

**DETECCIÓN Y PRIORIZACIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO EN LA RED
DE CARRETERAS DE ANDALUCÍA A PARTIR DE LOS MAPAS
ESTRATÉGICOS DE RUIDO DE LA 2ª FASE EMPLEANDO LA TOOLBOX
GARITA**

PACS: 43.50.Rq

Gey Flores, Ricardo¹; Cueto Ancela, José Luis¹; Hernández Molina, Ricardo¹; Sales Márquez, Diego¹

(1) Universidad de Cádiz. Laboratorio de Ingeniería Acústica.

Edificio C.A.S.E.M. Campus Río San Pedro

11510 Puerto Real (Cádiz). España

Tel: +34 956 016051

E-Mail: ricardo.gey@uca.es

ABSTRACT

Once developed the second round of Strategic Noise Maps of the major roads under the competence of the Regional Government of Andalusia, GARITA (GARITA is the Spanish acronym for Environmental Noise Management of Transport Infrastructures in Andalusia) tool was applied to the identification and rank of hot spots. GARITA was programmed under ArcGIS 10.0 platform, which guarantee the analysis of more than 1300 Km of roads in an easy and simple way. In this paper are presented the results and main conclusions after this set of analysis.

Keywords: Noise Action Plans.

RESUMEN

Una vez elaborados los Mapas Estratégicos de Ruido de la Red de Carreteras de Andalucía en su 2ª Fase, se empleó la herramienta GARITA (Gestión Ambiental del Ruido de Infraestructuras de Transporte de Andalucía) para la detección y priorización de zonas acústicamente conflictivas. La herramienta, implementada en el Sistema de Información Geográfica ArcGIS 10.0, se ejecutó sobre los más de 1300 km de carreteras estudiados. En esta comunicación se revisan los principios de diseño de GARITA y se presentan los principales resultados y conclusiones tras la implementación de la herramienta.

Palabras clave: Planes de Acción contra el Ruido

INTRODUCCIÓN

La adopción de la Directiva 2002/49/CE (END) [1] genera en la Junta de Andalucía (JA) como en tantos otros gobiernos europeos la responsabilidad de actuar contra el ruido ambiental. El primer paso de esta tarea implica el diagnóstico de la situación acústica ambiental. Esto se lleva a cabo mediante los Mapas Estratégicos de Ruido. Una de las variables más importantes que generan estos mapas es la estimación de la población expuesta a los diferentes niveles de ruido. La propia Junta tiene desarrollado un marco legislativo dentro del cual se establecen los objetivos de calidad para las distintas zonas acústicas. Una vez llevado a cabo el diagnóstico se debe actuar contra el ruido ambiental mediante los llamados, planes de acción.

La Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía consciente de su responsabilidad sobre los ciudadanos y con el afán de garantizar la calidad ambiental en el entorno de sus infraestructuras de carreteras pone en marcha y financia el proyecto GARITA [2] [3]. Su intención es la de sistematizar las tareas que deben llevarse a cabo entre los mapas estratégicos de ruido que se elaboren y la ejecución de las obras públicas que se definan en los proyectos que formen parte de los planes de acción. Los criterios que debían prevalecer son los relacionados con eficiencia y el coste económico. Para ello se diseñó una herramienta informática que permitiría que los expertos de la consejería pudieran auscultar la situación acústica de las distintas carreteras y definir las actuaciones contestando a fáciles preguntas como: ¿Dónde actuar? ¿Cuándo (con qué urgencia y en qué orden) actuar? ¿Cómo actuar? ¿Qué efectos (positivos/negativos) tendrá la actuación? ¿Cuánto dinero implica la actuación?

Esta herramienta es lo que llamaríamos un Sistema de Soporte a la toma de Decisiones, en otras palabras, para ayudar a los responsables a tomar decisiones usando datos relevantes, así como para clasificar los problemas (emisor-receptor). Para llevar a cabo la tarea, se diseñó como un sistema basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) ya que los SIG ofrecen una plataforma adecuada para el tratamiento de problemas espaciales como el ruido [4] [5] [6] y los técnicos de la JA ya están familiarizados con éstos. Otra ventaja es que aún herramientas de geo-procesamiento, algoritmos que soportan la lógica de las decisiones y gestión de base de datos geográficos; todo ello se conoce como Sistemas de Soporte a la Decisión o DSS [7] [8] [9].

Los pasos que deben estar implicados en este proceso son:

- Identificación de todos los puntos calientes (“hot spots” o puntos de conflicto) en relación a la normativa vigente.
- Clasificación de la gravedad de unos problemas respecto a otros mediante la incorporación de un indicador.
- Analizar las posibles alternativas para la minimización de dicho ruido valorando su eficacia y coste, y sus posibles efectos secundarios.
- Proponer la solución, y proporcionar los datos e informes que avalan dicha solución.
- Comparativa antes y después de la implantación de las medidas.

Pero nada es tan sencillo, ya que:

- No hay un indicador (de salud ambiental, de justicia ambiental) aceptado que normalice la casuística (edificios sensibles, residenciales, etc.).
- La siguiente es una cuestión controvertida: nosotros creemos que la identificación, clasificación y análisis de las zonas de conflicto y la propuesta de medidas contra el ruido no son pasos (cuestiones) independientes entre sí.
- Además, existe una dependencia entre la calidad de las estimaciones y calidad del mapa de ruido elaborado.

- Los aspectos micro no están contemplados en la mayoría de los mapas estratégicos de ruido.
- Hay aspectos que no se pueden resolver con la herramienta, y deben ser abordados externamente, como la eficacia de las medidas mediante el uso de software de propagación de ruido y la evaluación de la calidad del conjunto de información mediante visitas in situ, etc.

Con todo ello, los técnicos se encargarán de plantear las medidas correctivas y preventivas contra el ruido a corto, medio y largo plazo.

OBJECTIVOS

Esta comunicación tiene por objeto dos aspectos complementarios:

1. Describir los fundamentos metodológicos en los que se ha fundado la herramienta GARITA y cuál ha sido su evolución a lo largo del proyecto en relación a las necesidades de los técnicos de la Dirección General de Infraestructuras de la Consejería de Fomento y Vivienda y cuáles serán las futuras líneas que orienten su estructura.
2. Mostrar los resultados de su aplicación en los mapas estratégicos de ruido de la Red de Carreteras de Andalucía en su segunda fase.

PRINCIPIOS DE DISEÑO DE GARITA v.1

Principios generales

- Las soluciones técnicas contra el ruido que contempla la herramienta se limitan a:
 - a. Pantallas acústicas.
 - b. Renovación de asfalto. Asfalto poroso.
 - c. La reducción de la velocidad durante la noche (vehículos pesados).
 - d. Y, como última solución el aislamiento.
- Se utilizan solo los mapas Lnoche.
- Las zonas de conflicto (hot spots) son seleccionadas siguiendo los criterios de densidad de población expuesta (actualmente mediante la determinación de los edificios expuestos según el método END) por longitud de carreteras (clústeres donde se incorporan los edificios).
- Para analizar los clústeres se utiliza un indicador que normaliza la gravedad de las situaciones acústicas (niveles de ruido y personas expuestas) y las hace comparables. Se ha empleado un indicador ad hoc: el SVRA (Sistema de Valoración del Ruido Ambiental).
 - El indicador se calcula a partir de la población que se encuentra por encima de los objetivos de calidad acústica [10]. Todos los que están por debajo solo se consideran a efectos de estimar la mejora global de la situación antes/después.

Datos de entrada en formato SHAPE

- Eje central de la carretera (definición en X,Y). Polilínea con atributos: matrícula carretera a estudio, tipología (convencional, doble calzada, autovía), PK inicio, PK fin y longitud.
- Edificaciones. Polígonos con atributos: ID edificio, uso de edificio y zonificación acústica y número de plantas.

- Evaluación de edificios. Puntos que representan los centroides de los edificios con los datos asociados de personas y ruido (a 4 metros de altura sobre la fachada más expuesta).

Datos de salida

- *Salida numérica.* Hoja Excel con la lista de zonas (sectores de la carretera) con información del indicador acústico (SVRA), población afectada, nº de edificios afectados, identificador inequívoco de la zona (sector) y distancia a origen (DO) de su emplazamiento. por orden de problemas en relación al indicador. El indicador es sólo calculado cuando se supera el objetivo de calidad del tipo de edificación a estudio (residencial) [10].
 - a. La población se contabiliza de 2 maneras:
 - i. Teniendo en cuenta la población que supera los objetivos de calidad acústica.
 - ii. Toda la población (para calcular la eficacia que también incluye a gente por debajo de los objetivos de calidad)
 - b. Histograma (absoluto) por población y ruido real (no solo se provee indicador).
- *Mapa de coropleta.* Muestra los polígonos que representan los sectores en que se ha dividido la zona de influencia de la carretera. La información contenida en este Shapefile de salida es la misma de la hoja Excel. Existe la posibilidad de visualizar este mapa de coropleta sobre Google-Earth (exportándolo como archivo “.kml”).
- *Edificios afectados.* Identificación de los edificios, nº de residentes, ruido a 4 m en la fachada más expuesta y referencia catastral. Este último dato nos permite acceder a la dirección del edificio (calle, número y municipio).

La salida numérica de la herramienta nos permite priorizar los puntos de conflicto detectados a partir del índice acústico. Así mismo, nos permite calcular de manera indirecta los costes económicos de las soluciones de tipo barrera o asfalto fonoabsorbente, ya que sabemos los metros de la carretera que generan afección (en tramos de 100 en 100 m) y el emplazamiento de la población afectada; en margen izquierdo de la carretera, en margen derecho o en ambos a la par.

Externamente se calcula la eficacia y posibles efectos secundarios. Las soluciones de tipo barrera, asfalto poroso o reducción de velocidad (si fuera una solución técnica viable) pueden simularse mediante software predictivo.

Finalmente, una vez que contamos con información de costes y eficacia, se determinan y reordenan los casos por orden de prioridad. Este orden puede variar si tras la visita in situ a los puntos conflictivos se comprueba que la afección estimada es mayor a la real.

Aspectos que serán mejorados en la herramienta en la v.2

- DSS puede proporcionar decisiones fiables para estas situaciones repetitivas, pero no puede responder de forma creativa a circunstancias inusuales, situaciones abiertas, variables desconocidas o en escenarios complejos como el de las aglomeraciones.
- No analiza problemas relacionados con los mapas. No chequea la calidad del mapa.
- El análisis de edificios residenciales y sensibles se lleva por separado.
- Cuando se aplica a segmentos de carretera en curvas cerradas puede dar problemas ya que 100 m lineales de carretera no están relacionados siempre con la misma superficie de análisis.
- La eficacia de las medidas se realiza externamente.
- Las posibles medidas contra el ruido y el método de análisis por clústeres están vinculados; de tal manera que no es lo mismo la solución barrera, asfalto, velocidad y

aislamiento. Por ejemplo, si pudiéramos activar sólo la opción “BARRERA”, GARITA estaría programado para considerar un segmento de longitud 100 metros en sentido longitudinal a la reserva central de la carretera. Estos segmentos marcan las zonas de búfer de la derecha y de la izquierda (separadamente) de la carretera para obtener un mapa de coropleta. Estos mapas proporcionarían una manera fácil de visualizar cómo la densidad de habitantes junto con su indicador de ruido [2] [3] varía de izquierda a derecha a lo largo de la carretera. GARITA podría comparar todos los perfiles de índice a derecha e izquierda de la carretera, en busca de picos máximos del índice cuando la solución es barreras acústicas. Esto requeriría, en primer lugar, la reunificación de toda la población a la derecha y a la izquierda de la carretera, y en segundo lugar, generar una ventana deslizante de análisis de datos de tamaño 400 metros y que se movería en pasos de 100 metros para ayudar a encontrar la mayor población expuesta acumulada. Sin embargo, la opción “ASFALTO” analizaría a la vez los márgenes izquierdo y derecho en tramos de 1000 metros con ventanas de análisis deslizantes.

RESULTADOS EN LAS CARRETERAS DE ANDALUCIA

Se ha aplicado GARITA sobre un total de 96 UMEs (Unidades de Mapa Estratégico), que representan algo más de 1333 km de la Red de Carreteras de Andalucía (RCA). En la Tabla 1 se muestran los datos más relevantes obtenidos tras la ejecución de esta herramienta.

PROVINCIA	UMEs	KM	SVRA TOTAL	POBLACIÓN AFECTADA	SECTORES ESTUDIADOS	SECTORES AFECTADOS
ALMERÍA	11	185,0	6946	3936	3775	6,3%
CÁDIZ	11	219,1	2435	1619	4436	3,6%
CÓRDOBA	4	21,7	12378	5248	440	11,1%
GRANADA	8	253,8	11737	4294	5238	5,2%
HUELVA	11	110,0	6830	4027	2182	7,3%
JAÉN	2	43,5	43	32	802	1,5%
MÁLAGA	16	192,1	17044	9533	3820	9,5%
SEVILLA	33	308,0	64842	25706	6282	13,4%
TOTALES	96	1333,2	122255	54395	26975	7,7%

Tabla 1

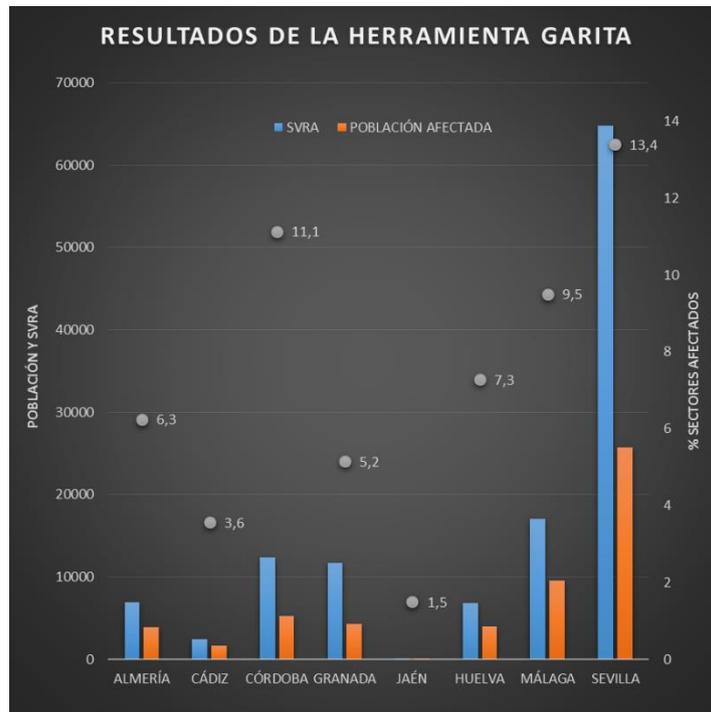


Fig. 1. Resultados globales de la herramienta GARITA por provincia

En la Figura 1 se muestran los resultados globales de la herramienta GARITA para cada provincia andaluza. La suma del índice acústico SVRA de las carreteras a estudio por provincia es mayor en la de Sevilla, donde también encontramos el mayor número de población afectada por ruido nocturno. Del mismo modo, es en esta provincia donde se da el mayor porcentaje de sectores (fracciones en que se ha dividido el área de influencia de las carreteras) con afección acústica según el indicador Lnoche.

Resultados por provincia evaluando la solución de tipo barrera acústica

A continuación se muestran para cada provincia los diez sectores de carretera más afectados por ruido según el indicador Lnoche. Se estudia de manera independiente cada sentido de la marcha.

PROVINCIA	UME	MARGEN	IDSECTOR	DO SECTOR	SVRA	POBLACIÓN
ALMERÍA	A1050	IZQ	92 IZQ A-1050	9,2	414	116
	A1050	DER	29 DER A-1050	2,9	377	118
	A1050	DER	95 DER A-1050	9,5	251	101
	A1050	DER	94 DER A-1050	9,4	241	79
	A1050	IZQ	21 IZQ A-1050	2,1	238	196
	A1050	DER	22 DER A-1050	2,2	235	194
	A1050	IZQ	26 IZQ A-1050	2,6	184	119
	A1050	DER	91 DER A-1050	9,1	180	50
	A1050	IZQ	93 IZQ A-1050	9,3	159	54
	A1050	DER	37 DER A-1050	3,7	156	132
CÁDIZ	A383	IZQ	73 IZQ A-383	7,3	271	184
	A491	IZQ	266 IZQ A-491	26,6	204	150
	A383	IZQ	60 IZQ A-383	6	148	83
	A491	DER	273 DER A-491	27,3	93	63
	A491	DER	274 DER A-491	27,4	92	63
	A314	DER	89 DER A-314	8,9	55	42
	A2075	DER	46 DER A-2075	4,6	48	48
	A381	IZQ	1 IZQ A-381	0,1	45	36
	A381	IZQ	806 IZQ A-381	80,6	45	14
	A491	DER	0 DER A-491	0	41	28
	A431	IZQ	5 IZQ A-431	0,5	1490	385

PROVINCIA	UME	MARGEN	IDSECTOR	DO SECTOR	SVRA	POBLACIÓN
CÓRDOBA	A431	DER	4 DER A-431	0,4	1166	301
	A431	DER	0 DER A-431	0	1056	331
	A431	IZQ	28 IZQ A-431	2,8	943	777
	A431	IZQ	9 IZQ A-431	0,9	765	291
	A431	IZQ	7 IZQ A-431	0,7	711	215
	A431	IZQ	6 IZQ A-431	0,6	592	153
	A431	DER	5 DER A-431	0,5	571	160
	A431	IZQ	1 IZQ A-431	0,1	540	169
	A431	IZQ	4 IZQ A-431	0,4	503	130
GRANADA	A92G	DER	21 DER A-92G	2,1	1171	170
	A92G	DER	23 DER A-92G	2,3	1034	205
	A92G	DER	24 DER A-92G	2,4	581	104
	A92G	DER	15 DER A-92G	1,5	460	82
	A92-3	IZQ	472 IZQ A-92	223,86	356	64
	A92-3	IZQ	475 IZQ A-92	224,16	321	58
	A92G	DER	20 DER A-92G	2	306	49
	A92G	IZQ	37 IZQ A-92G	3,7	247	84
	A92G	DER	19 DER A-92G	1,9	204	84
	A92G	DER	25 DER A-92G	2,5	200	55
HUELVA	A5000	DER	96 DER A-5000	9,6	225	92
	A5000	DER	97 DER A-5000	9,7	219	85
	A5000	DER	95 DER A-5000	9,5	218	95
	A5000	IZQ	92 IZQ A-5000	9,2	183	57
	A493	IZQ	39 IZQ A-493	3,9	182	81
	A497	IZQ	0 IZQ A-497	0	169	169
	A493	IZQ	42 IZQ A-493	4,2	162	42
	A492	IZQ	2 IZQ A-492	0,2	152	125
	A5056	DER	28 DER A-5056	2,8	144	106
	A492	IZQ	7 IZQ A-492	0,7	139	69
JAÉN	A316-2	IZQ	263 IZQ A-316	67,71	9	5
	A316-2	IZQ	282 IZQ A-316	69,61	7	5
	A316-2	IZQ	281 IZQ A-316	69,51	6	5
	A316-2	DER	269 DER A-316	68,31	5	2
	A316-2	IZQ	264 IZQ A-316	67,81	4	4
	A316-2	DER	301 DER A-316	71,51	3	2
	A316-2	DER	313 DER A-316	72,71	3	3
	A316-2	DER	188 DER A-316	60,21	2	2
	A316-1	IZQ	26 IZQ A-316	2,6	1	1
A316-2	DER	187 DER A-316	60,11	1	1	
MÁLAGA	A368	DER	72 DER A-368	12,2	1331	745
	A7282	IZQ	54 IZQ A-7282	14,74	527	273
	A368	DER	71 DER A-368	12,1	509	326
	A7057	DER	3 DER A-7057	0,3	418	131
	A387	IZQ	57 IZQ A-387	16,76	347	160
	A368	DER	64 DER A-368	11,4	282	232
	A368	DER	23 DER A-368	7,3	275	187
	A368	DER	65 DER A-368	11,5	262	233
	A7054	DER	123 DER A-7054	12,3	257	175
	A368	DER	70 DER A-368	12	252	211
SEVILLA	A92_1	IZQ	99 IZQ A-92	9,9	3286	475
	A92_1	DER	101 DER A-92	10,1	1548	255
	A376	DER	23 DER A-376	2,3	1232	560
	A92_1	DER	102 DER A-92	10,2	1219	219
	A92_1	DER	99 DER A-92	9,9	1201	601
	A92_1	IZQ	32 IZQ A-92	3,2	1159	136
	A92_1	DER	19 DER A-92	1,9	1034	267
	A92_1	DER	25 DER A-92	2,5	1024	114
	A376	IZQ	24 IZQ A-376	2,4	1014	364
A376	IZQ	25 IZQ A-376	2,5	864	223	

Tabla 2

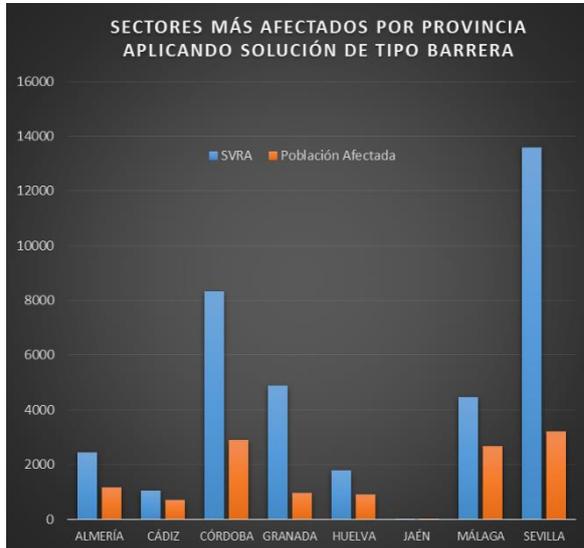


Fig. 2. Representación de sectores mostrados en la Tabla 2 por provincia

En la Figura 2 se aprecia que los máximos valores de SVRA se encuentran en sectores de las carreteras de la provincia de Sevilla, seguida de la provincia de Córdoba, al estudiar el kilómetro más afectado por ruido nocturno.

Sin embargo, se observa que la población afectada en este kilómetro es similar en las provincias de Sevilla, Córdoba y Málaga.

Para poblaciones similares afectadas, como es el caso de las tres provincias mencionadas, un mayor valor del índice acústico SVRA evidencia la existencia de mayores niveles de exposición a ruido nocturno.

CONCLUSIONES

- Los MER de la RCA en la segunda fase, muestran un promedio de 41 personas afectadas por ruido nocturno y por km de carretera. La máxima concentración de población expuesta está en Córdoba con 242 personas por km y la mínima en Jaén con 1 persona por km. Sin embargo, se aprecia que los mayores valores del indicador acústico por persona se dan en Granada.
- La herramienta GARITA va a evolucionar en la versión 2 en capacitarla para hacer análisis en 3 dimensiones, lo que nos permitirá dar resultados más ajustados a la realidad.
- En esta comunicación presentamos los diez sectores con mayores indicadores de exposición por provincia. Con GARITA podemos evaluar medidas de mitigación como el asfalto, la velocidad, o incluso la barrera, que requieren una continuidad. Así tendremos un indicador general para todos los sectores con lo que podremos evaluar la eficacia antes/después y el coste de dicha medida. De esta manera podremos seleccionar la mejor solución de las propuestas.

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 Obra Pública 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] Cueto, J.L.; et al. *Sistema de Gestión Ambiental del Ruido de las Infraestructuras de Transporte en Andalucía*. Tecniacústica. Évora. 2012.

- [3] Cueto, J.L.; et al. *Herramienta SIG para la toma de decisiones en la lucha contra el ruido de grandes infraestructuras de tráfico en Andalucía: proyecto GARITA*. Tecniacústica. Valladolid. 2013.
- [4] SILENCE (Sustainable Development Global Change and Ecosystems). *Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans*. 2008 <http://www.silence-ip.org/>
- [5] SMILE (Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment), *Guidelines for Road Traffic Noise Abatement*. 2004
- [6] Desanghere, G. QCITY Quiet City Transport DELIVERABLE 6.2 Part 1 - *General measures for noise mitigation* January 31, 2007 <http://www.qcity.org/>
- [7] Polinder, H.; et al. QCITY Quiet City Transport DELIVERABLE 6.3 *Decision support tool* December, 2008 <http://www.qcity.org/>
- [8] 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/>
- [9] Heich H., SILENCE (Sustainable Development Global Change and Ecosystems) WP I.4 *Upgrade of Decision Support System*. February 2008 <http://www.silence-ip.org/>
- [10] 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.