

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

PACS: 43.50.Lj

Cueto Ancela, José Luis<sup>(1)</sup>; Hernández Molina, Ricardo<sup>(1)</sup>; Sales Márquez, Diego<sup>(1)</sup>; López Santos, Fernando<sup>(2)</sup>; Gey Flores, Ricardo<sup>(1)</sup>; Fernández Zacarías, Francisco<sup>(1)</sup>; Carretero de la Rocha, David<sup>(2)</sup>

1. Laboratorio Ingeniería Acústica Universidad de Cádiz  
Campus de Puerto Real (CASEM). Polígono Rio San Pedro s/n  
11515 - Puerto Real (Cádiz). España  
Tel/Fax: +34 956 016051

[joseluis.cueto@uca.es](mailto:joseluis.cueto@uca.es)

2. SINCOSUR Ingeniería Sostenible, S.L. Av. San Francisco Javier nº 9, 5ª Planta.  
41018 – Sevilla. España

[flopez@sincosur.es](mailto:flopez@sincosur.es)

### ABSTRACT

Usually noise action plans should be addressed at micro scale, as this is the level where a numerous environmental noise problems are showed. The problem arises when using strategic noise maps as a basis for diagnosis, since these maps offer a vision at "macro-scale". GARITA is a GIS-based tool that overcomes this drawback and discovers the real conflict areas. GARITA is intended for use by decision makers of public administrations to assess the urgency of the intervention and the expected efficiency of certain measures based on objective criteria. These criteria are diverse, for example, the number of people exposed, the excess of noise relative to legal limits, the effectiveness of the measures taken, the cost / benefit of its implementation, etc.

### RESUMEN

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

## INTRODUCCIÓN

El proyecto para el desarrollo del Sistema GARITA (Gestión Ambiental del Ruido de Infraestructuras del Transporte Andaluz), financiado por la Agencia de Obra Pública de la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía a través de FONDOS FEDER se encuentra en la actualidad en un nivel de desarrollo cercano al 75 % del total. Este proyecto, es llevado a cabo conjuntamente entre el Laboratorio de Ingeniería Acústica de la Universidad de Cádiz (Grupo PAI: TEP 195) y SINCOSUR Ingeniería Sostenible S.L. En el VIII Congreso Iberoamericano de Acústica celebrado en Évora (Portugal) el pasado año, se presentaron las líneas generales y los objetivos del proyecto [1].

El Sistema GARITA pretende dar cobertura en Andalucía a la fase de elaboración de Planes de Acción recogida en la Directiva Europea del Ruido [2]. Estos planes se constituyen en verdaderas herramientas de gestión de la contaminación acústica, debiendo dar sentido y utilidad a los Mapas Estratégicos de Ruido (MER).

Según se establece en la Directiva, las medidas concretas de los planes de acción deberán afrontar las prioridades que puedan determinarse como consecuencia de la superación de determinados valores límite o según otros criterios elegidos por los estados miembros y deberán aplicarse, en particular, a las zonas más importantes establecidas de acuerdo con los MER elaborados [2]. Sin embargo, dada la escala de trabajo y por tanto de aproximación de los mapas (a nivel macro), se hace difícil determinar las zonas más importantes así como el orden y prioridad de actuación en ellas.

Es necesario por tanto, a la hora de elaborar un Plan de Acción, disponer de un Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones, capaz de discernir sobre “dónde y cómo actuar contra el ruido” y de sistematizar todo el proceso de desarrollo del plan. Las bases de diseño y desarrollo de este sistema se han venido elaborando en el Laboratorio de Ingeniería Acústica de la Universidad de Cádiz durante los últimos años [3], [4] y [5].

## OBJETIVOS

El objetivo de esta comunicación es describir el estado de desarrollo del Proyecto GARITA en relación a los objetivos marcados por el proyecto inicialmente [1].

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TOMA DE DECISIONES

El sistema GARITA es un sistema de apoyo a la toma de decisiones (en inglés se corresponde con la abreviatura DSS o “Decision Support System”), pensado para su uso por parte de cualquier técnico o responsable de la administración pública con conocimientos básicos en Sistemas de Información geográfica (SIG). GARITA se convierte en un sistema de gestión del ruido ambiental orientado a la elaboración de los Planes de Acción contra el ruido.

Una de las imposiciones de diseño es que el sistema debe ceñirse a los siguientes requisitos:

- **Automatizado.** La plataforma sistematiza la mayoría de los complejos procesos iterativos que ofrecen una aproximación multicriterio.
- **Basado en análisis multicriterio.** Todas las etapas de los planes de acción deben ser apoyadas por indicadores objetivos para evaluar la urgencia de las intervenciones, teniendo en cuenta la naturaleza y el alcance del problema del ruido, la viabilidad de las medidas contra el ruido, la eficiencia y el coste.
- **Flexible.** El sistema está diseñado para incorporar nuevos algoritmos y/o variables.

- Escalable. Puede trabajar con diferentes escalas espaciales y temporales.
- Robusto. El sistema reduce al mínimo el impacto negativo de errores y falta de datos. En casos extremos, una alerta advierte sobre las debilidades de los resultados.
- Operativo. Las medidas contra el ruido dentro de la programación condicionan los distintos tipos de análisis y las distintas evaluaciones Coste/Beneficio.

En cuanto a la interfaz, las exigencias de diseño cumplen con las siguientes especificaciones:

- DSS basado en SIG. Una vez que las rutinas se han programado, cualquier persona con un nivel de formación mínimo en SIG puede interactuar con la plataforma para la obtención de información.
- DSS útil y funcional. La selección de los datos de entrada, variables y parámetros de cálculo y la presentación de los resultados se realiza en una manera fácil.
- DSS Interactivo, configurable y transparente. El DSS avisa de la información que falta. El DSS se puede configurar con distintos parámetros de actuación o dejarlos por defecto. Los responsables y usuarios deben poder controlar y aprobar todas las decisiones basadas en el análisis multicriterio. De hecho pueden cambiar el peso (importancia) de las variables dentro de dicho análisis.

La lógica del DSS se describe en el diagrama de bloques de la Figura 1. Una vez jerarquizadas las zonas de intervención, los criterios de selección de las medidas contra el ruido contendrán: su viabilidad técnica, los posibles efectos secundarios, el coste económico total del proyecto, la eficacia de la actuación y una valoración coste/beneficio.

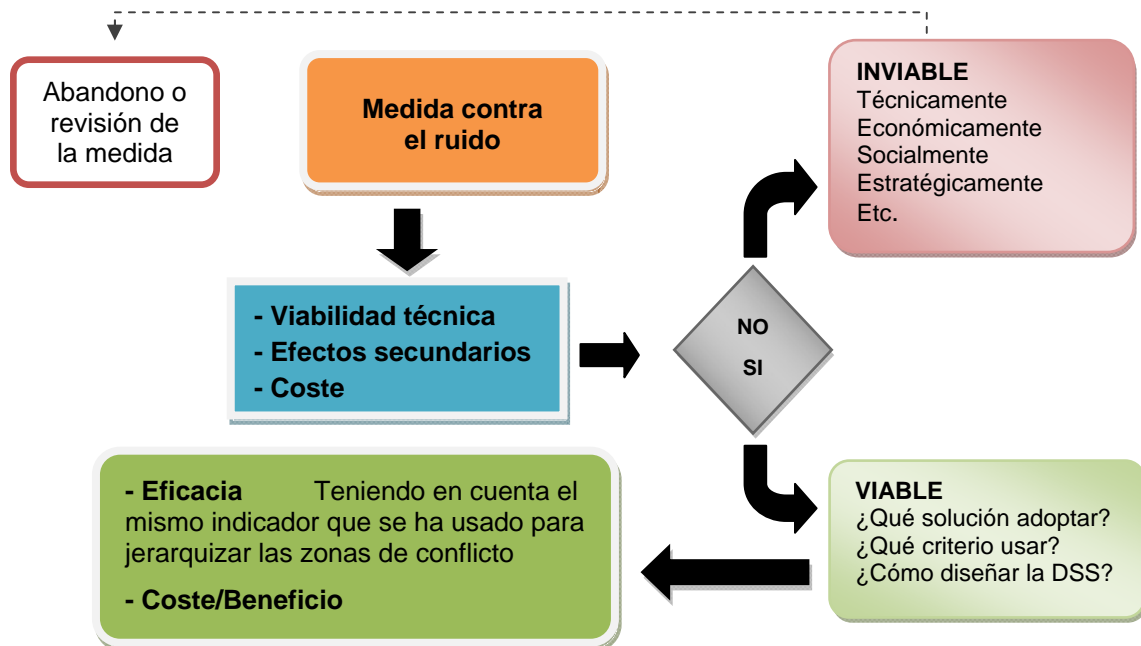


Figura 1.

En la Figura 2 se incluye la lógica de funcionamiento del software para establecer una jerarquía en las zonas de actuación a partir del incumplimiento de los objetivos de calidad acústica. La precisión de los MER, nos obliga a hacer una primera estimación de los puntos de intervención (hot spots) y asignarles la etiqueta de "candidatos". Más adelante, cuando mapas desarrollados a nivel micro estén disponibles "ad hoc" se dispondrá de las verdaderas zonas de conflicto o zonas de intervención "consolidadas". Se usará de manera habitual el Lnoche como indicador de referencia, pero también se podrá utilizar el Ldía y el Ltarde.

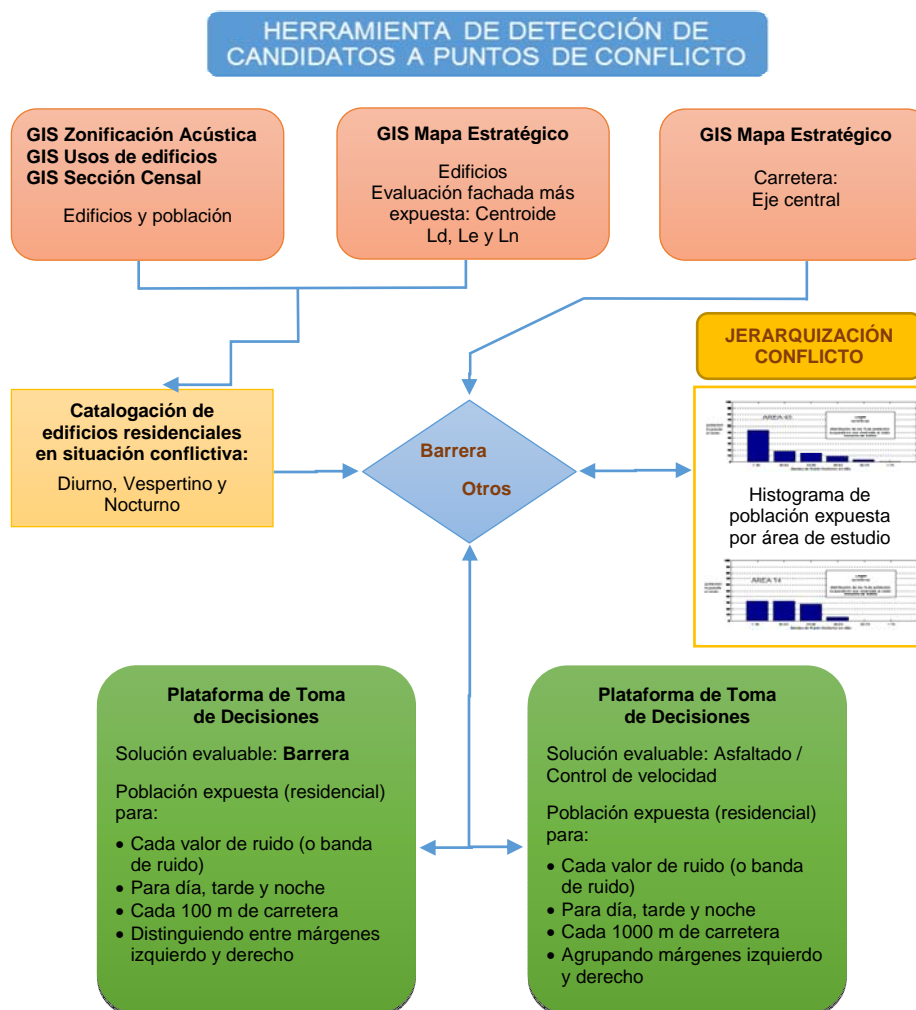


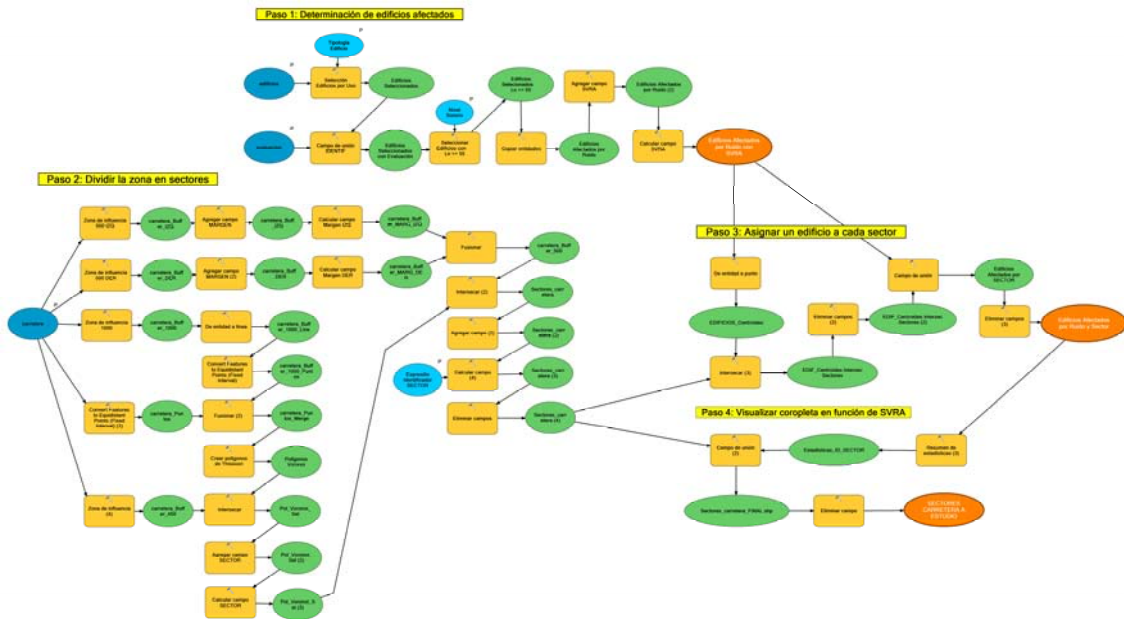
Figura 2.

## HERRAMIENTA SIG DE LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO

La herramienta que aquí presentamos ha sido creada con la plataforma de información geográfica ArcGIS Desktop 10.0 SP5. Empleando la aplicación ModelBuilder se ha logrado encadenar secuencias de herramientas de geoprocésamiento hasta alcanzar los resultados esperados de manera automática. ArcGIS 10 trabaja bajo el lenguaje de programación Python (lenguaje multiplataforma, de código abierto, potente y de fácil aprendizaje) empleando el paquete de sitio ArcPy de Esri.

La herramienta ha sido implementada en ArcMap 10 como una nueva "Toolbox". Su actual interfaz es similar a la de las herramientas del sistema de ArcGIS 10.0.

En la Figura 3 podemos ver el modelo ModelBuilder creado para la herramienta SIG:



**Figura 3.**

Los datos de entrada mínimos (geometría y atributos) que la herramienta usa son los siguientes:

- Carretera a estudio. Polilínea. Requisitos:
  - Matricula de la carretera.
  - Definida como un solo eje.
  - Puntos Kilométricos.
- Edificaciones. Polígonos. Requisitos:
  - Cada edificio tiene su ID que lo define de manera unívoca.
  - Al menos residencial y sanitario y docente (sensible).
  - Población asignada al polígono.
- Nivel de exposición en fachada en la fachada más expuesta de cada edificio. Puntos. Requisitos:
  - La información está anexada como atributo a un centroide de cada edificio. Cada centroide debe estar vinculado al ID de un edificio sin ambigüedad.
  - La información sobre exposición se puede evaluar a 4 metros o a todas las alturas (plantas) de un edificio.
- Zonificación acústica. Polígono.
  - Así la tipología de cada edificio se toma en cuenta según la Zonificación Acústica. En caso de no disponer de zonificación se incluye el Uso del edificio según el planeamiento urbanístico.

Los parámetros de ajuste del modelo son los siguientes hasta ahora:

- Tipo de medida contra el ruido a emplear. Por el momento:
  - Barrera acústica, asfaltado, descenso de la velocidad nocturna y aislamiento en fachada.
- Tamaño del buffer de búsqueda primaria.
- Indicador de ruido a usar en la jerarquización de zonas de conflicto.

Para automatizar el DSS se necesita imponer un formalismo sobre el diseño de la base de datos que se importará del MER: identificadores, campos, tipo de datos, etc. Esto es necesario para la correcta ejecución automática de la herramienta.

Vamos a listar un par de ejemplos de problemas heredados de los mapas de ruido realizados en España:

- Cuando no disponemos de la población por edificio, se debe añadir una acción externa al GARITA para la estimación de la población basada en la *sección censal, u otro indicador indirecto como número de plantas, volumen del edificio, etc.* [6].
- Otro problema con el que nos hemos enfrentado es el hecho de que manzanas se tomaban como un solo edificio, en lugar de un conjunto de edificios individuales.

Con esto queremos decir que la calidad y fiabilidad de los resultados de la herramienta GARITA depende de la calidad de los datos de entrada. La herramienta dispone de alarmas que están asociadas a variables que pueden ser indicadores de falta de precisión. Por ejemplo: carencia de datos en todas las entradas de la base de datos, curvas de nivel cada 10 metros, centroides asociados a edificios demasiado grandes, estimaciones de ruido a 4 metros cuando hay edificios muy altos en el análisis de la carretera, etc.

## INTERFAZ DE ENTRADA/SALIDA

En la Figura 4 vemos como se ha resuelto la entrada de datos de la herramienta. Nos invita a seleccionar los archivos de entrada/salida: por ejemplo edificios, evaluación y carretera. Cuenta con una ayuda que describe paso por paso el funcionamiento. Además, es posible seleccionar el indicador y los límites de referencia en la evaluación.

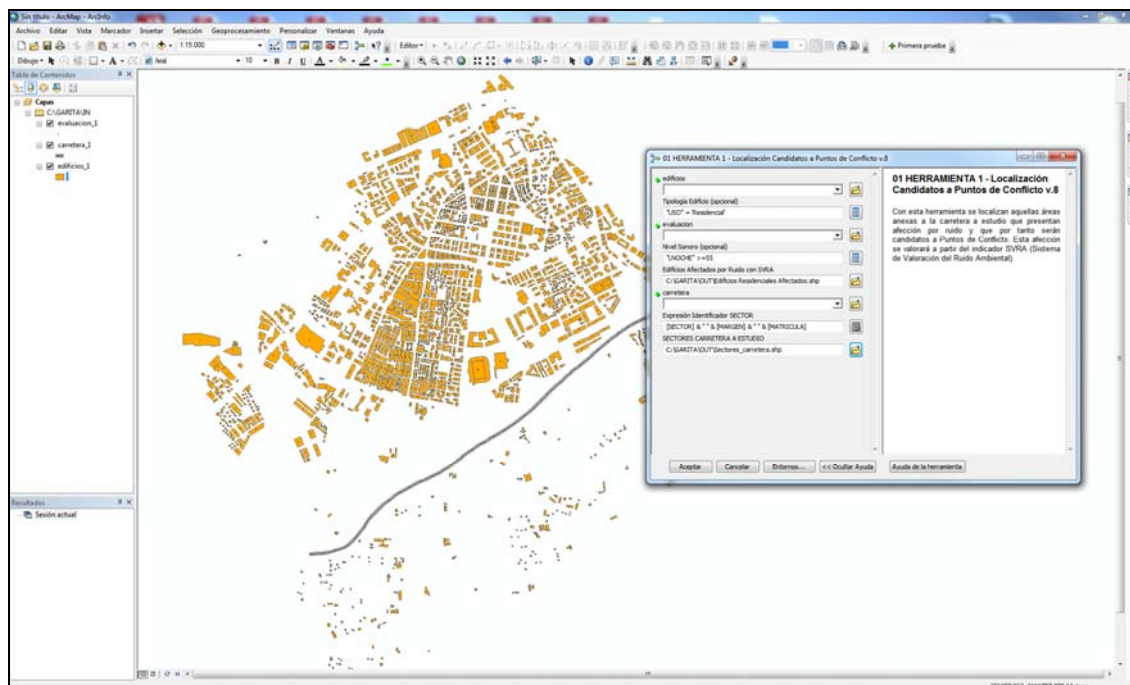


Figura 4.

La salida se ha resuelto de manera gráfica y numérica (a través de tablas de datos). De esta manera el técnico tiene la posibilidad de acceder visualmente al problema y su localización y, de establecer comparaciones propias mediante los datos suministrados. En la Figura 5 se observa un informe de los resultados finales.

| Sectores Carretera Estudio |        |        |              |             |             |
|----------------------------|--------|--------|--------------|-------------|-------------|
| ID_SECTOR                  | SECTOR | MARGEN | Nº EDIFICIOS | POBLACIÓN   | SVRA Noche  |
| 27 DER A-491               | 27     | DER    | 7            | 360         | 3062        |
| 26 DER A-491               | 26     | DER    | 2            | 279         | 3022        |
| 25 DER A-491               | 25     | DER    | 3            | 403         | 2490        |
| 2 DER A-491                | 2      | DER    | 48           | 54          | 151         |
| 3 DER A-491                | 3      | DER    | 33           | 49          | 129         |
| 1 DER A-491                | 1      | DER    | 16           | 45          | 123         |
| 6 DER A-491                | 6      | DER    | 7            | 49          | 114         |
| 24 DER A-491               | 24     | DER    | 3            | 49          | 70          |
| 7 DER A-491                | 7      | DER    | 6            | 49          | 70          |
| 6 IZQ A-491                | 6      | IZQ    | 22           | 25          | 42          |
| 8 DER A-491                | 8      | DER    | 6            | 31          | 35          |
| 27 IZQ A-491               | 27     | IZQ    | 7            | 16          | 32          |
| 23 DER A-491               | 23     | DER    | 1            | 2           | 25          |
| 18 IZQ A-491               | 18     | IZQ    | 6            | 18          | 22          |
| 19 IZQ A-491               | 19     | IZQ    | 10           | 14          | 22          |
| 5 IZQ A-491                | 5      | IZQ    | 7            | 10          | 17          |
| 9 DER A-491                | 9      | DER    | 9            | 15          | 17          |
| 11 IZQ A-491               | 11     | IZQ    | 8            | 15          | 15          |
| 4 IZQ A-491                | 4      | IZQ    | 2            | 3           | 9           |
| 4 DER A-491                | 4      | DER    | 6            | 6           | 8           |
| 7 IZQ A-491                | 7      | IZQ    | 2            | 4           | 4           |
| 25 IZQ A-491               | 25     | IZQ    | 1            | 2           | 3           |
| 12 IZQ A-491               | 12     | IZQ    | 1            | 2           | 2           |
| 26 IZQ A-491               | 26     | IZQ    | 4            | 1           | 1           |
| <b>TOTALES</b>             |        |        | <b>220</b>   | <b>1501</b> | <b>9485</b> |

Figura 5.

Por último, se muestra en la Figura 6 la salida de mapas en Google Earth donde se ha cargado como archivo “.kmz” la coropleta obtenida.

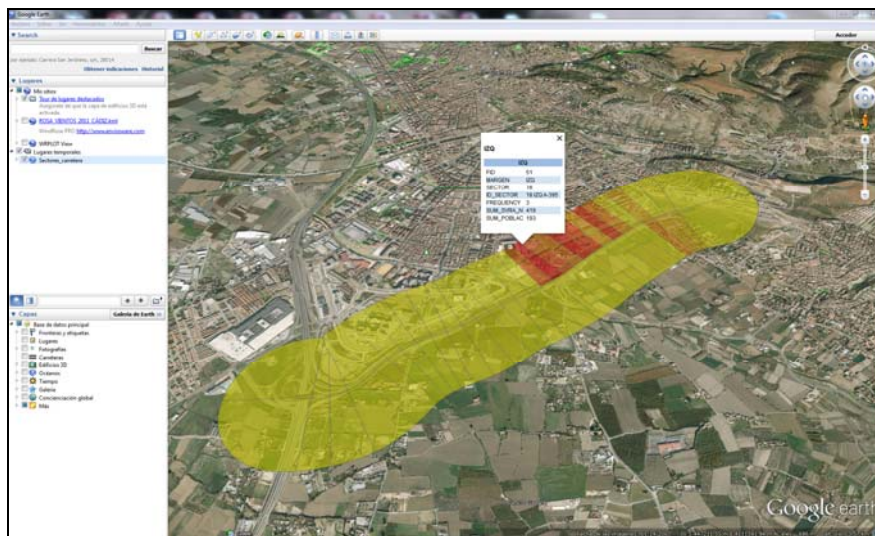


Figura 6.

## CONCLUSIONES

1. La calidad de los resultados de la herramienta GARITA está vinculada a su vez a la calidad del Mapa Estratégico de Ruido. Por tanto se necesitan:
  - a. Añadir un sistema de control de calidad y de alarma que advierta de posibles deficiencias en el modelo con que se ejecutó el mapa de ruido.
  - b. Incorporar un sistema externo (¿o interno?) a GARITA que permita la reevaluación micro de las áreas candidatas a la intervención, jerarquizando los puntos de intervención de manera consolidada.

2. La Herramienta puede evolucionar en varias direcciones, pero siempre tendremos limitaciones insoslayables
  - a. La necesidad de trabajar con un software de simulación acústica externo a GARITA que evalúe con precisión la eficacia de las medidas propuestas.
  - b. La viabilidad casi siempre habrá de evaluarse “in situ”.
  - c. La respuesta ciudadana.
3. GARITA no es una caja negra, ya que permitirá al usuario definir las variables y parámetros de trabajo siguientes:
  - a. Tipología de medida contra el ruido. Vincula los parámetros de análisis al tipo de medida seleccionada: ya sea barrera, asfaltado, velocidad y asilamiento.
  - b. Coste de la obra y la relación coste/beneficio.

## REFERENCIAS

- [1] Cueto, J.L.; et al (2012). Sistema de Gestión Ambiental del Ruido de las Infraestructuras de Transporte en Andalucía. Tecniacústica. Évora
- [2] Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- [3] Cueto, J.L.; et al (2010). Decision-making tools for action plans based on GIS: a case study of a Spanish agglomeration. Internoise. Lisboa.
- [4] Cueto, J.L.; et al (2011). Detección de puntos conflictivos de ruido ambiental mediante procesos semi-automatizados en SIG. Tecniacústica. Cáceres.
- [5] Cueto, J.L. and Licitra, G. (2013). Geographic information system tools for noise mapping. Chapter 10 of Noise Mapping In The EU. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton.
- [6] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), Position Paper, Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2, 13th August 2007.