

SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL RUIDO DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE EN ANDALUCÍA

Cueto Ancela, José Luis⁽¹⁾, López Santos, Fernando⁽²⁾, Hernández Molina, Ricardo⁽¹⁾;
Martínez Zacarías, Francisco⁽¹⁾; Sales Márquez, Diego⁽¹⁾; Gey Flores, Ricardo⁽¹⁾

Laboratorio Ingeniería Acústica Universidad de Cádiz⁽¹⁾
SINCOSUR Ingeniería Sostenible⁽²⁾, flopez@sincosur.es
Campus de Puerto Real (CASEM)
Polígono Rio S. Pedro s/n
11515-Puerto Real; Cádiz
Tel/Fax: 956 016051
joseluis.cueto@uca.es

Resumen

Entre el diagnóstico ofrecido por los mapas estratégicos de ruido a nivel macro y la aplicación final de las medidas contra el ruido a nivel micro-escala, hay algunos procesos que no siempre han recibido la atención adecuada por parte de algunas administraciones. Estos procesos incluyen la cuantificación de criterios como la urgencia, la viabilidad, eficacia, efectos secundarios no deseados, coste, coste/beneficio, etc., de la intervención y son los responsables de la correcta gestión del proyecto que se deben ejecutar sobre los puntos conflictivos y que deben proporcionar las mejores soluciones para cada caso concreto. Teniendo en cuenta que la lucha contra el ruido ambiental puede implicar grandes inversiones de los fondos públicos, se hace evidente que este enfoque multi-criterio puede ser la clave para el éxito del proyecto. Con el fin de integrar y sistematizar la toma de decisiones en una plataforma basada en SIG (conocida por sus siglas inglesas como DSS) se ha comenzado el proyecto para el desarrollo del Sistema GARITA, financiado por la Agencia de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía. GARITA es el acrónimo para Gestión Ambiental del Ruido de Infraestructuras del Transporte Andaluz.

Palabras-clave: planes de acción, DSS, SIG

Abstract

Among the diagnosis provided by the strategic noise maps at the macro-scale level and the final application of noise abatement measures at the micro-scale level, there are some processes that have not always received adequate attention by some authorities. These processes include the quantification of criteria such as urgency, feasibility, effectiveness, unwanted side effects, cost/benefit, etc., of the action plans and they are responsible for the proper management of the project to be executed on hot spots. Finally the analysis must provide the best solutions for each case. Considering that the fight against environmental noise can involve large investments of public funds, it becomes clear that multi-criteria approach may be the key for the project success. In order to integrate and systematize a Decision Support Systems (DSS) in a GIS-based platform has begun the project known as GARITA System. This project has been funded by the Department of Public Works of the Regional Government of Andalusia. GARITA is the Spanish acronym for Environmental Management of Transport Infrastructure Noise in Andalusia.

Keywords: actions plans, DSS, GIS

PACS: 43.50.Lj

1 Introducción

El **Sistema de Gestión Ambiental del Ruido de Infraestructuras del Transporte Andaluz (GARITA)** pretende dar cobertura en Andalucía a la fase II “PLANES DE ACCIÓN” relativa a la Directiva Europea 2002/49/CE, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

Un problema que acarrea usualmente la elaboración de un plan de acción contra el ruido es la sistematización del trabajo en todas sus fases. Siempre encontramos que estas fases están abiertas a soluciones muy diferentes y explorarlas todas sin criterio puede convertirse en una labor difícil. Incluso encontrando buenas soluciones basadas en la “experiencia” del consultor, no se garantiza que sean las mejores, las más adecuadas ni las más baratas.

Es necesario, por tanto, definir un Sistema de Apoyo a la toma de decisiones capaz de establecer pautas claras de actuación desmarcadas de criterios espurios, que aporten una información de salida clara que conteste a todas las preguntas básicas de “dónde y cómo actuar contra el ruido” cumpliendo los siguientes aspectos:

- a) Sustentado en una plataforma multicriterio que se base en indicadores objetivos y evaluables.
- b) Implantado dentro de un SIG (Sistema de Información Geográfica).
- c) Interactivo y flexible en relación a los requerimientos del usuario final.

En esta línea, el Laboratorio de Ingeniería Acústica de la Universidad de Cádiz (Grupo PAI: TEP 195) y SINCOSUR Ingeniería Sostenible S.L. presentan el proyecto “**Sistema de Gestión Ambiental del Ruido de las Infraestructuras de Transporte en Andalucía (GARITA)**”.

Este proyecto se encuentra al amparo del Convenio Marco de Colaboración entre las Consejerías de Obras Públicas y Vivienda, la Consejería de Economía, Innovación y las Universidades Públicas Andaluzas y avalado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), para el desarrollo de actividades de investigación, desarrollo e innovación, formativas y de divulgación en las áreas que integran el ámbito competencial de la Consejerías de Obras Públicas y Vivienda de 14 de Junio de 2010. El proyecto ha comenzado en Abril del presente año y tiene prevista su terminación para finales de 2013.

2 Objetivos

Los objetivos perseguidos por el proyecto GARITA se definen a continuación:

- Crear un Sistema Eficiente de Gestión de Ruido Ambiental basado en SIG para el desarrollo de Planes de Acción contra el Ruido proveniente de las infraestructuras de transporte andaluzas que se hallen bajo el paraguas de la Directiva Europea 2002/49/EC.
- Crear una plataforma SIG que centralice una información detallada del ruido ambiental procedente de las infraestructuras de transporte en Andalucía y sus consecuencias. El SIG debe permitir analizar la información a nivel micro, que es el único adecuado para afrontar Planes de Acción eficientes y viables.

- Crear una herramienta basada en SIG que centralice y sistematice el proceso de toma de decisiones concernientes a las fases de desarrollo de los planes de acción

3 Metodología

El diagrama de flujo que aparece en la figura relaciona la estructura lógica de interacción entre los procesos internos, hitos del proyecto y relaciones externas.

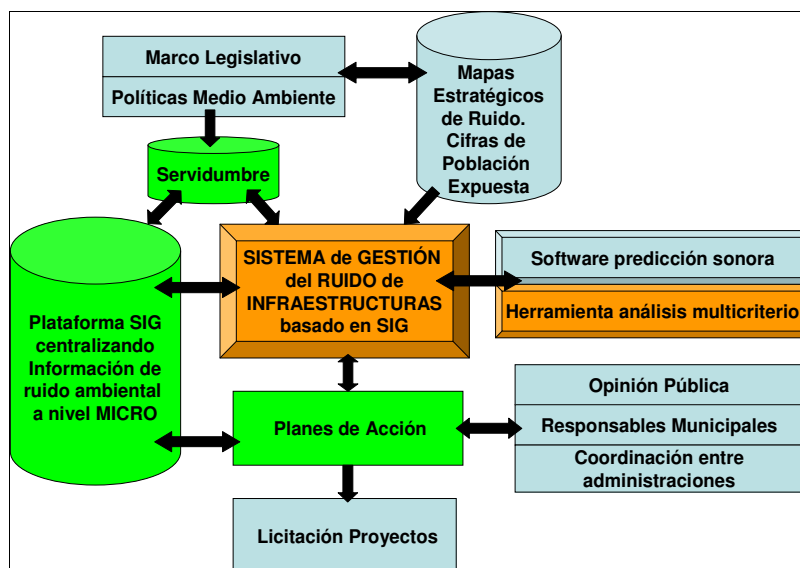


Figura 1 - Procesos internos, hitos del proyecto y relaciones externas

La metodología que se aplicará para el desarrollo del proyecto pasa por ejecutar la siguiente secuencia de tareas:

3.1 Síntesis informativa

Esta tarea comprende la recopilación de los Mapas Estratégicos de Ruido que se realizaron de las infraestructuras de transporte de Andalucía en la primera fase de la Directiva Europea 2002/49/EC, concretamente 602,55 Km., que son los tramos de carreteras que soportaban en el año 2006 un tráfico superior a 6 millones de vehículos al año.

Estos Mapas Estratégicos de Carreteras se completarán con los relativos a la segunda fase de la Directiva Europea 2002/49/EC, que se deben elaborar este año 2012 y que según el Plan de Aforo de 2010 de las carreteras de la Junta de Andalucía, ascienden a 1347,42 Km de carreteras en las que se superan los tres millones de vehículos al año.

Además de estos tramos de carreteras se deben incorporar los tramos de ferrocarriles, metros y tranvías que cumplen con la condición establecida por la Directiva Europea 2002/49/EC

El equipo de trabajo del proyecto de investigación ha conseguido ya recopilar los modelos acústicos utilizados para la realización de los mapas estratégicos del año 2007, en la fecha de redacción de la presente comunicación.

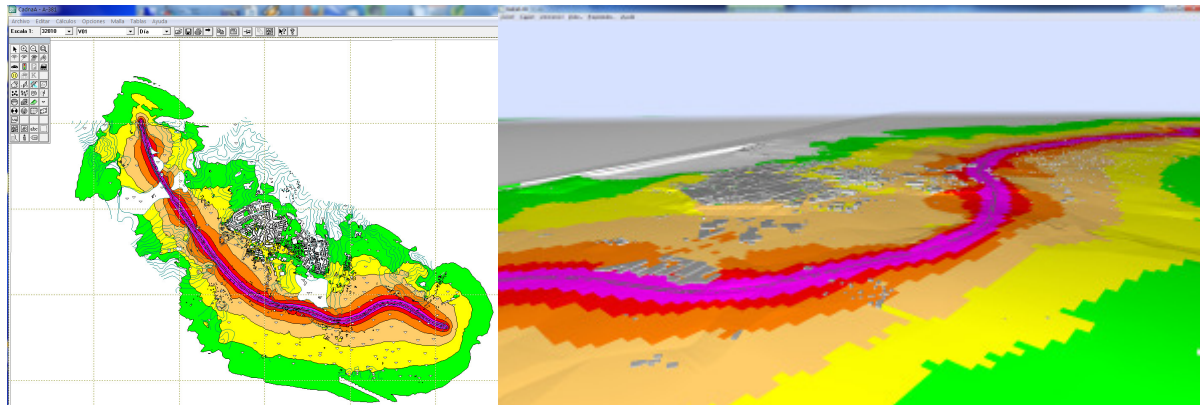


Figura 2 - Modelo acústico de una de las carreteras del estudio

A partir de estos modelos es posible obtener y exportar en formato SIG los siguientes datos:

- Topografía y obstáculos del terreno
- Edificios
- Vías de tráfico rodado
- Niveles sonoros de las infraestructuras de transporte:
 - ✓ L_{dia}: indicador de nivel de ruido equivalente para el periodo comprendido entre las 07.00 – 19.00
 - ✓ L_{tarde}: indicador de nivel de ruido equivalente para el periodo comprendido entre las 19.00 – 23.00
 - ✓ L_{noche}: indicador de nivel de ruido equivalente para el periodo comprendido entre las 23.00 – 07.00
 - ✓ L_{den}: indicador global de nivel de ruido para todo el día

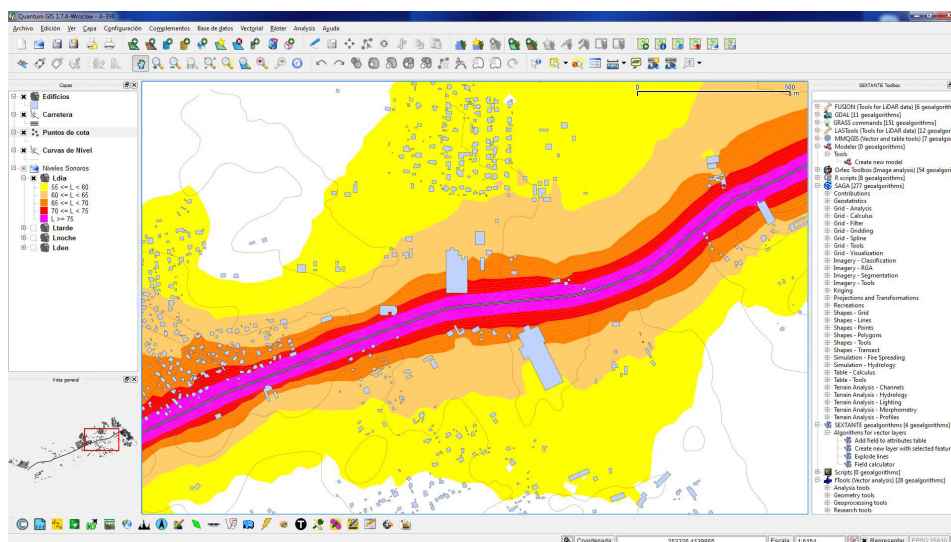


Figura 3 - Información obtenida del modelo acústico introducida en un sistema GIS

3.2 Sistema de Toma de Decisiones

El plan de acción debe establecer un mecanismo que se aplique al análisis de los mapas estratégicos de ruido y la población afectada **para saber dónde actuar**. Planteado así parece una banalidad, los interrogantes comienzan cuando contabilizamos centenas o miles de áreas que superan los valores límites establecidos legalmente. ¿Qué es más importante: muchas personas expuestas a un exceso pequeño de ruido, o pocas personas expuestas a un gran exceso de ruido?

Para ello, se plantea el siguiente proceso para la estimación de puntos de conflicto y zonas tranquilas como candidatos de zonas de actuación:

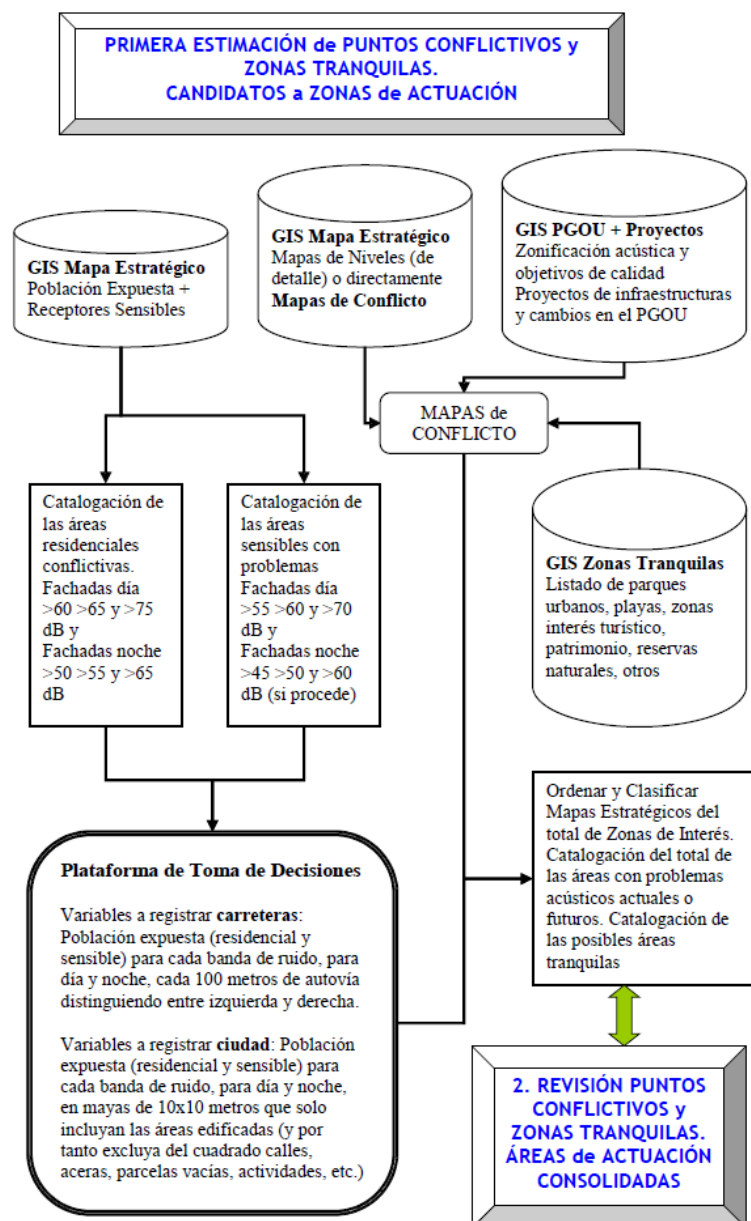


Figura 4 - Proceso para la estimación de zonas de actuación

3.2.1 Identificación de los candidatos a puntos de conflicto

Una vez que se tienen los mapas propuestos para identificar la repercusión de las carreteras sobre áreas residenciales existentes se procede en SIG según los procedimientos definidos a continuación. Estos deben repetirse para todas las carreteras, franjas horarias y niveles acústicos, mediante un modelo en el sistema SIG que realice todas estas funciones de forma automática:

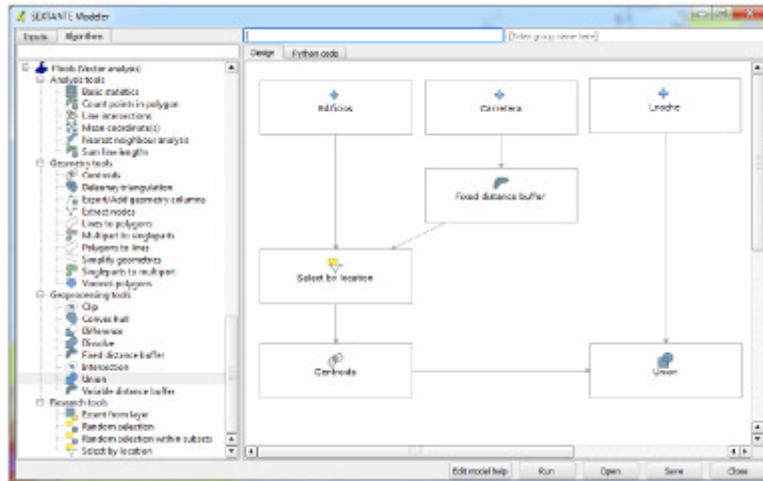


Figura 5 - Implementación de un modelo en el sistema SIG

- ✓ Selección de fachadas de edificios de una tipología concreta afectados a un determinado nivel acústico.

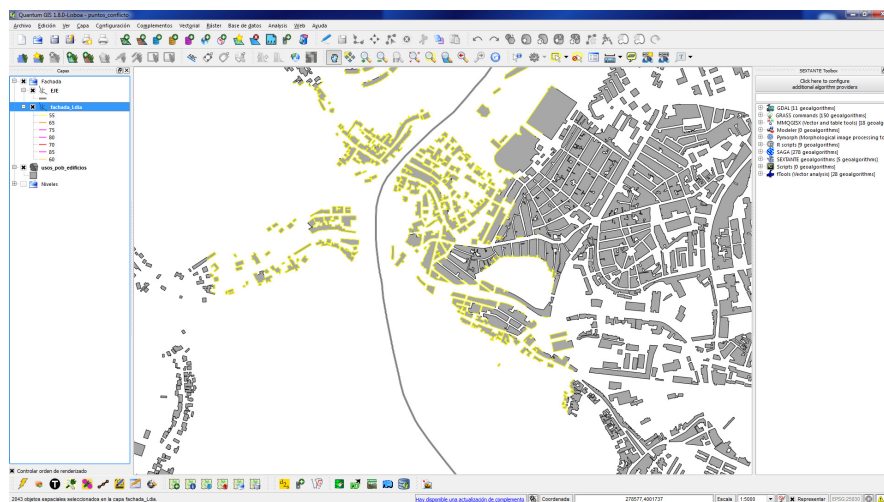


Figura 6 - Fachadas afectadas

- ✓ Delimitación y sectorización de un área de influencia a ambos ejes de la carretera considerando tramos de 100 metros
- ✓ Identificación de cada sector mediante margen de la carretera, identificador de la vía y número de sector

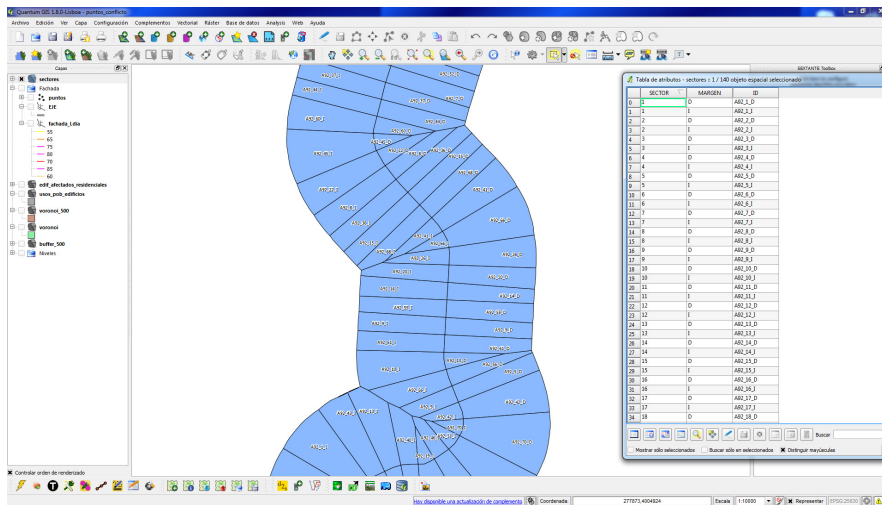


Figura 7 - Sectores de la carretera

- ✓ Asignación de cada edificio de la zona de estudio a un determinado sector, mediante mecanismos que eviten que un edificio que abarquen varios sectores se asignen de forma duplicada:

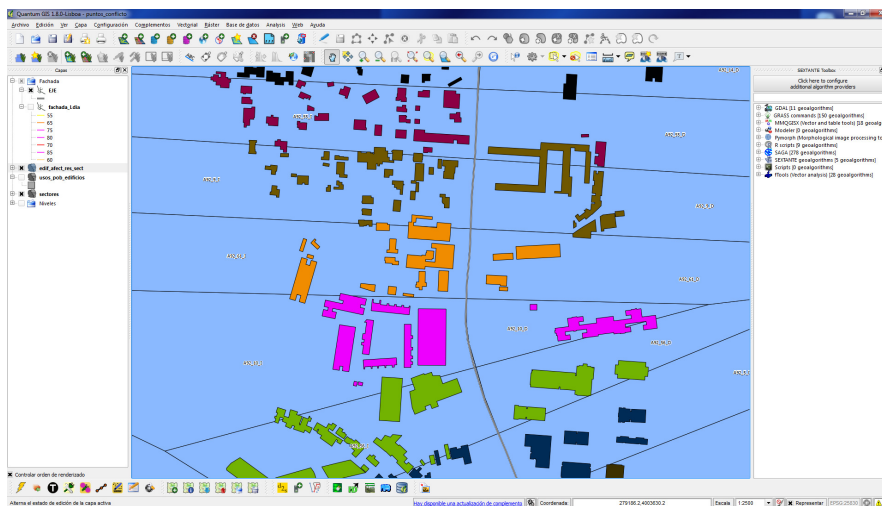


Figura 8 - Edificios clasificados por sector

- ✓ Disponiendo de información de población en las fachadas de los edificios, determinar el número de edificios, viviendas, habitantes y superficies afectadas, obteniendo tablas para cada lado de la vía y capas geográficas con los datos para ser visualizados. Este resultado se puede representar gráficamente:

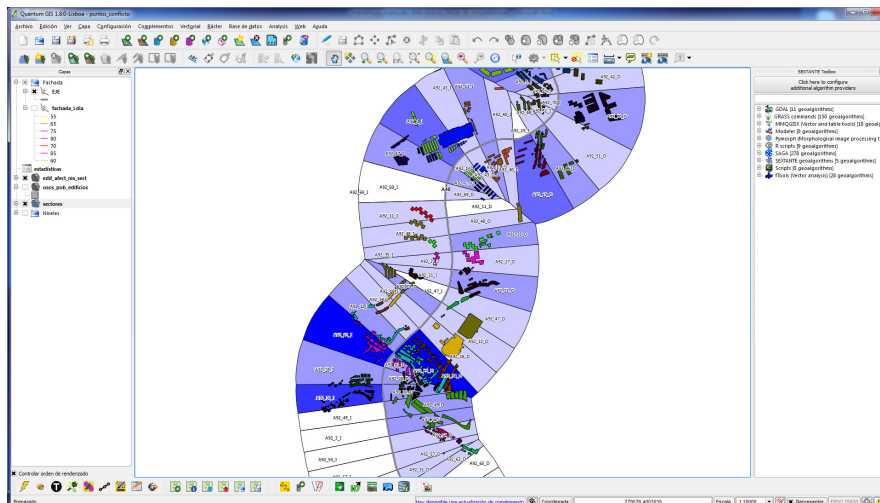


Figura 9 - Representación del número de edificios afectados por sector (a mayor intensidad de azul, mayor número de edificios afectados)

- ✓ Generación y representación de dos series espaciales de datos de exposición (izquierda/derecha) que conecte el número de habitantes expuestos por sector.

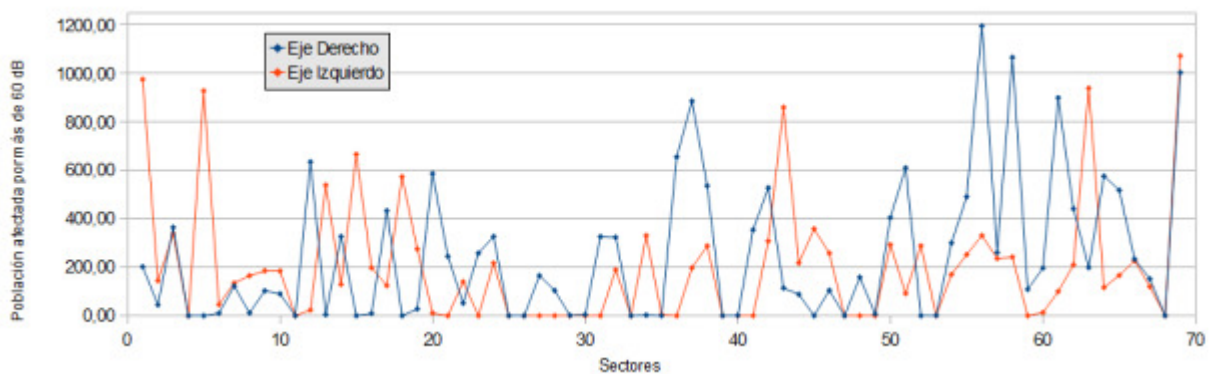


Figura 10 - Población afectada por sectores diferenciando ambos ejes

La representación gráfica de estos datos permite la detección rápida de aquellas zonas donde exista una alta concentración (relativa) de personas expuestas a un determinado nivel acústico en fachada, en función de los picos de las graficas. Estos puntos indicarán las zonas prioritarias de actuación (candidatos a puntos de conflicto)

Gracias a este procedimiento será posible comparar objetivamente carreteras distintas, determinando la prioridad de cada punto de conflicto.

3.2.2 Priorización

Una vez localizados los puntos de conflictos es necesario el establecer un mecanismo de priorización que establezca un orden de prioridad por urgencia.

En los trabajos desarrollados en la Union Europea para establecer una jerarquización de los puntos conflictivos por orden de prioridad, se ha utilizado el indicador de ruido Lden. Nosotros nos vamos a basar en los extensos estudios desarrollados sobre todo por Wolfgang Probst, pero también por Miedema, dentro del proyecto Europeo Quiet-City, y que ha dado lugar a una extensa bibliografía seguida por otros autores (Stenman and Malm). En ella se recoge el desarrollo de un indicador denominado NERS (Noise Environmental Rating System, que se podría traducir como Sistema de Valoración del Ruido Ambiental, SVRA). Se entiende valoración en cuanto a clasificación por orden de prioridad, que siempre será dependiente de las variables que pretendamos manejar.

Nosotros presentamos una modificación sobre NERS, que maneja y pondera de distinta manera la situación diurna y la nocturna; y que a su vez incluye otras variables.

$$SVRA(dia) = \sum_{f=1}^N Pob_f \cdot 10^{0,05[Ld,f_f - (65 + Fuente + Edi,f + Penaliz)]} \quad (1)$$

$$SVRA(noche) = \sum_{f=1}^N Pob_f \cdot 10^{0,084[Ln,f_f - (55 + Fuente + Edi,f + Penaliz)]} \quad (2)$$

En donde,

SVRA (día/noche)	Sistema de Valoración del Ruido Ambiental (día/noche)
f	Fachadas expuestas número 1 hasta N
Pob _f	Población expuesta asociada a la fachada “f”
Ln,f y Ld,f	Indicador de ruido (entero) asociado a la fachada número “f”
Fuente	Corrección asociada a la fuente
Edi,f	Corrección asociada al edificio que tiene la fachada “f”
Penaliz	Penalización asociada a las características del ruido

3.3 Análisis multicriterio

En este punto nos encontraremos con una serie de puntos de conflicto ordenados por urgencia y las posibles actuaciones a ejecutar perfectamente identificadas y valoradas. Ahora es necesario responder por dónde se va a empezar la actuación, qué es mejor y más eficaz y cómo se optimizarán las inversiones.

La resolución de estas cuestiones pasa por un sistema de decisión multicriterio, que recoge la idea de evaluar, mediante indicadores y pesos, los resultados de las acciones propuestas que sean difícilmente cuantificables.

La metodología a seguir se desarrolla en siete etapas:

1. **Delimitar el contexto de evaluación**, que en nuestro caso consiste en disminuir la afección acústica y la población afectada
2. **Identificar los criterios de evaluación**: nivel de prioridad o urgencia, nivel acústico de la afección, facilidad de implantación, impacto visual, eficacia y eficiencia.

3. **Construir escalas de evaluación**
4. **Construir las funciones de valor:** asignando pesos para cada criterio de evaluación.
5. **Ponderar las escalas de evaluación**
6. **Evaluar las opciones**
7. **Hacer un análisis de sensibilidad y robustez**

3.4 Herramienta de gestión de ruido ambiental

Este punto conforma el desarrollo de las herramientas de programación que tengan en cuenta la viabilidad, efectividad sonora y análisis coste/beneficio de las posibles soluciones técnicas a aplicar en los planes de acción.

Todo ello deberá integrarse en el sistema SIG mediante herramientas de fácil utilización y comprensión que posibilite a las distintas administraciones gestionar las futuras inversiones de la forma más eficiente y óptima posible.

4 Resultados previsibles

Resultados tangibles tras el proyecto

- Los Mapas Estratégicos de Ruido actualizados, corregidos y definidos a nivel de detalle para los datos de población expuesta y de edificios sensibles.
- La catalogación de los puntos conflictivos y zonas tranquilas de las infraestructuras andaluzas implicadas en la Directiva Europea 2002/49/CE ordenadas por orden de urgencia. Cada una de ellas contendrá una ficha con la información relevante para la evaluación del problema acústico.
- Una herramienta basada en GIS para la gestión del ruido ambiental, cuya base es la información y cuyo interés y mayor utilidad radica en la sistematización de los procesos de decisión.

Resultados previsibles a corto-medio plazo

Sentar las bases para que en futuros planes de acción en Andalucía se experimenten ciertas mejoras:

- La primacía los criterios de maximización del gasto público y eficiencia de las medidas para mejorar la calidad ambiental. Ello se conseguirá mediante la introducción del análisis coste/beneficio en el diseño y realización de los planes de acción contra el ruido ambiental.
- El aumento de la percepción ciudadana de que se están llevando a cabo actuaciones positivas en el campo de la contaminación acústica ambiental de su ciudad.

5 Estado Actual del Proyecto

En la fecha de redacción de la presente comunicación, Agosto de 2012, el proyecto GARITA se encuentra en la fase de incorporación de los Mapas Estratégicos de Ruido del año 2007 de las infraestructuras viarias de la Junta de Andalucía a la plataforma SIG que se está desarrollando.

Agradecimientos

Este proyecto se encuentra cofinanciado por la Unión Europea, con cargo al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Queremos mostrar nuestro agradecimiento a todos aquellos que han contribuido a la realización de este trabajo, con especial atención a la Agencia de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía, encargada de la gestión de los Proyectos de I+D+i relativos al ámbito competencial de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda para los años 2011 a 2013 por su confianza y apoyo en el desarrollo del mismo.

Referencias

- [1] Directive 2002/49/EC of the European parliament and of the council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise
- [2] SILENCE (Sustainable Development Global Change and Ecosystems). Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans. 2008 <http://www.silence-ip.org/>
- [3] SMILE (Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment), Guidelines for Road Traffic Noise Abatement. 2004
- [4] Desanghere, G. QCITY Quiet City Transport DELIVERABLE 6.2 Part 1 - General measures for noise mitigation January 31, 2007 <http://www.qcity.org/>
- [5] Polinder, H.; et al. QCITY Quiet City Transport DELIVERABLE 6.3 Decision support tool December, 2008 <http://www.qcity.org/>
- [6] Heich H., SILENCE (Sustainable Development Global Change and Ecosystems) WP I.4 Existing approaches and tools and possibilities for upgrade. January 2008 <http://www.silence-ip.org/>
- [7] Heich H., SILENCE (Sustainable Development Global Change and Ecosystems) WP I.4 Upgrade of Decision Support System. February 2008 <http://www.silence-ip.org/>
- [8] 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.
- [9] Miedema, H.M.E., Vos, H., 1998. Exposure-response relationships for transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 104 (6).
- [10] Probst, W.J. Noise Perception and Scoring of Noise Exposure. International Congress of Sound and Vibration. ICSV13 - Vienna. Austria. 2006
- [11] WHO. Night Noise Guidelines for Europe World Health Organization. 2009 <http://www.euro.who.int/Noise>
- [12] Bendtsen, H.; et al. Traffic Management and Noise Reducing Pavements. Danish Road Institute. Report 137. 2004
- [13] IMAGINE Guidelines for the use of traffic models for noise mapping and noise action planning. Document: IMA02DR7-060531-TNO.10, 31 May 2006: <http://www.imagine-project.org/>
- [14] Cueto, J.L.; et al. Implicaciones del uso de Modelos de Tráfico en el desarrollo de Mapas de Ruido. *Tecniacústica*. Coimbra. 2008.
- [15] Cueto, J.L.; et al (2011). Detección de puntos conflictivos de ruido ambiental mediante procesos semi-automatizados en SIG. *Tecniacústica*. Cáceres.
- [16] Cueto, J.L.; et al (2010). Decision-making tools for action plans based on GIS: a case study of a Spanish agglomeration. *Internoise*. Lisboa