientales a toda la población.

Una vez diseñada la metodología de evaluación zonal y clasificación de medidas preventivas y correctivas, se implementará un archivo en formato Excel que tratará de ser una herramienta

sencilla y fiable para la aplicación de dicho método, siendo una ayuda para las administraciones o usuarios que deseen emplearlo.

Para este estudio partimos de una serie de premisas a tener en cuenta:

- La administración o empresa encargada de la creación de los planes de acción deberá tener conocimiento de los niveles acústicos de una región, así como del número de personas totales y afectadas de cada zona (mapas de ruido o mapas estratégicos de ruido).
- También deberá conocer el tipo de uso predominante de cada zona (industrial, docente, sanitario...) conforme al Anexo V del Real Decreto 1367, de 2007 [6], “*Criterios para determinar la inclusión de un sector del territorio en un tipo de área acústica*”, así como otros tipos de uso secundarios, o la tipología del ruido que afecta a los habitantes de la misma (automóviles, trenes, ocio, etc.).
- Se deberá tener constancia del número de denuncias remitidas a la administración o alegaciones recibidas durante el proceso informativo adecuándolo al Artículo 22 de la Ley 37/2003 del Ruido [5].
- Será necesario conocer el estado actual de los edificios que forman parte de una determinada zona, así como la edad media de los mismos, etc.

La información referente a la situación acústica de un área, como pueden ser niveles de presión sonora por región, tipología de uso o ruido que afecta en dicha zona, etc., se encuentra disponible en los mapas estratégicos de ruido previos a la elaboración de los planes de acción en materia de contaminación acústica.

Por otra parte, para conocer el número de denuncias que se interponen en una zona a causa de molestias causadas por la contaminación acústica, se podrá acudir al registro de denuncias de la administración que regule la región a evaluar, o a la información extraída de las campañas de información ciudadana obligatorias según normativa, donde se podrán recoger las quejas de la población afectada de dicha área.

Por último, para conocer la edad media de las edificaciones del espacio que se está evaluando, se podrá acudir a los Planes Generales de Ordenación Urbana (PGOU) de las distintas administraciones.

III. METODOLOGÍA

III.1. PROCESO PREVIO

La elaboración del presente proyecto lleva asociada una serie de pasos previos, permitiendo un estudio exhaustivo de todos los aspectos relacionados con la creación de planes de acción contra el ruido ambiental:

- Análisis de la situación inicial a partir de diversos mapas estratégicos de ruido (aglomeraciones, carreteras, ferrocarril, etc.). Para ello se estudian diferentes mapas de ruido, así como los planes de acción asociados a éstos, realizados por administraciones de todo el territorio nacional. También se estudian diversas teorías para la elaboración de planes de acción.
- Búsqueda de normativa cuyo contenido esté relacionado con la creación de planes de acción, así como de los requisitos mínimos que deben cumplir, para dar forma a la metodología que se pretende realizar.
- Identificación de los criterios e indicadores básicos para trazar el plan de acción, factores a tener en cuenta para el diseño de los indicadores, métodos de clasificación de acciones, etc.

III.2. INDICADORES

La metodología que se pretende crear deberá realizarse a partir de pilares suficientemente robustos para soportar los diferentes casos que se puedan dar en estudios acústicos de ruido medioambiental. Es por ello que se decide crear una serie de indicadores que puedan ser comunes para todas estas situaciones.

A continuación (Fig. 2) se presenta el esquema básico que seguirá el método propuesto.

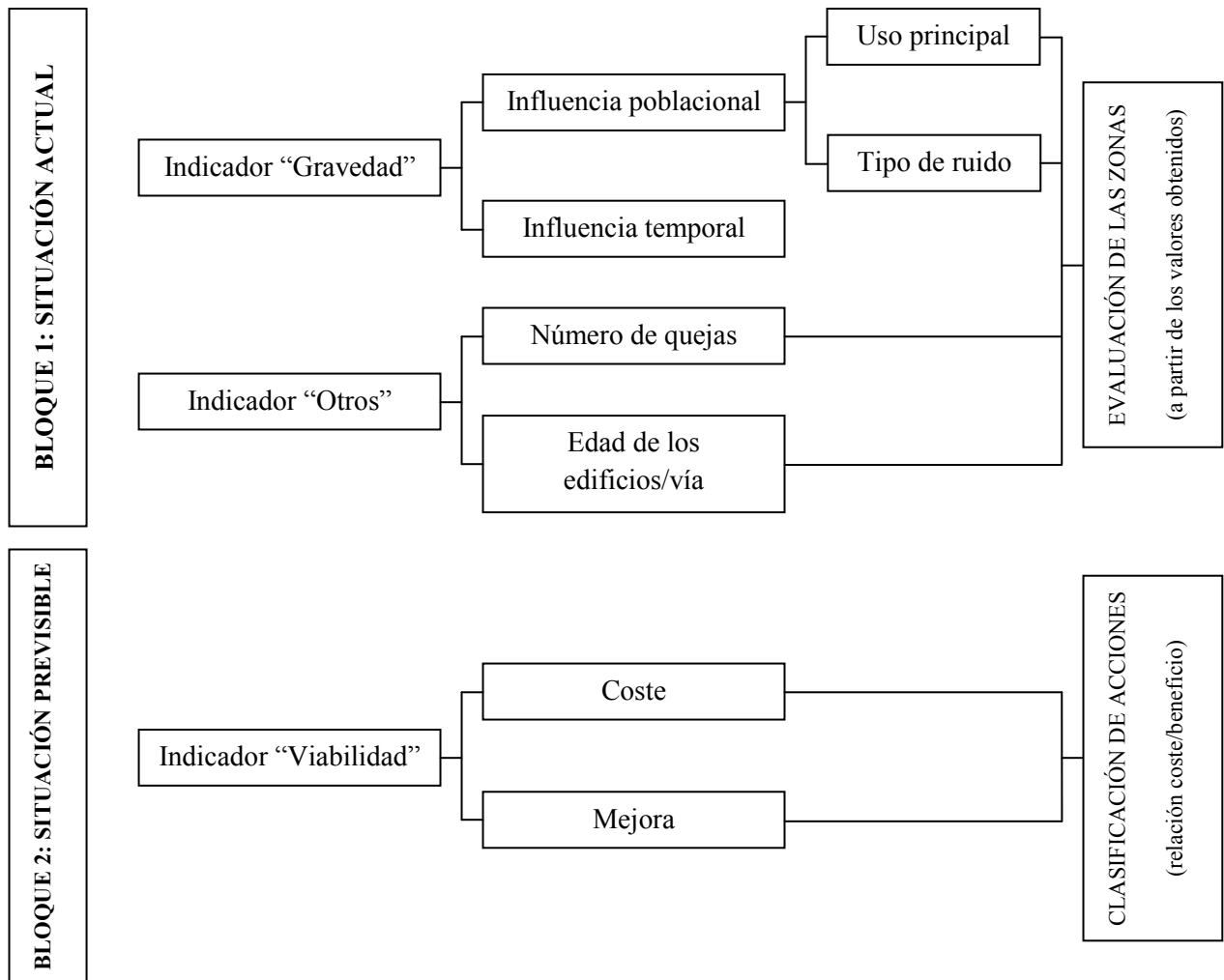


Fig.2. Esquema del método de evaluación zonal y clasificación de acciones

Se divide el procedimiento en dos apartados. El primero de ellos evaluará la situación actual de las diferentes áreas delimitadas a partir de los mapas estratégicos de ruido mediante dos indicadores regidos por fórmulas de penalización "Gravedad" y "Otros". Asimismo, estos parámetros dependerán de otros más selectivos, creando una topología en árbol. Todo el proceso de cálculo y evaluación de zonas se explica con detenimiento en posteriores puntos.

Estos indicadores darán como resultado la situación actual de cada una de las áreas objeto de estudio en una escala normalizada entre cero y diez, facilitando información sobre el número de personas afectadas por zona, etc.

El segundo apartado está formado por el indicador "Viabilidad", que determina la mejora previsible respecto a la situación actual a través de relaciones coste/beneficio considerando una serie de acciones establecidas por la administración o usuario en cada caso, permitiendo clasificar las diferentes medidas correctivas entre las más factibles, las menos costosas económicamente, etc.

III.2.1. BLOQUE 1: Situación actual

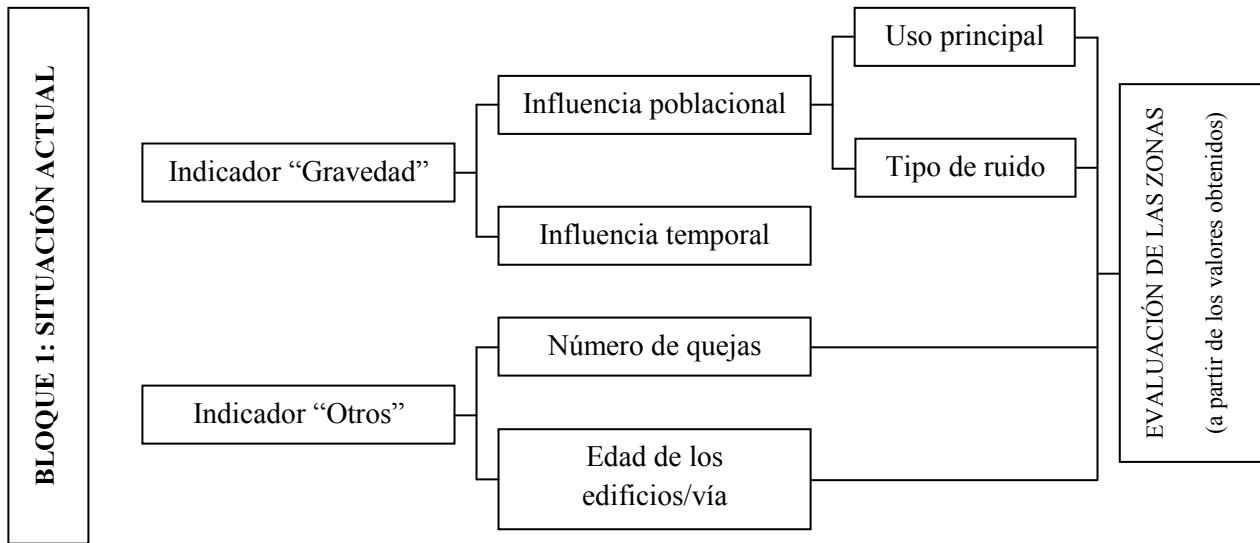


Fig.3. Esquema del Bloque 1: Situación actual

▪ Indicador “Gravedad”

En la evaluación de la situación actual de cualquier región, sea cual sea su ámbito de aplicación (ruido ambiental, contaminación provocada por tráfico, emisión de gases, etc.), se debe tener muy en cuenta como principal factor la influencia de estos problemas sobre la población. No será menos en este caso, donde el estado acústico de las diferentes zonas que se estudien tendrá un efecto directo sobre el estado de confort, o incluso de salud, de las personas que residan en ella, pudiendo llegar a producirse situaciones de malestar.

Es por ello que se decide que el principal indicador de este método de evaluación zonal deberá estar íntimamente ligado con la influencia sobre la población (Fig. 4, en color rojo), teniendo en cuenta que no solamente afectarán los niveles acústicos a los que estén sometidos cada uno de los individuos de un área, sino que también influirá la tipología de los distintos ruidos que perciban.

Por otra parte, es importante destacar que cuando un individuo está sometido a una serie de ruidos ambientales, el grado de molestia que siente depende en gran medida de la continuidad de estos (ruidos constantes, intermitentes, etc.), así como del tiempo de exposición. Para contemplar este efecto se tendrá en cuenta la influencia del ruido respecto del tiempo de exposición sonora de la población (Fig. 4, en color azul).

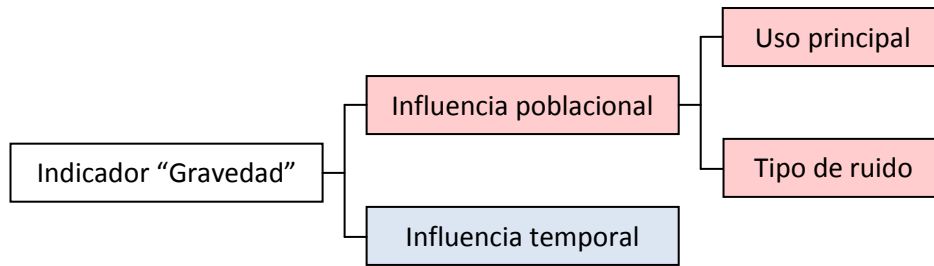


Fig.4. Diagrama del indicador "Gravedad"

- *Influencia poblacional*

A partir del número real de personas afectadas por ruido de una cierta zona en periodo de día, tarde y noche (dato reflejado en los mapas de ruido), se realizan diferentes cálculos y ponderaciones para alcanzar el número total de población teóricamente molesta, dando más peso a unas personas que a otras dependiendo de si están en una situación real mejor o peor. Esto dará como resultado final una ponderación de los habitantes de una zona por tipo de uso de la misma y por tipo de ruido a los que están sometidos, permitiendo extraer un valor único de afección por zona.

Para comprender el funcionamiento de este indicador, se muestra el diagrama siguiente (Fig. 5):

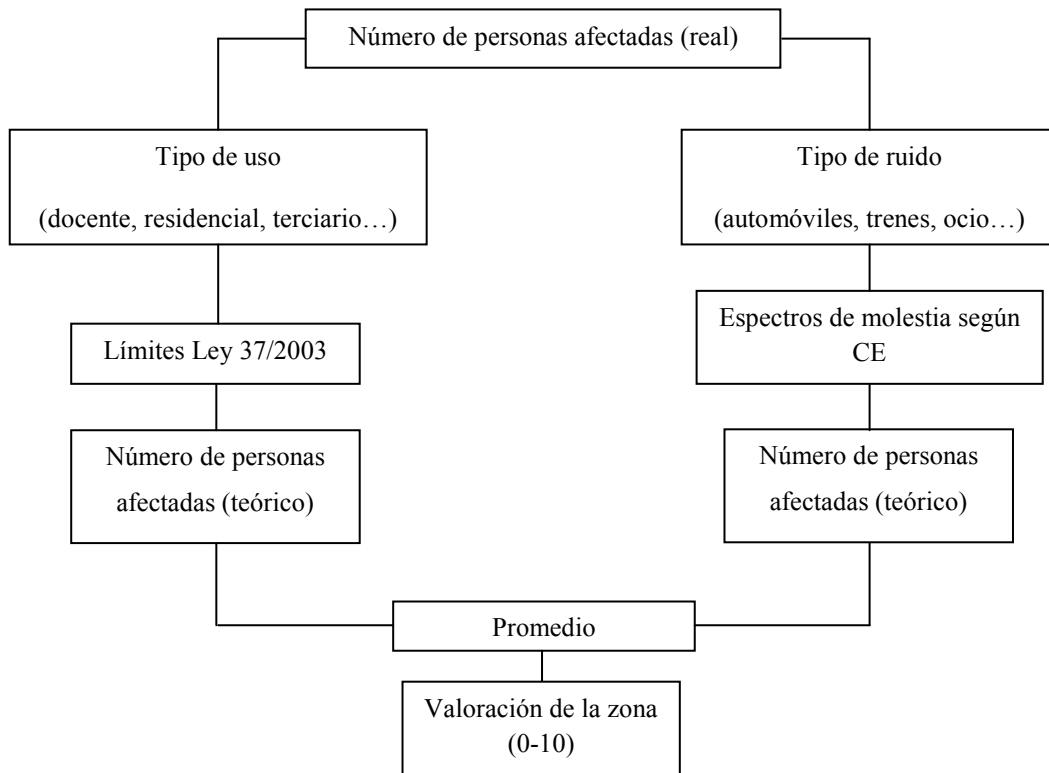


Fig. 5. Diagrama para cálculo de la "influencia poblacional"

En el primero de los factores (tipo de uso), tendremos en cuenta que existen multitud de normativas que determinan los niveles máximos de ruido permitidos según la actividad predominante de cada zona, pudiendo catalogar diferentes rangos dependiendo de si la región tiene un uso sanitario o docente, residencial, industrial, etc.

Para este caso se seguirá la Tabla A del Anexo II “*Objetivos de calidad acústica*”, del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre [6], donde se detallan los niveles máximos permitidos para conseguir los objetivos de calidad acústica para ruido según el tipo de uso del área urbanizada existente.

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L_d	L_e	L_n
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65

Fig. 6. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes (extraído de [6])

Si bien es cierto que existen otras muchas normativas a diferentes niveles (autonómico o municipal) que son más restrictivas que la ley nacional, consideramos que la norma escogida es más realista con las situaciones que puedan suceder en la actualidad. Además, dado que se pretende crear un método estandarizado, las directrices que lo rijan deberán ser comunes a todas las administraciones que lo utilicen. No obstante, se garantiza el correcto funcionamiento de la presente metodología para todo tipo de índices de ruido aplicables en cualquier ley vigente actualmente.

Por tanto, a partir del número real de personas afectadas por el ambiente sonoro de una zona y los valores máximos permitidos para los índices de ruido L_d , L_e y L_n según la ley anteriormente citada, se realizará una ponderación cuyo objetivo es la penalización del área objeto de estudio teniendo en cuenta el total de la población expuesta a un nivel de ruido superior al máximo determinado por ley.

Para esta penalización se distribuyen los niveles de presión sonora en rangos y se acrecienta el número de personas final (población teóricamente afectada) según la situación en la que se encuentren. El grado de aumento es totalmente configurable y puede ser de terminado por cada administración o usuario que empleen el método. Tras multitud de comprobaciones de la presente metodología en casos reales, se proponen como datos orientativos los siguientes valores para el cálculo de la afección.

ESPECTROS DE AFECCIÓN SEGÚN USO (PENALIZACIÓN)							
Nivel (dBA)		PERIODO DÍA					
		Docente	Industrial	Recreativo	Residencial	Sanitario	Terciario
<	60	0	0	0	0	0	0
60	65	1,2	0	0	0	1,2	0
65	70	1,4	0	0	1,2	1,4	0
70	75	1,6	0	1	1,4	1,6	1,2
75	>	1,8	1,2	1,2	1,6	1,8	1,4
Nivel (dBA)		PERIODO TARDE					
		Docente	Industrial	Recreativo	Residencial	Sanitario	Terciario
<	60	0	0	0	0	0	0
60	65	1,2	0	0	0	1,2	0
65	70	1,4	0	0	1,2	1,4	0
70	75	1,6	0	1	1,4	1,6	0
75	>	1,8	1,2	1,2	1,6	1,8	1,2
Nivel (dBA)		PERIODO NOCHE					
		Docente	Industrial	Recreativo	Residencial	Sanitario	Terciario
<	50	0	0	0	0	0	0
50	55	1,3	0	0	0	1,3	0
55	60	1,6	0	0	1,3	1,6	0
60	65	1,9	0	1	1,6	1,9	0
65	>	2,2	1,3	1,3	1,9	2,2	1,3

Tabla 1: Espectros de afección según tipo de uso

En cada caso se multiplicará el número de personas por el factor de ponderación mostrado en la tabla anterior (Tabla 1), de forma que si parte de los individuos se encuentra dentro de los límites determinados por la Ley de Ruido, el valor que sumarán a la población afectada será cero, mientras que si se encuentran sometidos a niveles sonoros superiores a éstos límites, computarán más en el valor final de población teóricamente expuesta (en este caso 20% más por cada división

en los periodos día y tarde y 30%/división si se encuentran en periodo noche). De esta forma se tiene en cuenta la gravedad real de cada situación, permitiendo tener un dato cuantitativo final.

En cuanto al segundo factor a tener en cuenta, los diferentes tipos de ruido que afectan a la población, hemos de saber que según estudios estadísticos realizados en diferentes países [7], [8], [9], la percepción de la molestia que siente un individuo respecto al nivel de presión sonora real no es igual para todos los tipos de ruido. Por ello se realizará una ponderación del número total de personas reales respecto a los espectros de molestia dependientes del tipo de ruido que exista en cada área.

Uno de los análisis más significativos lo realizó Schultz en 1978 [7], año en que elaboró uno de los primeros estudios al respecto, dando como resultado las conocidas “Curvas de Schultz”, donde se determina el porcentaje de la población que considera un nivel de presión sonora muy molesto en función de la tipología del ruido. Este artículo se realizó para ruido de tráfico rodado, ferroviario y aéreo. Un ejemplo de los resultados obtenidos pueden observarse en Fig. 7:

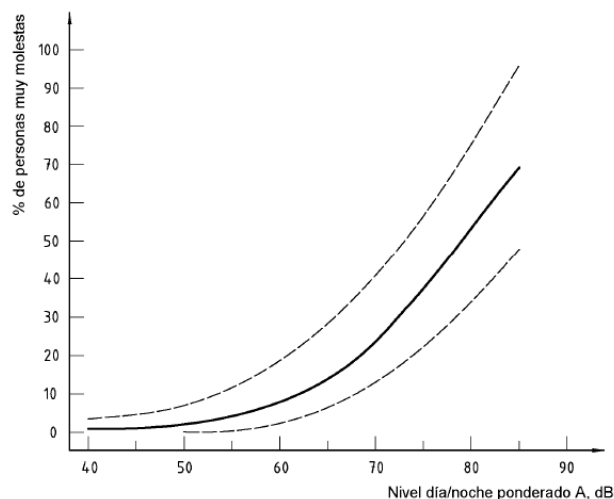


Fig. 7. Ejemplo de "curva de Schultz" [7]

Desde este estudio han sido muchos los autores que han realizado estadísticas similares (Fidell *et al.* en 1991 [10], Miedema *et al.* en 1998 [9], etc.), intentando establecer esta relación.

En el caso de la presente metodología, para la determinación de los diferentes espectros de molestia que actuarán sobre la población en función del tipo de ruido al cual está expuesta, se seguirán las tesis sobre la relación dosis-efecto publicadas en el artículo “Position Paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance” [11] en 2002 por la Comisión Europea y mencionadas en la Directiva 2002/49/CE [4]. Estas teorías están basadas en estudios desarrollados por Miedema y Oudshoorn [12] en 2001, actualizando el trabajo de síntesis de Fidell,

Barber y Schultz (1991) [10], y tomando los resultados de multitud de estudios psicoacústicos realizados en diversos países. Las relaciones dosis-efecto se calculan por aproximación de distribuciones estadísticas obtenidas a partir de modelos probabilísticos de dosis-respuesta, y son las siguientes:

Tipo de ruido	Cálculo del porcentaje de población muy molesta (%HA)
Tráfico aéreo	$\%HA = -9.199 \cdot 10^{-5} (L_{den}-42)^3 + 3.932 \cdot 10^{-2} (L_{den}-42)^2 + 0.2939 (L_{den}-42)$
Tráfico rodado	$\%HA = 9.868 \cdot 10^{-4} (L_{den}-42)^3 - 1.436 \cdot 10^{-2} (L_{den}-42)^2 + 0.5118 (L_{den}-42)$
Tráfico ferroviario	$\%HA = 7.239 \cdot 10^{-4} (L_{den}-42)^3 - 7.851 \cdot 10^{-3} (L_{den}-42)^2 + 0.1695 (L_{den}-42)$

Tabla 2: Ecuaciones de molestia (%HA) en función del tipo de ruido [11]

Para el caso del espectro de molestia nocturno, se pueden tener en cuenta los datos extraídos a partir de las ecuaciones anteriormente expuestas o, por el contrario considerar los publicados por la Comisión Europea en “Position Paper on dose-effect relationships for night time noise” en el año 2004 [13]. En este artículo se establecen las relaciones dosis-efecto que valoran el porcentaje de población que muestra elevadas alteraciones del sueño debido a diferentes tipos de ruido de tráfico. Las ecuaciones se extraen a partir del estudio de Mi edema y Oudshoorn [12] mencionado anteriormente.

Tipo de ruido	Cálculo del porcentaje de población que sufre alteraciones del sueño (%HSD)
Tráfico aéreo	$\%HSD = 18.147 - 0.956L_{night} + 0.01482(L_{night})^2$
Tráfico rodado	$\%HSD = 20.8 - 1.05L_{night} + 0.01486(L_{night})^2$
Tráfico ferroviario	$\%HSD = 11.3 - 0.55L_{night} + 0.00759 (L_{night})^2$

Tabla 3: Ecuaciones de alteraciones del sueño (%HSD) en función del tipo de ruido [13]

Para la presente metodología, se han escogido en ambos casos (día/tarde y noche) los espectros para percepciones de la población de ruido “muy molesto”. No obstante, el usuario del método podrá escoger el criterio que considere oportuno entre las ecuaciones que determinan el porcentaje de población que considera las afecciones “molestas” o “poco molestas”, también calculadas en los documentos mencionados anteriormente [11], [13] o, incluso, añadir sus propios espectros de molestia a partir de datos que éste disponga.

Los estudios considerados para la elaboración de la presente metodología se basan en promedios de datos extraídos en multitud de países y suponen la existencia de un mismo comportamiento de la población de todos ellos ante problemas de ruido ambiental. Por ello, y en ausencia de datos referidos específicamente a España, tomaremos como hipótesis que el comportamiento de la

población española ante estos problemas sonoros es equiparable al de la población analizada en los diferentes documentos emitidos por la Comisión Europea.

Si bien es cierto que en ninguna de las normativas o documentos estudiados aparecen datos relativos a la molestia que puedan causar los ruidos provocados por actividades de carácter industrial, en el Anexo III “*Métodos de evaluación de los efectos nocivos*” de la Directiva Europea 2002/49/CE [4] se clarifica que en un futuro existirán datos referentes a estos ruidos:

*“Las relaciones dosis-efecto introducidas por **futuras revisiones** del presente anexo [...] se referirán en particular a lo siguiente:*

- *La relación entre las molestias y los valores de L_{den} por lo que se refiere al ruido del tráfico rodado, ferroviario, aéreo y de fuentes **industriales**,*
- *La relación entre las alteraciones del sueño y los valores de L_{night} por lo que se refiere al ruido del tráfico rodado, ferroviario, aéreo y de fuentes **industriales**.”*

Por otra parte, en el punto V “*Future developments*” del documento de la Comisión Europea sobre las relaciones dosis-efecto [11] para los diferentes tipos de ruido de tráfico, se determina la necesidad de elaborar nuevos métodos para ruidos de esta naturaleza:

*“Las relaciones se presentan en este Position Paper para aeronaves, tráfico rodado y trenes, respectivamente. Estas son las fuentes de ruido ambiental más importantes en Europa. Sin embargo, localmente, la situación sonora puede estar dominada por otro tipo de fuentes. Específicamente para estas situaciones, existe la **necesidad** de procedimientos que puedan usarse para estimar la molestia causada por estos otros tipos de fuentes, tales como **fuentes industriales**.”*

Asimismo, en el artículo de la Comisión Europea sobre las relaciones dosis-efecto de los ruidos en periodo nocturno [13] se informa de que:

*“Para ruido **industrial**, hay una **ausencia casi total de información**, aunque existen algunos indicios de que el ruido de impulso puede causar considerables perturbaciones por la noche.”*

Consideramos que en la metodología que se está elaborando deben tenerse en cuenta ruidos de diferentes naturalezas, tales como tráfico ferroviario, rodado, aéreo, o ruido de ocio e industrial. Sin embargo, no se dispone de espectros de molestia para todas estas tipologías, por lo que, a falta de

datos fiables, estimaremos los espectros de molestia de ruidos debidos a actividades de ocio e industrial a partir de correlaciones respecto a los ruidos de tráfico anteriormente definidos.

Si, tal como se prevé, suponemos que el orden de molestia en la población en función del tipo de ruido que se esté emitiendo es (de mayor a menor afección)

Tráfico aéreo – Ocio – Industria – Tráfico rodado – Tráfico ferroviario

, obtenemos, a partir de las ecuaciones anteriormente expuestas (Tabla 2), los siguientes espectros de molestia:

Nivel en dBA	% de población afectada según tipo de ruido				
	Aviones	Automóviles	Trenes	Industria	Ocio
55	12,03	7,30	2,95	9,670	10,85
60	19,73	11,67	5,58	15,70	17,72
65	29,12	18,18	9,91	23,65	26,39
70	40,15	27,58	16,50	33,87	37,01
75	52,73	40,60	25,88	46,67	49,70

Tabla 4: Espectros de molestia por tipo de ruido y nivel de presión sonora

Estos valores representan, a partir de una muestra de la población, de forma teórica, el porcentaje de esta cantidad de personas que considerarían “muy molesto” un tipo determinado de ruido.

En cuanto a los espectros para evaluar las alteraciones del sueño de la población, obtenemos los siguientes resultados:

Nivel en dBA	% de población afectada según tipo de ruido				
	Aviones	Automóviles	Trenes	Industria	Ocio
45	5,14	3,64	1,92	4,39	4,77
50	7,40	5,45	2,78	6,43	6,92
55	10,40	8,00	4,01	9,20	9,80
60	14,14	11,30	5,62	12,72	13,43
65	18,62	15,33	7,62	16,98	17,80

Tabla 5: Espectros de alteraciones del sueño por tipo de ruido y nivel de presión sonora

Como observamos, a tenor de los datos considerados en las tablas anteriores, el porcentaje de población que sufre alteraciones del sueño a causa de los distintos tipos de ruidos (Tabla 5) es, lógicamente, menor que el porcentaje de gente molesta por dichos ruidos (Tabla 4). Desde el

software implementado, se da libertad para que el usuario escoja el criterio a seguir en el plan de acción, siempre y cuando esté debidamente justificada la decisión de usar uno u otro espectro.

Por otra parte y, a pesar de lo explicado anteriormente, se asegura un resultado correcto en el caso de que las administraciones o particulares, usuarios de este método de evaluación, decidiesen variar los espectros de molestia adecuándolos a otras estadísticas disponibles o, incluso, añadir un tipo de ruido diferente.

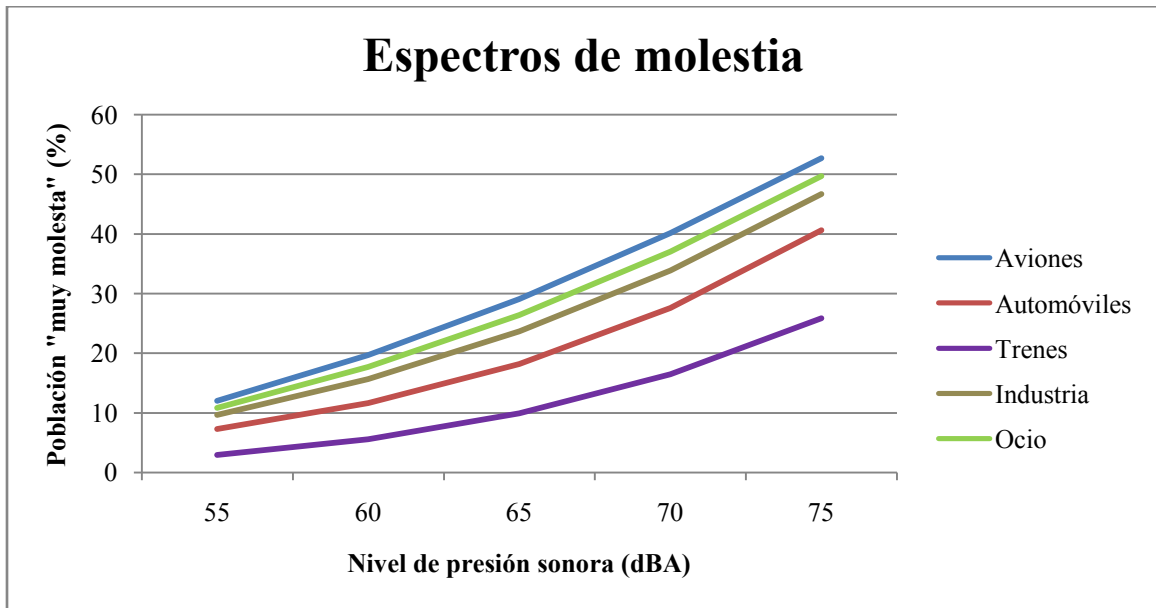


Fig. 8. Espectros de molestia por tipo de ruido respecto al nivel de presión sonora (dBA)

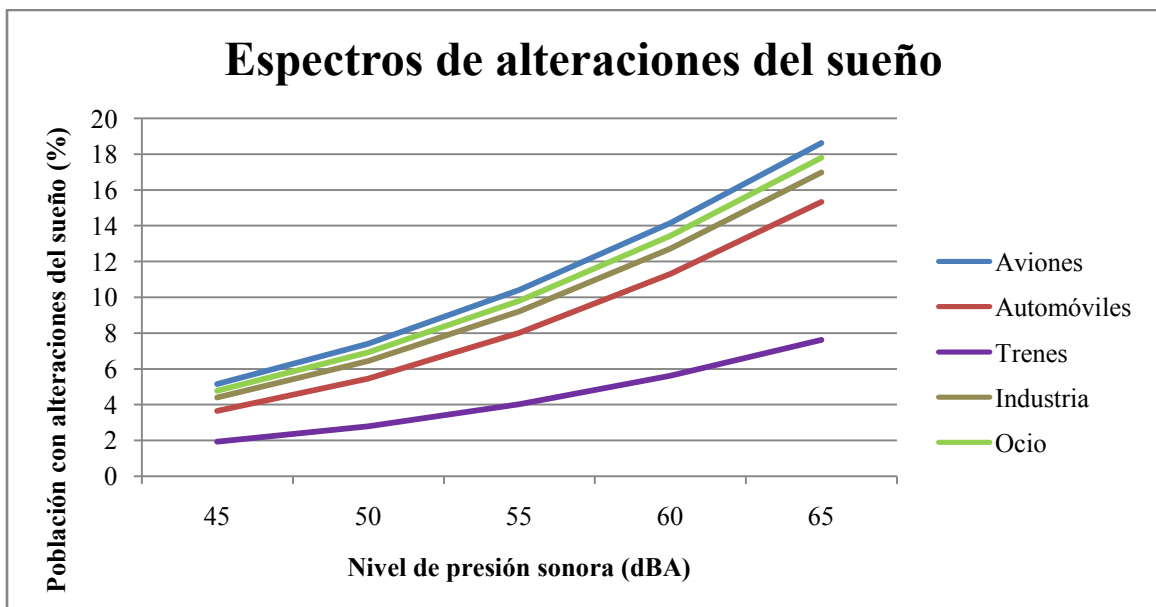


Fig. 9. Espectros de alteraciones del sueño por tipo de ruido respecto al nivel de presión sonora (dBA)

Se aconseja realizar un análisis previo de la zona donde se va a aplicar la metodología para la creación de planes de acción en materia de contaminación acústica, pudiendo determinar de la forma más ajustada posible el comportamiento de la población de dicha área frente a los distintos tipos de ruido a los cuales estén sometidos. Como herramienta de este estudio previo se facilita una encuesta tipo sobre valoración de la respuesta comunitaria frente al ruido ambiental (Anexo II), promovida por la Delegación de Medio Ambiente, Salud y Consumo del ayuntamiento de Granada, y elaborada por el equipo técnico Agenda 21 Local de Granada y la Unidad de Acústica Física y Ambiental de la Universidad de Granada.

Del mismo modo que el parámetro anteriormente estudiado (tipo de uso), en este caso se deberá multiplicar el número real de personas en cada rango de nivel de presión sonora por los espectros de molestia anteriormente especificados, dando como resultado un valor total de personas teóricamente molestas respecto a cada tipo de ruido.

Una vez obtenidos los dos valores que conforman el parámetro de la “influencia poblacional” se realiza un promedio del total de personas teóricamente afectadas, determinando así el resultado final de dicha medida, consiguiendo un único número que tendrá en cuenta los diferentes efectos que actúan sobre los vecinos de un área.

- *Influencia temporal*

Como se ha visto en apartados anteriores, un factor que afecta a los habitantes de una zona y que debemos tener muy en cuenta a la hora de determinar el estado de afección de una comunidad, es el efecto que produce el estar sometido a cierto ruido durante un espacio de tiempo en particular. Este hecho está relacionado con el tipo de fuente sonora que esté percibiendo un individuo.

Según sabemos, a una persona le afectará de distinto modo un tipo de ruido u otro aunque el tiempo de exposición a ambos sea exactamente el mismo (por ejemplo, el efecto de molestia causada por cinco segundos de exposición sonora a ruido de tráfico no es igual que si se tratase de ruido de ocio, aunque el nivel de presión sea idéntico). Por otra parte, también puede darse el caso de que la afección sobre una persona sea mayor para ruidos breves que para ruidos constantes que se prolongan en el tiempo (por ejemplo, el despegue de un avión, que tiene una duración limitada, puede ser más molesto que el ruido provocado por una autovía durante varias horas al día). Esta última situación se debe a un efecto de “costumbre” del oído humano al ruido de fondo, que solamente se produciría hasta un nivel de presión sonora determinado.

Observamos que estos factores se deben tener en cuenta a la hora de realizar el plan de acción pertinente de una zona, por lo que se determinará un método de penalización zonal dependiendo de

si se producen o no estas situaciones. La penalización la podrá esoger el usuario del presente método, puesto que solamente refleja una calificación relativa de una zona respecto al resto. No obstante, la penalización recomendada es de 1.

Para representar este efecto se han escogido índices de medición incluidos en distintas normativas nacionales y autonómicas como son el nivel $L_{A,max}$ o el nivel $L_{A,eq}$ durante un periodo de 14 horas (día/tarde) o 1 hora (para el periodo noche).

Según se detalla el Real Decreto 1367 de 2007, en su Artículo 25 [6]:

“[...] Se considerará que se respetan los valores límite de inmisión de ruido [...] cuando los valores de los índices acústicos evaluados conforme a los procedimientos establecidos en el anexo IV, cumplan, para el periodo de un año, que:

a) Infraestructuras viarias, ferroviarias y aeroportuarias, del artículo 23.

i) Ningún valor promedio del año supera los valores fijados en la tabla A1, del anexo III.

ii) Ningún valor diario supera en 3 dB los valores fijados en la tabla A1, del anexo III.

iii) El 97 % de todos los valores diarios no superan los valores fijados en la tabla A2, del anexo III.

Para evaluar el efecto que ejercerá sobre la población el tiempo de exposición a un determinado ruido”

De modo que, atendiendo al punto *ii)* del apartado *a)* de este mismo Artículo, el presente método de evaluación determinará una penalización a todas aquellas zonas cuyo nivel de presión sonora para ruidos de automóviles, aviones y trenes supere en 3 dB o más los valores determinados en la Fig. 6 de este trabajo.

Para el caso de los problemas sonoros generados por actividades relacionadas con el ocio, son varias las normativas autonómicas que determinan la implantación de Zonas Acústicamente Saturadas en áreas destinadas principalmente a la realización de espectáculos y actividades recreativas.

Por ejemplo, en el Capítulo IV de la Ley 7/ 2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana [14], “Zonas acústicamente saturadas” se detalla que:

“Serán declaradas zonas acústicamente saturadas aquellas en las que, aun cuando cada actividad individualmente considerada cumpla con los niveles establecidos en esta ley, se sobrepasen dos veces por semana durante tres semanas consecutivas o, tres alternas en un

plazo de 35 días naturales, y en más de 20 dB(A), los niveles de evaluación por ruidos en el ambiente exterior establecidos en la tabla I del anexo II. El parámetro a considerar será $L_{A,eq,1}$ durante cualquier hora del período nocturno y $L_{A,eq,14}$ para todo el período diurno.”

Otro ejemplo lo encontramos en el Artículo 49 del Capítulo IV “Planes de acción en materia de contaminación acústica y zonificación”, del Título tercero “Prevención y corrección de la contaminación acústica”, de la Ley 5/2009 del Ruido, de 4 de junio, de Castilla y León [15], “Zonas acústicamente saturadas”:

“Aquellas zonas de un municipio en las que existan numerosos establecimientos o actividades destinadas al ocio, y los niveles sonoros ambientales producidos por la adición de las múltiples actividades existentes y por las personas que las utilizan sobrepasen en más de 10 dB(A) los valores límite de las tablas del Anexo II, podrán ser declaradas zonas acústicamente saturadas.”

Dada la cantidad de normativas que contemplan esta denominación zonal (o sus variantes) y los muchos criterios que emplean para la determinación de la misma, consideramos que es necesario que cada administración o usuario escoja el límite que deberán sobrepasar los niveles equivalentes 14 horas (en periodo día/tarde) y 1 hora (en periodo noche), puesto que dependiendo de la región en la que se encuentre el área donde se quiere implementar el plan de acción, la normativa vigente establecerá unos límites más o menos severos para la calificación de Zona Acústicamente Saturada. No obstante, lo que sí que será necesario es que el límite para la penalización por zona ZAS se establezca en función de los niveles máximos permitidos por el Real Decreto 1367 /2007, facilitando así un marco común para todas las instituciones sea cual sea la comunidad a la que pertenezcan. En apartados posteriores se expondrá un ejemplo de lo citado.

En cuanto al ruido producido por actividades derivadas de la industria, no se conocen normativas que establezcan los criterios a seguir para determinar el exceso de ruido a lo largo de un periodo establecido de tiempo como en el caso de los tipos de ruido anteriormente mencionados. Por lo tanto, a falta de datos contrastados, consideraremos como índice de la influencia temporal para el ruido industrial el mismo criterio que hemos seguido para los ruidos de tráfico rodado, aéreo y ferroviario, pues a priori se asemeja más a este tipo de ruidos que al derivado de las diversas actividades recreativas que puedan suceder en una ciudad.

Esta decisión se justifica teniendo en cuenta que los ruidos industriales que mayor influencia sobre la población tendrán provendrán de la pequeña industria, que puede conformar el tejido industrial de una ciudad en su núcleo urbano, pues las grandes industrias que se encuentran en polígonos suelen encontrarse más alejadas de las áreas residenciales, con lo que el efecto de molestia temporal de éstos últimos será previsiblemente menor al esperado por las pequeñas

fábricas. Por otra parte, los periodos de trabajo de estas pequeñas factorías son predominantemente diurnos, al contrario que ocurrirá con el ruido derivado de actividades recreativas, que por la naturaleza nocturna producirá más molestia en los vecinos.

Por último, hemos de tener en cuenta que el usuario final que haya de realizar la evaluación zonal no tiene por qué disponer de los valores de $L_{A,max}$ o $L_{A,eq}$, ya que puede darse el caso de que alguno de estos índices no esté reflejado en la documentación proporcionada por las diferentes administraciones o empresas que hayan realizado los estudios previos al plan de acción (mapas estratégicos de ruido, etc.). Es por esto que en la presente metodología no será obligatorio tener en cuenta el factor de “influencia temporal”, aunque sí resulta muy recomendable, puesto que considerándolo se tendrá una mayor información de la situación actual de la zona objeto de estudio, pudiendo ser más ajustados los resultados obtenidos a la realidad de la misma.

▪ Indicador “Otros”

A la hora de evaluar el estado acústico de un área determinada debemos considerar otros factores relevantes que dotarán a la metodología que se está implementando de información adicional sobre todas y cada una de las zonas en las que se está trabajando.

Es importante conocer el comportamiento de los individuos que residen en cada una de las áreas ante los posibles problemas acústicos a los cuales están sometidos, permitiendo saber la sensibilidad de estos frente al ruido. Este parámetro se puede determinar de manera objetiva a partir de las quejas que realicen los vecinos ante estas situaciones, tanto en el proceso de información como anterior o posteriormente. Además, la recolecta de esta información no supone destinar más tiempo o recursos dedicados al proceso de elaboración del plan de acción, sino que se trata de datos que obligatoriamente se deben representar en el informe del mismo.

Por otra parte, otro factor que debemos tener en cuenta es el estado de los edificios en cuanto al comportamiento que podrán tener estos ante problemas de ruido ambiental, en definitiva, el estado de su aislamiento acústico. Esto depende en gran medida del tiempo que ha transcurrido desde que se construyeron o se realizaron reformas de mejora estructural en las fachadas u otros elementos de las diferentes viviendas situadas en una determinada zona. Los materiales de construcción empleados en cada época, los parámetros acústicos que deben cumplir según la normativa vigente, etc., influirán en el estado acústico actual de estos edificios.

Para tener en cuenta estos dos parámetros creamos el indicador “Otros” (Fig. 10), en el que la administración pertinente o usuario del método deberá expresar el número de quejas registradas por

cada una de las zonas que se vayan a estudiar, así como la edad media de los edificios de dichas áreas, y que penalizará una zona u otra en función de estos dos factores comentados anteriormente.

Es posible incluir en éste más factores que puedan ser relevantes para la evaluación de las diferentes zonas, siempre y cuando se estudie la viabilidad de dicha medida a tener en cuenta.

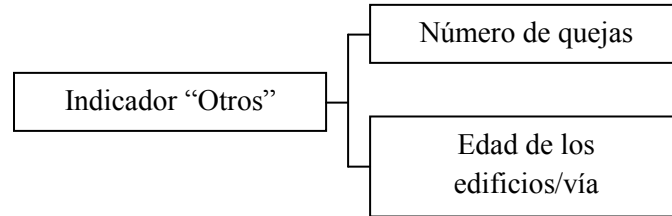


Fig. 10. Diagrama del indicador "Otros"

Las penalizaciones se establecen a partir de rangos, tanto de edad de los edificios como de número de quejas impuestas. Estas clasificaciones se exponen en la Tabla 6, no obstante, cada usuario podrá determinar los valores límite de cada rango.

PARÁMETROS DEL INDICADOR "OTROS"			
Número de quejas (% respecto a población total)		Sensibilidad	Penalización
0,00%	9,99%	Nula	0
10,00%	29,99%	Muy Baja	1
30,00%	44,99%	Baja	2
45,00%	59,99%	Media	3
60,00%	74,99%	Alta	4
75,00%	>	Muy Alta	5
Edad media de los edificios (años)		Penalización	
0	9		0
10	19		1
20	29		2
30	39		3
40	49		4
50	>		5

Tabla 6: Parámetros característicos del indicador "Otros"

El número de denuncias se establece en función del promedio de personas que residen en una cierta zona en los periodos día, tarde y noche, determinando la sensibilidad frente al ruido de la población afectada en cada una de las áreas que se están estudiando.

▪ Evaluación de las zonas

Una vez obtenidos todos los resultados calculados a partir de los indicadores estudiados hasta el momento, procederemos a la evaluación de cada una de las distintas áreas, alcanzando un valor único que determinará el grado de molestia provocada en dicha zona. Este valor permitirá al usuario de este método de evaluación conocer el estado de unas zonas frente a otras, ofreciéndole la posibilidad de establecer una jerarquía a la hora de actuar sobre unas zonas con más urgencia que sobre otras.

El indicador “Gravedad” tendrá una calificación global que será producto de los siguientes valores:

- Promediados entre el número de personas teóricamente molestas en función del tipo de ruido al que se ven sometidas y de los diferentes tipos de uso de la zona en la que se ubican. Se realiza un promedio para cada uno de los periodos temporales (día, tarde y noche).
- Normalización en una escala de cero a diez del grado de molestia promediado anteriormente, en función del máximo valor que podría existir en dicha zona (número total de personas que habitan el área en la peor situación posible). Se realiza una normalización para cada periodo de tiempo (día, tarde y noche).
- Resultado de la “influencia poblacional”: máximo de los tres valores normalizados en el paso anterior. Escogemos la situación equivalente al periodo temporal en peor estado puesto que es preferible evaluar sobre máximos de molestia, haciendo especial hincapié en la parte de la población que está sufriendo más problemas ambientales.
- Resultado de la “influencia temporal”: normalización en una escala de cero a diez de la suma de las penalizaciones total provocadas por zona ZAS o por sobrepasar los niveles máximos permitidos legalmente de manera considerable (3dB o más). Esta normalización se realizará en función de la máxima penalización para cada uno de los periodos temporales.

Una vez calculados todos estos parámetros, el indicador de la gravedad de la situación de cada una de las zonas será resultado de la suma de la “influencia poblacional” y la “influencia temporal”. Este valor estará normalizado de cero a diez. En el caso de que se disponga de datos suficientes para el cálculo de la “influencia temporal”, ésta representará penalizaciones sobre la

situación de gravedad actual, y no formará una parte de dicho estado, pudiéndose dar el caso de valores del indicador “Gravedad” superiores a 10 (situación crítica).

Por otra parte, el indicador “O tros” se calculará sumando las penalizaciones derivadas del número de denuncias o quejas vecinales y la edad media de los edificios de cada área. Será un valor normalizado en una escala de cero a diez.

Una vez obtenidos los resultados individuales de los dos indicadores descritos hasta el momento, se realizará una ponderación que primará la influencia de cada uno de los indicadores, y por tanto su importancia, en la evaluación final de la afección de los habitantes de cada zona. Por defecto se considera una ponderación de 80% - 20% (“Gravedad”, “O tros”), pudiendo ser modificada por el usuario del método que se está implementando.

III.2.2. BLOQUE 2: Situación previsible

Una vez evaluadas todas y cada una de las áreas que componen el mapa estratégico de ruido del cual partimos, deberemos proceder a la elección de las diferentes posibles medidas de acción contra el ruido para solucionar, si fuese necesario, las deficiencias ambientales. Para ello se deberá tener en cuenta la viabilidad de cada una de ellas, desde el punto de vista tanto económico como del beneficio o mejora que se va a conseguir con dichas medidas.

En este segundo bloque de la metodología que estamos creando tendremos en cuenta las diferentes acciones que se puedan llevar a cabo, evaluando su eficacia y eficiencia. Posteriormente se realizará una clasificación de las diferentes posibles medidas a fin de poder discernir de manera clara cuáles no serán viables y, de las factibles, cuáles se habrán de acometer en primer lugar.

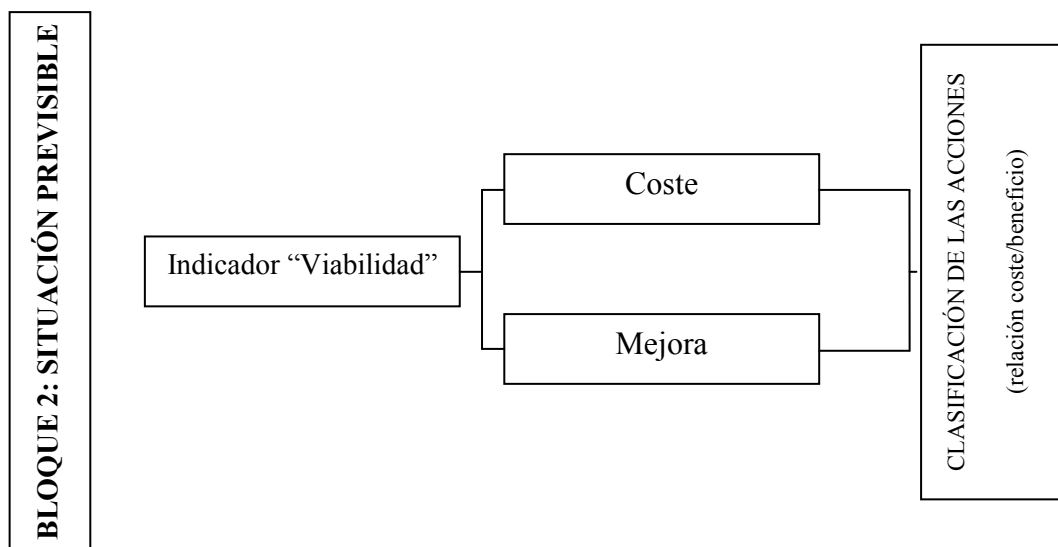


Fig. 11. Esquema del Bloque 2: situación previsible

▪ Indicador “Viabilidad”

En este caso solamente se tendrá en cuenta un indicador, que deberá permitirnos escoger de forma clara, entre las distintas posibilidades, las acciones que deberán realizar las administraciones o usuarios que utilicen el presente método. Este parámetro determinará una clasificación a partir de valoraciones objetivas de cada una de las potenciales medidas, tanto de forma independiente en cada zona como de manera global.

Para visualizar de forma más clara el funcionamiento de este indicador, observaremos el diagrama de flujo de la Fig. 12.

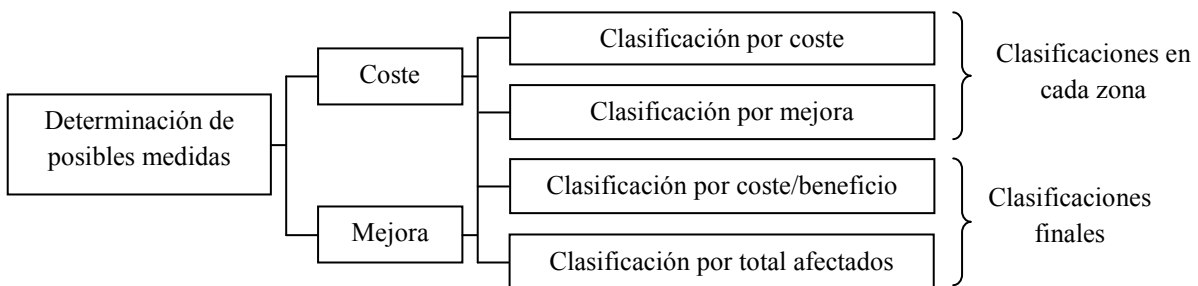


Fig. 12. Diagrama de flujo del indicador “Viabilidad”

Estas clasificaciones son importantes a la hora de acometer una determinada medida de prevención o corrección de la situación ambiental actual, ya que normalmente se tienen en cuenta demasiados factores, muchos de ellos subjetivos, que no hacen más que enmascarar la efectividad o viabilidad de la implantación de dicha acción. Es por ello que se han escogido valores objetivos y fiables.

En muchas ocasiones se primará la efectividad de las medidas en términos de mejora prevista de la situación actual, pues es imprescindible tener en cuenta el número de afectados que se consiguen reducir con estas mejoras. No obstante, la mayor parte de las veces, las diferentes administraciones encargadas de la evaluación del ruido ambiental y de la realización de planes de acción disponen de un presupuesto acotado, por lo que es principal el acometer las medidas correctivas en función del coste total de estas. Para la clasificación de medidas recomendamos tener en cuenta el coste respecto al número de afectados que se consiguen disminuir en un área gracias a una acción determinada.

Es por ellos que, como vemos, a partir del coste y mejora de la medida respecto a la situación inicial, se establecerán una serie de jerarquías con el objetivo de ayudar a discernir al usuario sobre las medidas a acometer y su orden de importancia en función de factores como el coste total, la mejora previsible, la relación entre el coste por persona que deja de estar molesta gracias a la acción (beneficio) o total de afectados de una determinada zona.

▪ Proceso de clasificación

A partir de los valores característicos de cada medida (coste de la acción y mejora previsible), se extraerán las siguientes jerarquizaciones:

- *Clasificación por coste:* ordenada de menor a mayor coste. Es meramente informativa, pues no consideramos que resulte fiable a la hora de escoger qué acción se debe llevar a cabo. No obstante, no se debe perder de vista el factor económico, lo que justifica la implementación de esta ordenación.
- *Clasificación por mejora:* ordenada de mayor a menor mejora de la situación actual en tanto por ciento. Si bien es cierto que la reducción de la molestia es un factor determinante para la elección de una medida preventiva o correctora, en este caso no se tiene en cuenta el número de personas afectadas, pudiendo ser peor la situación en una zona A (mayor valor de molestia) que en un área B, teniendo la zona B mayor número de personas afectadas (mayor población afectada pero con molestia relativa menor a A). Esta jerarquía está pensada como medio informativo de la reducción de molestia que ofrece cada acción.
- *Clasificación por número total de personas afectadas:* ordenada de mayor a menor núcleo de población afectada en una zona determinada. Permite observar qué áreas están más pobladas de habitantes perturbados por problemas ambientales de tipo sonoro, pudiendo verificar qué zonas tendrán una mayor relevancia a la hora de actuar sobre unas u otras áreas. Es preferible actuar sobre núcleos poblacionales con una cantidad mayor de afectados, puesto que el impacto social será mayor.
- *Clasificación por coste por efectividad:* establecida de menor a mayor coste por persona frente a la reducción total de población afectada (beneficio). Clasificación recomendada por aglutinar todas las jerarquías anteriores. Nos permite observar de forma clara e imponente económico que supone una mejora respecto de la población afectada total que consigue disminuir, mostrando, por su dependencia, el número de afectados de cada una de las áreas.

III.3. HERRAMIENTA INFORMÁTICA

Una vez confeccionada la metodología de evaluación zonal y clasificación de acciones, procederemos a la implementación del sistema informático que facilitará la tarea a las diferentes administraciones o usuarios particulares que deseen emplear este método para la elaboración de planes de acción contra el ruido. Se trata de una herramienta que pretende, de manera clara y concisa, ayudar la evaluación de diferentes situaciones, así como a la toma de decisiones sobre las

posibles medidas que se puedan llevar a cabo para la prevención o reducción de los problemas ambientales relacionados con el ruido.

Esta aplicación está basada en un archivo Excel y optimizado para la versión 2007 o superior. El funcionamiento de la misma se puede ver en el siguiente punto.

IV. RESULTADOS. ESTUDIO DE UN CASO REAL

Para comprobar el correcto funcionamiento del presente método escogeremos un caso real de creación de planes de acción en materia de contaminación acústica y lo implementaremos en el software diseñado para este proyecto, observando los diferentes datos que se puedan extraer del mismo y evaluando las posibles limitaciones de la metodología ideada.

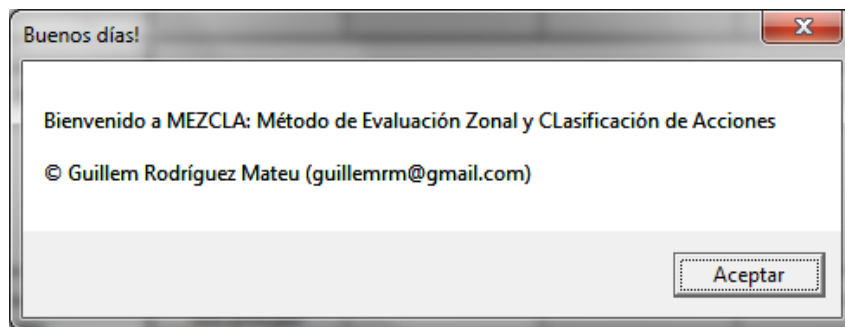


Fig. 13. Mensaje de bienvenida del sistema MEZCLA

A modo de ejemplo de funcionamiento del sistema únicamente se incluirá en este documento el proceso de evaluación de una zona y de clasificación de las medidas contra el ruido que se quieran implantar. Por último se presentarán todos los resultados extraídos en la implementación de un caso real ubicado en Palma de Mallorca, donde se estudia la situación actual de los diferentes barrios de la ciudad, así como la situación previsible que se espera alcanzar a partir de ciertas medidas de corrección.

Una vez iniciado el sistema MEZCLA (Método de Evaluación Zonal y Clasificación de Acciones) adjunto a esta memoria, nos encontramos con un fichero Excel dividido en varias zonas dedicadas a cada uno de los diferentes indicadores que se han mencionado en apartados anteriores del presente documento (Fig. 14), ofreciendo una visión clara y organizada de los diferentes puntos que componen el objetivo que se pretende alcanzar: la creación de un plan de acción.

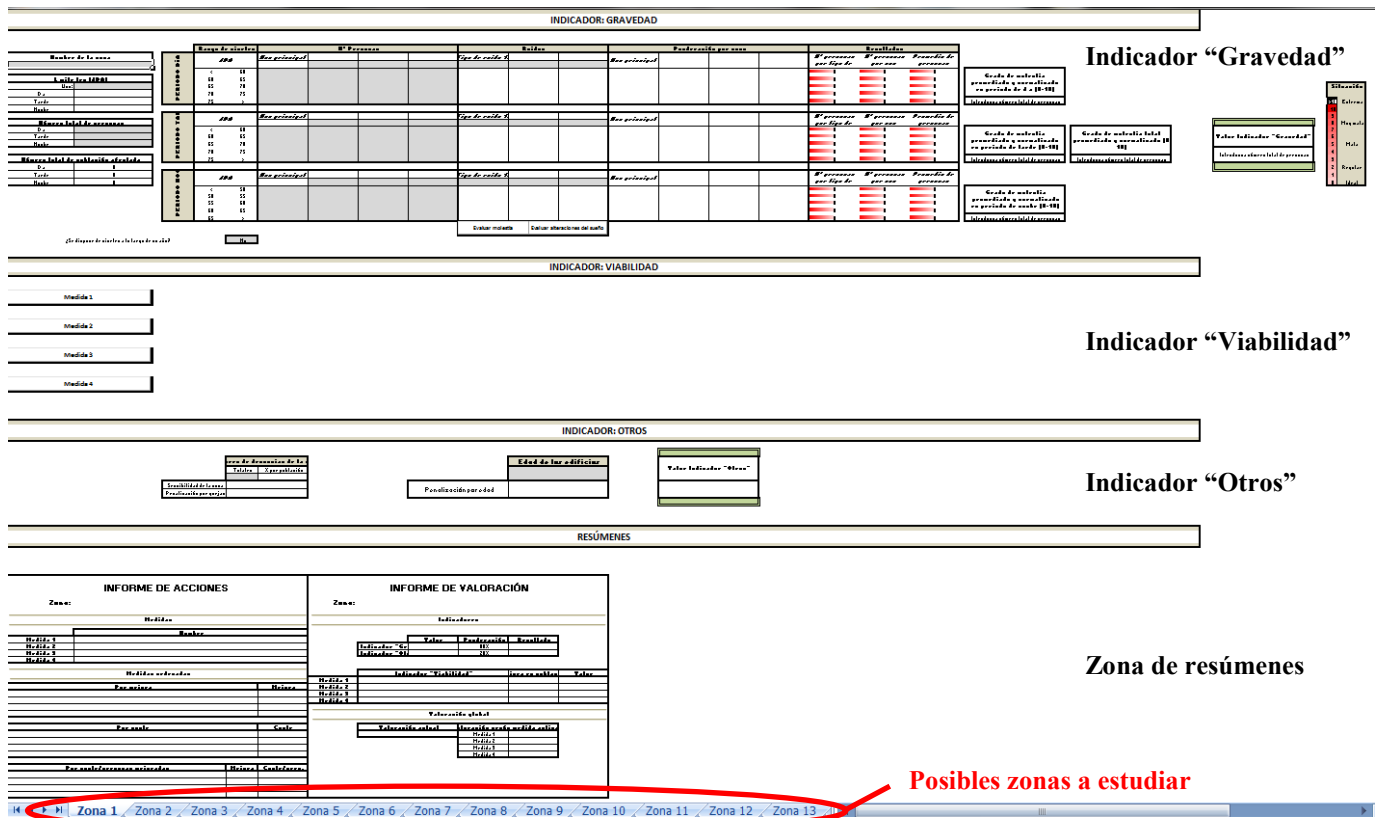


Fig. 14. Ejemplo de visualización de la pantalla principal para la evaluación de una zona en el sistema MEZCLA

■ **Introducción de datos**

A partir de este punto el usuario del sistema deberá introducir toda la información de la que disponga para la realización de los diferentes cálculos explicados en puntos anteriores de esta memoria.

Lo primero será indicar el nombre de la zona, así como la tipología de uso principal y el número total de habitantes de la misma (Fig. 15), datos que podremos encontrar en los mapas estratégicos de ruido previos al presente estudio o en las diferentes administraciones que rigen las normativas de cada área.

Nombre de la zona	
La Calatrava	
Límite ley (dBA)	
Uso:	Residencial
Día	65
Tarde	65
Noche	55
Número total de personas	
Día	250
Tarde	200
Noche	270

Fig. 15. Bloque de introducción de datos básicos

Una vez cumplimentados estos datos iniciales se procederá a rellenar las tablas de afección, que establecen el número total de personas que se encuentran sometidas a un determinado nivel de presión sonora en los periodos temporales día, tarde y noche (Fig. 16); además de señalar los diferentes tipos de uso secundario que puedan existir en esta zona.

	Rango de niveles		Nº Personas		
	dBA		Uso principal	Otros usos:	
PERIODO DÍA			Residencial		
	<	60	133		
	60	65	97		
	65	70			
	70	75			
	75	>			
PERIODO TARDE			Residencial		
	<	60	177		
	60	65			
	65	70			
	70	75			
	75	>			
PERIODO NOCHE			Residencial		
	<	50	149		
	50	55	104		
	55	60			
	60	65			
	65	>			

Fig. 16. Bloque de introducción de la población afectada

A continuación el usuario deberá expresar el tipo o los tipos de ruido al cual están sometidos los habitantes del área objeto de estudio (Fig. 17). De forma automática aparecerán los espectros de molestia asociados a dicho ruido, a partir de los estudios mencionados en puntos anteriores de esta memoria. El usuario podrá escoger entre diferentes posibilidades en la evaluación del periodo nocturno (molestia de los vecinos o alteraciones del sueño producidas a causa del ruido). Una vez

se escoja un criterio a seguir se deberá mantener para el estudio completo de las diferentes zonas, de manera que se evalúen todas bajo las mismas premisas.

Como observación, mencionar que si se escoge el espectro de alteraciones del sueño, el valor global del indicador “Gravedad” será mayor, puesto que para normalizar su resultado se divide, entre otros, por el espectro considerado respecto al tipo de ruido asociado. Lejos de pensar que esto puede ser un problema, consideramos que este hecho es lógico si tenemos en cuenta que el hecho que se produzca una molestia en el periodo temporal nocturno provoca una situación grave, pero más aún si dicha molestia causa, además, alteraciones del sueño, con los respectivos problemas de salud que esto puede acarrear.

Ruidos		
Tipo de ruido 1:	Tipo de ruido 2:	
Automóviles		
7%		
12%		
18%		
28%		
41%		
Tipo de ruido 1:	Tipo de ruido 2:	
Automóviles_tarde		
7%		
12%		
18%		
28%		
41%		
Tipo de ruido 1:	Tipo de ruido 2:	
Automóviles_noche		
7%		
12%		
18%		
28%		
41%		
Evaluar molestia		Evaluar alteraciones del sueño

Evaluando: espectro de molestia

Fig. 17. Bloque de espectros por tipo de ruido

A continuación parecerá el bloque de “ponderación por usos” (Fig. 18), meramente informativo, que muestra al usuario el incremento de población que se está teniendo en cuenta según el periodo temporal, así como la tipología de uso de la zona que se está estudiando.

Ponderación por usos			
Uso principal	Otros usos:		
1,2			
1,4			
1,6			
Uso principal	Otros usos:		
1,2			
1,4			
1,6			
Uso principal	Otros usos:		
1,3			
1,6			
1,9			

Fig. 18. Bloque de ponderación por tipo de uso

Por último, el sistema presenta los resultados obtenidos (Fig. 19) en las diferentes ponderaciones aplicadas a la población expuesta a problemas ambientales sonoros, así como el promedio de afectación teórica de las mismas, y el grado de molestia ponderado y normalizado de cero a diez para cada uno de los periodos temporales estudiados.

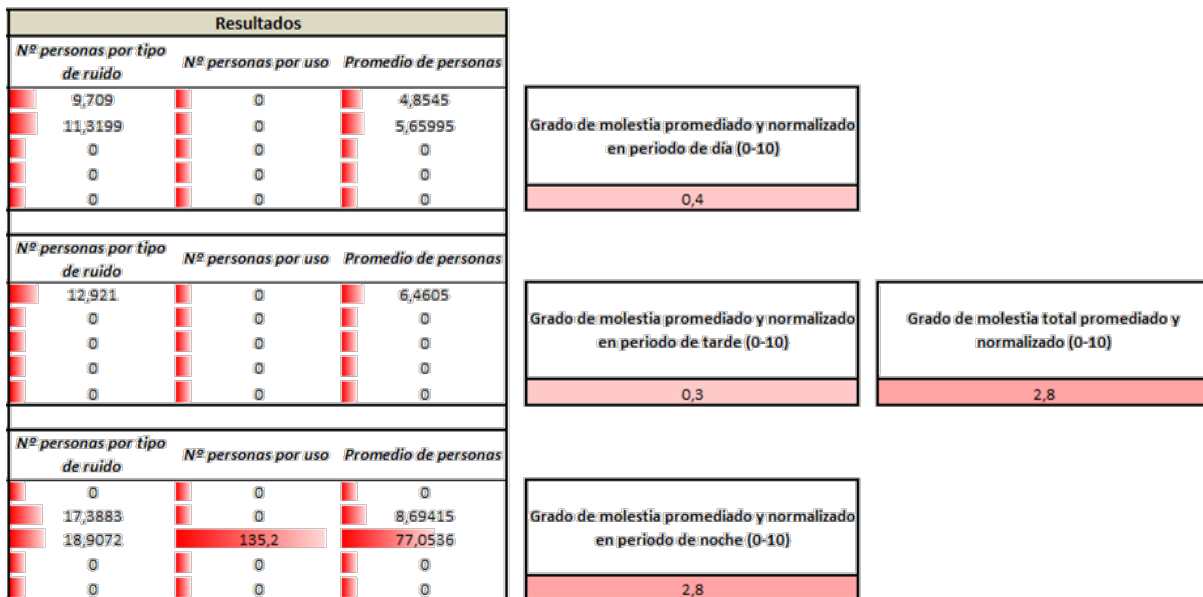


Fig. 19. Presentación de resultados del indicador "Gravedad"

En cuanto a la penalización por el efecto temporal de la exposición a un determinado ruido, a través de un menú desplegable (Fig. 20) el usuario indica si dispone de niveles $L_{A,max}$ o $L_{A,eq}$ (14 horas o 1 hora). En caso afirmativo el software mostrará una tabla en la que introducir los datos relativos a la penalización (Fig. 21) por el criterio de “influencia temporal” explicado anteriormente.



Fig. 20. Menú de interacción con el sistema MEZCLA

		<i>Uso principal</i>		<i>Otros usos:</i>	
PERIODO DÍA	Tipo de ruido 1:	Automóviles	$L_{A,max}$:		
			Penalización:	0	
	Tipo de ruido 2:				
		<i>Uso principal</i>		<i>Otros usos:</i>	
PERIODO TARDE	Tipo de ruido 1:	Automóviles tarde	$L_{A,max}$:		
			Penalización:	0	
	Tipo de ruido 2:				
		<i>Uso principal</i>		<i>Otros usos:</i>	
PERIODO NOCHE	Tipo de ruido 1:	Automóviles noche	$L_{A,max}$:		
			Penalización:	0	
	Tipo de ruido 2:				

Fig. 21. Tabla de introducción de datos para la determinación de la "influencia temporal"

Hasta este punto, el usuario conoce toda la información relativa al indicador “Gravedad”, mostrando todos los resultados obtenidos en el proceso, así como la valoración final de dicho indicador, que permitirá conocer el estado de molestia del área objeto de estudio.

Se ha intentado en todo momento que los resultados expuestos por el sistema sean inteligibles por lo que, además de normalizar todos los datos finales entre cero y diez, se han incluido códigos de color, cuyo significado se muestra en el termómetro de la Fig. 22 y que está presente en todas y cada una de las posibles zonas a estudiar.

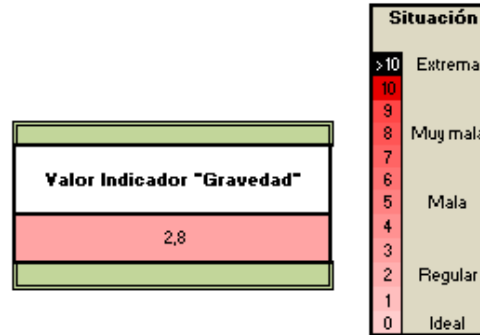


Fig. 22. Ejemplo de nota global del indicador "Gravedad" (izq.) y termómetro de color (der.)

Llegados a este punto, hemos de tener en cuenta que la valoración de un área acústicamente evaluada debería presentar, como caso ideal, una valoración de 0, pues esta nota representa la situación de dicha zona en términos de población afectada o molesta por el ruido ambiental. Dicho esto, señalar que todos los valores que sobrepasen el caso ideal deberán tenerse en cuenta a la hora de tratarse, puesto que lo que se pretende según los criterios de calidad acústica propuestos por las diversas administraciones a nivel europeo, estatal, etc., es un estado óptimo de la situación de la población.

Una vez determinada el estado acústico de una región a partir del indicador de "Gravedad" (indicador con mayor peso), el usuario procederá a la implementación de las posibles medidas de prevención o de mejora a acometer. El sistema permite introducir tanto mejoras simples como combinadas (composición de varias acciones), hasta un total de cuatro (Fig. 23).

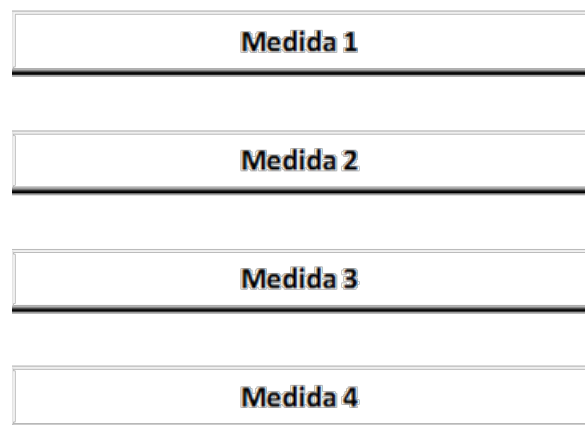


Fig. 23. Menú de posibles medidas a implementar

Presionando sobre cada una de ellas, se desplegará el bloque de introducción de datos de la medida en cuestión, además de un bloque de definición del número de personas afectadas con las nuevas medidas, dato que extraerá el usuario de las diferentes simulaciones acústicas que realice por medio de software especializado en estas tareas. Este apartado será, visualmente, exactamente igual que el expuesto en el caso del indicador de “Gravedad”, pero añadiendo nuevas funciones como se puede ver en la siguiente imagen (Fig. 24).

A través de listas desplegables, el usuario podrá escoger entre las diferentes acciones implementadas por defecto en el software. No obstante, éstas serán configurables en todo momento, pudiendo el usuario añadir medidas correctivas o modificar los parámetros de las ya existentes.

Medida 1	
Acción 1	
Barreras acústicas	
Precio por unidad:	250
Unidades:	30
SUBTOTAL de la acción:	7.500,00 €
Acción 2	
Cambio de pavimento	
Precio por unidad:	120
Unidades:	500
SUBTOTAL de la acción:	60.000,00 €
Coste TOTAL:	
67.500,00 €	
Número total de población teóricamente afectada	
Día	8
Tarde	6
Noche	9
Coste/persona mejorada:	
843,75 €	

Fig. 24. Ejemplo de introducción de acciones

Como se puede observar en la figura anterior, se ha escogido una acción combinada formada por la implantación de barreras acústicas y un cambio del pavimento (asfalto fonoreductor). El sistema nos muestra el coste total de la mejora, así como el número de personas afectadas tras esta acción y el coste por persona cuya situación se consigue mejorar. Además, también se puede ver la mejoría global de la situación previsible respecto a la actual (Fig. 25), así como el número total de personas beneficiadas por esta acción.

Grado de molestia total promediado y normalizado (0-10) - Situación actual	Grado de molestia total promediado y normalizado (0-10) - Situación nueva	Mejora respecto a la situación anterior	
2,8	0,3	89,29%	80

Fig. 25. Datos de mejora relativa respecto a la situación actual

Como último indicador, el usuario deberá complementar los datos relativos al número de denuncias recibidas en la zona que se está estudiando para determinar la sensibilidad de la población de dicha región, así como la edad media de los edificios (Fig. 26); parámetros éstos que conforman el indicador “Otros”. Por último se presenta el valor de este indicador (Fig. 27).

	Número de denuncias de la zona	
	Totales	% por población
	100	41,67%
Sensibilidad de la zona	Baja	
Penalización por quejas	2	

	Edad de los edificios
	56
Penalización por edad	5

Fig. 26. Introducción de número de denuncias por zona (arriba) y edad de los edificios (abajo)

Valor Indicador "Otros"
7

Fig. 27. Valor global del indicador "Otros"

Es en este punto donde el usuario dispondrá de toda la información necesaria para evaluar la zona que se está estudiando, así como para clasificar las acciones implementadas en el apartado destinado al indicador “Viabilidad”. Para facilitar más si cabe esta elección, se ha establecido una zona de resúmenes, donde el usuario que esté utilizando el software podrá visualizar de forma clara todos los datos relativos a esta región de su mapa estratégico de ruido, permitiendo la copia de los diferentes resúmenes para la inclusión directa en el informe del plan de acción que se está

elaborando. Un ejemplo de dichos extractos se puede visualizar en el Anexo III de la presente memoria.

Una vez terminada la evaluación de un área, el usuario deberá realizar el mismo proceso en todas las zonas que haya determinado a partir del mapa estratégico de ruido previo a este estudio.

Al finalizar el estudio completo el sistema permite generar resúmenes globales para clasificar todas las acciones por relación de coste respecto al beneficio en número de personas obtenido, pudiendo determinar en base a este criterio qué acciones se deben acometer con mayor urgencia. Además, también es posible generar un informe que reúna las valoraciones de todas las zonas implementadas, así como los valores calculados para cada una de las acciones diseñadas para todas las áreas que comprenden el estudio. En el Anexo IV se muestran los resultados obtenidos a partir de los datos disponibles para de la evaluación zonal de un caso real de elaboración de planes de acción.

V. CONCLUSIONES Y POSIBLES VÍAS DE FUTURO

Tras la realización de la metodología para la evaluación zonal y clasificación de acciones y su posterior comprobación mediante el sistema MEZCLA creado para la evaluación de la misma, el autor considera que:

- Se ha conseguido elaborar un método sencillo y eficaz para la evaluación de las diferentes zonas acotadas a partir de un mapa estratégico de ruido, permitiendo a la administración o particular que necesite emplear dicho método valorar la situación acústica en la que se encuentra una determinada área de forma comprensible.
- La metodología expuesta en el presente documento consigue unificar criterios de diferentes normativas europeas, estatales o autonómicas, de forma que se garantiza que en cualquier parte del territorio nacional una administración o empresa podrá realizar planes de acción equiparables a los realizados por otros usuarios del método situados en otro punto de España, lo que dota a la metodología de una globalidad y estandarización necesarias ante el vacío legal existente en materia de elaboración de planes de acción.
- El método propuesto tiene en cuenta muchos de los efectos psicoacústicos que se pueden producir durante la exposición permanente o puntual a un ruido determinado (molestia dependiente de la tipología del ruido, etc.), lo que hace que los datos obtenidos sean fiables o, al menos, se ajusten de forma considerable a la realidad.

- Dada la naturaleza de los resultados que se pueden obtener a partir del método, el autor considera que no se extraen valores complicados de entender, sino que todo valor que se deriva de esta metodología está justificado y asociado a un término verbal comprensible. Prueba de ello es que el valor del indicador “Gravedad”, por ejemplo, determina el “grado de molestia” de la población afectada; no es un simple número vacío de contenido, sino que está asociado a un efecto determinado. Este hecho no ocurre en la mayoría de las metodologías existentes en la actualidad, las cuales se rigen a partir de valores simples o factores.

No obstante, dada la gran cantidad de información revisada y analizada durante el proceso de elaboración de este estudio, así como el interés suscitado ante el reto que suponía la creación del mismo, el autor considera que existen multitud de tareas por realizar para la optimización de método de evaluación propuesto, divididas en tres bloques básicos: metodología, software y criterios. Se enumeran algunas de ellas:

- *Perfeccionamiento de la metodología*: si bien es cierto que se ha conseguido un plan de trabajo robusto y eficiente, deberían realizarse diversas pruebas con mapas estratégicos de ruido reales hasta encontrar solución a las diversas situaciones anómalas que se pueden encontrar en el día a día, puliendo el método.
- *Software*: implementación de un sistema eficaz, basado en el sistema MEZCLA, diseñado para un lenguaje de programación con mayores prestaciones, dotando al programa de una mayor solidez, así como de una interfaz más amigable con el usuario, permitiéndole la introducción, por ejemplo, de un número (en principio) ilimitado de zonas o de una base de datos de posibles mejoras acometer más extensa, asociada a datos de costes reales del mercado. Además, en la actualidad, se está trabajando en la elaboración de un manual de para acercar esta herramienta informática al usuario.
- *Unificación de criterios*: la versión actual permite al usuario modificar prácticamente todos los datos necesarios para calcular los resultados que se obtendrán finalmente (espectros de molestia, criterio a utilizar para la declaración de zona ZAS, penalizaciones en caso de superarse los niveles $L_{A,máx}$ o $L_{A,eq}$, baremos para las penalizaciones por número de quejas o edad media de la edificación, etc.), lo que dota al sistema de una gran variedad de configuraciones disponibles. Por todo ello, el autor considera que es necesaria la creación de mesas redondas o reuniones técnicas en las que diversos expertos en la materia determinen los criterios exactos a seguir si se quiere utilizar el presente método.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación depende del esfuerzo de multitud de investigadores cuyos estudios se han incluido en el presente documento. Agradecimientos especiales al Doctor Jerónimo Vida Manzano, quien aportó información de gran valía, así como parte de la documentación que se presenta en este documento, y a los tutores de proyecto por la ayuda prestada contribuyendo con sus ideas y mejoras.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] España. Instituto Nacional de Estadística. *Encuesta de hogares y medio ambiente 2008*. Resultados definitivos. Abril de 2009, <http://www.ine.es>
- [2] España. Ministerio de Fomento. Primera fase de elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido de las Carreteras de la Red del Estado, *Resumen de resultados y Plan de Acción PAR 200-2012*, 2012.
- [3] SANZ SÁ, José Manuel. Aplicación de la Ley del Ruido. Estado de situación. En: *Acústica Ambiental: análisis, legislación y soluciones*. Madrid: Sociedad Española de Acústica, 2009. Cap. 2
- [4] Europa. Directiva Europea 2002/49/CE, de 25 de junio, de Parlamento Europeo y del Consejo, *sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas L189/12, del 18 de julio de 2002.
- [5] España. Ley orgánica 37/2003, de 17 de noviembre, *del Ruido*. Boletín Oficial del Estado, 18 de noviembre de 2003, núm. 276.
- [6] España. Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, *del Ruido*, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Boletín Oficial del Estado, 23 de octubre de 2007, núm. 254.
- [7] SCHULTZ, Theodore J. *Synthesis of social surveys on noise annoyance*. Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 64, No. 2, August 1978.
- [8] FURIHATA, Kenji, et al. *Development of an Experimental Noise Annoyance Meter*. Acta Acustica United with Acustica (Journal of the European Acoustics Association), Vol. 93, pp. 73-83, 2007.
- [9] MIEDEMA, Henk M. E.; VOS, Henk. *Exposure-response relations for transportation noise*. Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 104, No. 6, December 1998.
- [10] FIDELL, S.; BARBER D. S.; SCHULTZ, T. J. *Updating a Dosage-effect Relationship for the Prevalence of Annoyance due to General Transportation Noise*. Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 89, pp 221-233, 1991.

[11] European Commission. EU'S FUTURE POLICY, WG2-DOSE/EFFECT. *Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance*. Luxembourg: Office for the Official Publications of the European Communities. ISBN 92-894-3894-0. 2002.

[12] MIEDEMA, Henk M. E.; OUDS HOORN, Catharina G. M. *Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals*. Environmental Health Perspectives, Vol. 109, No. 4, pp. 409-416, 2001.

[13] European Commission. WG-HSEA HEALTH AND SOCIO-ECONOMIC ASPECTS. *Position paper on dose-effect relationships for night time noise*. 2004.

[14] Generalitat Valenciana. Ley 7/2002, de 3 de diciembre, *de Protección contra la Contaminación Acústica*. Diari Oficial de la Comunitat Valenciana, 9 de diciembre de 2002, núm. 4394.

[15] Comunidad de Castilla y León. Ley 5/2009, de 4 de junio, *del Ruido*. Boletín Oficial de Castilla y León, 9 de junio de 2009, núm. 107.

ANEXOS

Anexo I. Datos extraídos del Resumen de resultados y Plan de Acción PAR 2008-2012.

Anexo II. Modelo de encuesta sobre valoración de la respuesta comunitaria frente al ruido.

Anexo III. Resúmenes por zona extraídos del sistema MEZCLA.

Anexo IV. Resúmenes globales extraídos del sistema MEZCLA.

Anexo I

Anexo I		Población expuesta >55 dBA (centenas)	Población expuesta >65 dBA (centenas)	% Población expuesta día/tarde (>65 dBA)	% Población expuesta noche (>55 dBA)
Andalucía occidental	Ldía	977	108	11,1	38
	Ltarde	1097	119	10,8	
	Lnoche	1052	400		
Andalucía oriental	Ldía	1324	244	18,4	40,6
	Ltarde	1471	257	17,5	
	Lnoche	1459	529		
Aragón	Ldía	255	39	15,3	50,7
	Ltarde	299	52	17,4	
	Lnoche	316	160		
Cantabria	Ldía	395	48	12,2	35
	Ltarde	468	50	10,7	
	Lnoche	432	151		
Castilla y león occidental	Ldía	316	91	28,8	47,3
	Ltarde	392	96	24,5	
	Lnoche	414	196		
Castilla y león oriental	Ldía	62	9	14,5	42,1
	Ltarde	77	11	14,3	
	Lnoche	76	32		
Castilla la mancha	Ldía	437	62	14,2	42,3
	Ltarde	640	82	12,9	
	Lnoche	725	307		
Cataluña	Ldía	2672	385	14,4	48,7
	Ltarde	2902	420	14,5	
	Lnoche	3052	1485		
Madrid	Ldía	986	143	14,5	39,3
	Ltarde	1491	206	13,8	
	Lnoche	1123	441		
Valencia	Ldía	559	111	19,9	37,3
	Ltarde	679	119	17,5	
	Lnoche	678	253		
Extremadura	Ldía	95	16	16,8	40,9
	Ltarde	141	25	17,7	
	Lnoche	115	47		
Galicia	Ldía	699	204	29,2	46,8
	Ltarde	784	206	26,3	
	Lnoche	727	340		
Asturias	Ldía	444	80	18	42
	Ltarde	546	87	15,9	
	Lnoche	410	172		
Murcia	Ldía	263	29	18	42
	Ltarde	329	35	15,9	
	Lnoche	391	129		
TOTAL	Ldía	8917	1484	16,6	41,3
	Ltarde	10716	1660	15,5	
	Lnoche	10319	4257		



ENCUESTA SOBRE VALORACIÓN DE LA RESPUESTA COMUNITARIA FRENTE AL RUIDO AMBIENTAL

Este cuestionario forma parte de un proyecto que desarrolla el Ayuntamiento de Granada, a través de su Agenda 21 Local, para valorar las actitudes de la población hacia el **ruido ambiental**. Entienda por ruido ambiental el procedente de fuentes exteriores a la vivienda. Los resultados del proyecto facilitarán la adopción de medidas de mejora de la calidad acústica de la ciudad.

Solicitamos su participación para que cualquier habitante de esta vivienda **lea con atención** la encuesta y conteste a **todas** las cuestiones. El cuestionario es **anónimo y confidencial**, y su duración se estima en unos **diez minutos**. Muchas gracias por su colaboración.

GRUPO 1. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

1.1	Población:	1.2	Provincia:				
1.3	Indique el tipo de vivienda:	Casa o Chalet <input type="checkbox"/>	Adosado <input type="checkbox"/>	Piso <input type="checkbox"/>	Dúplex <input type="checkbox"/>	Apartamento <input type="checkbox"/>	
1.4	Calle:	1.5	Número:	1.6	C.P.		
1.7	Portal:	1.8	Escalera:	1.9	Piso:	1.10	Letra:
1.11	¿Cuántos años lleva residiendo en esta vivienda? _____ años						
1.12	¿Cuántas personas viven en ella, incluyéndose usted? _____ personas						
1.13	Indique el régimen de uso de la vivienda	Propiedad <input type="checkbox"/>	Alquiler <input type="checkbox"/>				
Indique el nombre de la calle a la que dan las ventanas de las siguientes estancias de su vivienda.	1.14	Salón/ Sala de estar					
	1.15	Su dormitorio					
	1.16	Cocina					
¿Cuántas horas al día permanece en su casa aproximadamente? (incluyendo las horas de descanso nocturno)	1.17	Durante los días laborables _____ horas					
	1.18	Durante los fines de semana y festivos _____ horas					
1.19	Indique su grado de satisfacción con las características generales de su vivienda	Extremadamente Satisfecho/a <input type="checkbox"/>	Muy satisfecho/a <input type="checkbox"/>	Medianamente Satisfecho/a <input type="checkbox"/>	Ligeramente satisfecho/a <input type="checkbox"/>	Absolutamente nada satisfecho/a <input type="checkbox"/>	

GRUPO 2. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DE LA VIVIENDA

Indique, marcando con una cruz, su grado de satisfacción con las siguientes características de su entorno:		Extremadamente satisfecho/a	Muy satisfecho/a	Medianamente satisfecho/a	Ligeramente satisfecho/a	Absolutamente nada satisfecho/a
2.1	Limpieza de las calles					
2.2	Ausencia de contaminación del aire					
2.3	Calidad del agua corriente					
2.4	Ausencia de ruidos diurnos					
2.5	Ausencia de ruidos nocturnos					

Indique, marcando con una cruz, su grado de satisfacción con las siguientes características de su entorno (continuación):		Extremadamente satisfecho/a	Muy satisfecho/a	Medianamente satisfecho/a	Ligeramente satisfecho/a	Absolutamente nada satisfecho/a
2.6	Ausencia de malos olores					
2.7	Estética del entorno					
2.8	Presencia y cuidado de parques y jardines					
2.9	Adecuada recogida de residuos sólidos urbanos					
2.10	Presencia de contenedores de reciclaje					
2.11	Otros (indicar, si lo desea, otros aspectos del entorno)					

		1°	2°	3°
2.12	Elija de entre las anteriores características las tres que más valora, por orden de importancia (indique el número que corresponda en cada caso, del 2.1 al 2.10)			

2.13	Indique su grado de satisfacción <u>general</u> con las características de su entorno	Extremadamente satisfecho/a	Muy satisfecho/a	Medianamente satisfecho/a	Ligeramente satisfecho/a	Absolutamente nada satisfecho/a
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

GRUPO 3. VALORACIÓN DEL GRADO DE MOLESTIA FRENTE AL RUIDO

Teniendo en consideración los últimos 12 meses, indique Vd. en qué cuantía le molesta o perturba el ruido producido por el TRÁFICO RODADO cuando se encuentra en su casa: (señale con una cruz para cada periodo de tiempo)		Extremadamente molesto/a	Muy molesto/a	Medianamente molesto/a	Ligeramente molesto/a	Absolutamente nada molesto/a
3.1	A lo largo del día					
3.2	Durante el periodo diurno (de 07:00 a 19:00)					
3.3	Durante el periodo vespertino (de 19:00 a 23:00)					
3.4	Durante el periodo nocturno (de 23:00 a 07:00)					

Indique, en particular, en qué cuantía le molesta o perturba el ruido provocado por los siguientes VEHÍCULOS: (marque con una cruz en cada caso)		Extremadamente molesto/a	Muy molesto/a	Medianamente molesto/a	Ligeramente molesto/a	Absolutamente nada molesto/a
3.5	Motocicletas					
3.6	Automóviles					
3.7	Autobuses					
3.8	Camiones y vehículos pesados					
3.9	Ambulancias					
3.10	Vehículos de recogida de residuos sólidos urbanos					
3.11	Otros (Indicar)					

3.12	Teniendo en consideración los últimos 12 meses, indique Vd. en qué cuantía le molesta o perturba el ruido producido por el FERROCARRIL cuando se encuentra en su casa: (valore la molestia general a lo largo del día)	Extremadamente molesto/a	Muy molesto/a	Medianamente molesto/a	Ligeramente molesto/a	Absolutamente nada molesto/a

3.13	Teniendo en consideración los últimos 12 meses, indique Vd. en qué cuantía le molesta o perturba el ruido producido por AERONAVES cuando se encuentra en su casa: (valore la molestia general a lo largo del día)	Extremadamente molesto/a	Muy molesto/a	Medianamente molesto/a	Ligeramente molesto/a	Absolutamente nada molesto/a

Teniendo en consideración los últimos 12 meses, indique Vd. en qué cuantía le molesta o perturba el ruido producido por las siguientes FUENTES AJENAS AL TRANSPORTE cuando se encuentra en su casa: (valore la molestia general a lo largo del día)		Extremadamente molesto/a	Muy molesto/a	Medianamente molesto/a	Ligeramente molesto/a	Absolutamente nada molesto/a
3.14	Obras de construcción					
3.15	Actividades industriales					
3.16	Actividades recreativas o comerciales					

A continuación se da una escala de opinión de cero a diez para que Vd. pueda expresar en qué cuantía le molesta o perturba el ruido producido por diversas fuentes cuando se encuentra en su casa. (Por ejemplo, si Vd. está "absolutamente nada molesto" por el ruido debería escoger el cero, y si Vd. está "extremadamente molesto" debería escoger el diez). Tomando en consideración los últimos 12 meses, indique qué número desde el cero al diez expresa mejor la cuantía en que Vd. está molesto o perturbado por el ruido producido por las siguientes fuentes:

		Absolutamente nada Extremadamente										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.17	Tráfico rodado											
3.18	Ferrocarril											
3.19	Aeronaves											
3.20	Obras de construcción											
3.21	Actividades industriales											
3.22	Actividades recreativas o comerciales											

3.23	Considera que los niveles de ruido en su zona, en comparación con otras áreas de la ciudad, son:	Mucho más altos <input type="checkbox"/>	Más altos <input type="checkbox"/>	Similares <input type="checkbox"/>	Más bajos <input type="checkbox"/>	Mucho más bajos <input type="checkbox"/>
------	--	---	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---

3.24	Valore la importancia del ruido ambiental como agente contaminante, según su criterio	Extremadamente contaminante <input type="checkbox"/>	Muy contaminante <input type="checkbox"/>	Medianamente contaminante <input type="checkbox"/>	Ligeramente contaminante <input type="checkbox"/>	Absolutamente nada contaminante <input type="checkbox"/>
------	---	---	--	---	--	---

3.25	Indique cuál es, a su juicio, su grado de sensibilidad al ruido ambiental	Extremadamente sensible <input type="checkbox"/>	Muy sensible <input type="checkbox"/>	Medianamente sensible <input type="checkbox"/>	Ligeramente sensible <input type="checkbox"/>	Absolutamente nada sensible <input type="checkbox"/>
------	---	---	--	---	--	---

3.26	Considera que su grado de estrés es:	Muy alto <input type="checkbox"/>	Alto <input type="checkbox"/>	Normal <input type="checkbox"/>	Bajo <input type="checkbox"/>	Muy bajo <input type="checkbox"/>
------	--------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------

3.27	Considera que su capacidad auditiva es:	Muy buena <input type="checkbox"/>	Buena <input type="checkbox"/>	Intermedia <input type="checkbox"/>	Mala <input type="checkbox"/>	Muy mala <input type="checkbox"/>
------	---	---------------------------------------	-----------------------------------	--	----------------------------------	--------------------------------------

GRUPO 4. EFECTOS DEL RUIDO AMBIENTAL (fuentes exteriores excepto ruido vecinal)

Estando en su casa, ¿con qué frecuencia se han visto afectadas por el ruido ambiental las siguientes actividades?		Muy a menudo	A menudo	A veces	Raramente	Nunca
4.1	Escucha de radio, TV, reproductores de música					
4.2	Sueño nocturno					
4.3	Descanso o reposo					
4.4	Conversación					
4.5	Lectura o estudio					

Estando en su casa, ¿con qué frecuencia el ruido ambiental le ha causado los siguientes efectos?		Muy a menudo	A menudo	A veces	Raramente	Nunca
4.6	Irritabilidad					
4.7	Ansiedad					
4.8	Distracción en su actividad					
4.9	Disminución del rendimiento intelectual					
4.10	Susto o sobresalto					
4.11	Dolor de cabeza					

¿Con qué frecuencia el ruido ambiental le ha causado las siguientes alteraciones en el sueño nocturno?		Muy a menudo	A menudo	A veces	Raramente	Nunca
4.12	Dificultad en conciliar el sueño					
4.13	Despertarse durante la noche					
4.14	Despertarse y no volver a dormir					

GRUPO 5. ACTITUD FRENTE AL RUIDO AMBIENTAL (fuentes exteriores excepto ruido vecinal)

5.1	¿Ha emprendido alguna acción oficial contra el ruido (queja, reclamación, denuncia, etc.)?	Sí <input type="checkbox"/>	¿Ante qué organismo? _____	No <input type="checkbox"/>
5.2	¿Ha aislado su vivienda para mejorar su protección contra el ruido?	Sí <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/>
5.3	¿Cree que su vivienda ha perdido valor o puede perderlo por culpa del ruido?	Sí <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/>
5.4	¿Estaría dispuesto a pagar más impuestos para conseguir una reducción en los niveles de ruido de su entorno?	Sí <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/>
5.5	¿Se informó o le informaron acerca de los niveles de ruido en su zona cuando fue a vivir allí?	Sí <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/>

GRUPO 6. CARACTERÍSTICAS DEL ENCUESTADO

6.1	Edad: _____ años	6.2	Sexo:	Hombre <input type="checkbox"/>	Mujer <input type="checkbox"/>	6.3	Estado civil:	Soltero <input type="checkbox"/>	Casado <input type="checkbox"/>	Viudo <input type="checkbox"/>	Separado <input type="checkbox"/>	Divorciado <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
6.4	Nivel de Estudios:	Sin estudios <input type="checkbox"/>	Primarios <input type="checkbox"/>	Bachiller Elemental, ESO, FP I <input type="checkbox"/>	Bachiller Superior, FP II <input type="checkbox"/>	Universitarios medios <input type="checkbox"/>	Universitarios superiores <input type="checkbox"/>						
6.5	Situación Laboral:	En activo <input type="checkbox"/>	Desempleado <input type="checkbox"/>	Pensionista <input type="checkbox"/>	Tareas del hogar <input type="checkbox"/>	Estudiante <input type="checkbox"/>	Otras (de baja, etc.) <input type="checkbox"/>						
6.6	Turno de Trabajo: (fuera del hogar). Contestar si procede	Jornada continua				Jornada partida <input type="checkbox"/>	Sin horario fijo						
		Mañana <input type="checkbox"/>	Tarde <input type="checkbox"/>	Noche <input type="checkbox"/>	Rotatorio <input type="checkbox"/>	Sólo diurno <input type="checkbox"/>		Diurno y nocturno <input type="checkbox"/>					

Por favor, **compruebe que no ha dejado ninguna cuestión sin contestar**. Ha terminado el cuestionario.

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Puede contactar con la Delegación de Medio Ambiente, Salud y Consumo del Excmo. Ayuntamiento de Granada en el teléfono 958 248 197 para cualquier consulta relacionada con el objetivo de esta encuesta.

Si necesita alguna aclaración o información técnica sobre el proyecto de evaluación de la molestia por ruidos en Granada, puede contactar con la Agenda 21 Local en la dirección de correo agenda21gr@yahoo.com o con la Unidad de Acústica Física y Ambiental de la Universidad de Granada en la dirección jvida@ugr.es.

Promueven:

Excmo. Ayuntamiento de Granada. Delegación de Medio Ambiente Salud y Consumo.
Programa de Sostenibilidad Ambiental CIUDAD 21. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Equipo Técnico:

Agenda 21 Local de Granada.
Unidad de Acústica Física y Ambiental de la Universidad de Granada.

INFORME DE ACCIONES

Zona: La Calatrava

Medidas

	Nombre
Medida 1	Acción combinada: Barreras acústicas + Cambio de pavimento
Medida 2	Acción combinada: Restricciones de velocidad + Restricciones de tráfico
Medida 3	
Medida 4	

Medidas ordenadas

Por mejora	Mejora	
Acción combinada: Barreras acústicas + Cambio de pavimento	89,29%	
Acción combinada: Restricciones de velocidad + Restricciones de tráfico	82,14%	
Por coste	Coste	
Acción combinada: Restricciones de velocidad + Restricciones de tráfico	0,00 €	
Acción combinada: Barreras acústicas + Cambio de pavimento	67.500,00 €	
Por coste/personas mejoradas	Mejora	Coste/pers.
Acción combinada: Restricciones de velocidad + Restricciones de tráfico	73 pers.	0,00 €
Acción combinada: Barreras acústicas + Cambio de pavimento	80 pers.	843,75 €

INFORME DE VALORACIÓN

Zona: La Calatrava

Indicadores

	Valor	Ponderación	Resultado
Indicador "Gravedad"	2,8	80%	2,2
Indicador "Otros"	7	20%	1,4

	Indicador "Viabilidad"	Mejora en población	Valor
Medida 1	Acción combinada: Barreras acústicas + Cambio de pavimento	80	0,3
Medida 2	Acción combinada: Restricciones de velocidad + Restricciones de tráfico	73	0,5
Medida 3			
Medida 4			

Valoración global

Valoración actual	Valoración según medida aplicada	
3,6	Medida 1	1,6
	Medida 2	1,8
	Medida 3	
	Medida 4	



RESUMEN GLOBAL DE ACCIONES

Orden	Acción a acometer	Mejora	Coste	Coste TOTAL
1	La Soledat Nord - Barreras acústicas	363 pers.	409,78 €	148.750,00 €
2	El Molinar - Aislamiento de edificios	770 pers.	487,01 €	375.000,00 €
3	La Soledat Nord - Acción combinada: Cambio de pavimento + Barreras acústicas	629 pers.	499,23 €	314.014,00 €
4	La Soledat Nord - Restricciones de velocidad	58 pers.	518,07 €	30.048,00 €
5	El Molinar - Barreras acústicas	691 pers.	562,23 €	388.500,00 €
6	Polígon Llevant - Acción combinada: Cambio de pavimento + Restricciones de velocidad	345 pers.	736,66 €	254.146,00 €
7	Polígon Llevant - Barreras acústicas	304 pers.	1.024,10 €	311.325,00 €
8	Son Cotoner - Barreras acústicas	359 pers.	1.247,91 €	448.000,00 €
9	Son Cotoner - Cambio de pavimento	157 pers.	1.401,27 €	220.000,00 €
10	Can Pere Antoni - Cambio de pavimento	118 pers.	1.446,78 €	170.720,00 €
11	Polígon Llevant - Cambio de pavimento	160 pers.	1.588,40 €	254.144,00 €
12	Can Pere Antoni - Barreras acústicas	106 pers.	2.311,32 €	245.000,00 €
13	Génova - Vías verdes	50 pers.	2.772,48 €	138.624,00 €
14	La Calatrava - Barreras acústicas	85 pers.	3.026,47 €	257.250,00 €
15	La Calatrava - Cambio de pavimento	70 pers.	3.630,63 €	254.144,00 €
16	La Calatrava - Acción combinada: Barreras acústicas + Cambio de pavimento	103 pers.	4.964,99 €	511.394,00 €
17	Génova - Barreras acústicas	48 pers.	30.347,92 €	1.456.700,00 €

RESUMEN GLOBAL DE VALORACIÓN

Valoración de la situación actual

Zona	Valoración
La Calatrava	3,64
Can Pere Antoni	3,36
Poligon Llevant	2,56
El Molinar	2
La Soledat Nord	4,64
Son Cotoner	5,44
Génova	2,92

Valoración de la situación previsible

Zona	Acción a acometer	Valoración
La Calatrava	Barreras acústicas	1,6
La Calatrava	Cambio de pavimento	1,9
La Calatrava	Acción combinada: Barreras acústicas + Cambio de pavimento	1,4
Can Pere Antoni	Barreras acústicas	1,3
Can Pere Antoni	Cambio de pavimento	1
Poligon Llevant	Barreras acústicas	2
Poligon Llevant	Cambio de pavimento	2,5
Poligon Llevant	Acción combinada: Cambio de pavimento + Restricciones de velocidad	1,9
El Molinar	Barreras acústicas	1,1
El Molinar	Aislamiento de edificios	1
La Soledat Nord	Barreras acústicas	4,6
La Soledat Nord	Acción combinada: Cambio de pavimento + Barreras acústicas	3,7
La Soledat Nord	Restricciones de velocidad	4,6
Son Cotoner	Barreras acústicas	4,4
Son Cotoner	Cambio de pavimento	5,1
Génova	Vías verdes	2,7
Génova	Barreras acústicas	2,8