

## ASPECTOS PROBLEMÁTICOS PARA EL ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE RESULTADOS DE LOS MER DE PRIMERA Y SEGUNDA FASE.

**Arana, M.; San Martín, R.; Nagore, I.; Pérez, D.;**

Departamento de Física. Universidad Pública de Navarra  
Campus de Arrosadía. 31006. Pamplona. Spain  
marana@unavarra.es

### Resumen

Cumpliendo con los requisitos de la Directiva Europea 2002/49/EC y la Ley 37/2003 del Ruido, se realizó el Mapa Estratégico de Ruido (MER) de la Aglomeración de la Comarca de Pamplona (Agl\_ACP\_19) en el año 2007. Recientemente, se ha ultimado el MER correspondiente a la segunda fase. A nivel práctico, el aspecto más importante de estos trabajos debiera ser el estudio comparativo sobre la evolución de la contaminación acústica y de la efectividad de los planes de acción que necesariamente tuvieron que diseñarse en la primera fase de aplicación. No obstante, son múltiples las circunstancias que dificultan una comparativa rigurosa. Como ejemplo, las continuas implementaciones en los algoritmos de cálculo dificultan la precisa cuantificación de la influencia de las potencias acústicas de las fuentes. Como segundo ejemplo, las variaciones en la información catastral (así como la propia metodología de evaluación) ponen en duda la verdadera causa de la reducción o incremento del porcentaje de personas afectadas. En el presente trabajo se describen (para algunas variables) las dificultades que conlleva el estudio comparativo

**Palabras-clave:** Mapas de ruido, métodos computacionales, Directiva Europea, Ley 37/2003.

### Abstract

Fulfilling with the requirements of the European Directive 2002/49/EC and the Spanish Law 37/2003 the Strategic Noise Map of the agglomeration of the region of Pamplona (Agl\_ACP\_19) was carried out in 2007. Recently, it has completed the Strategic Noise Map corresponding to the second phase. From a practical point of view, the most important aspect of these works should be the comparative study on the evolution of noise pollution and the effectiveness of action plans that necessarily had to be designed in the first phase of the Directive implementation. However, there are many circumstances hindering a rigorous comparison. As an example, continuous improvements in the calculation algorithms hinder the accurate quantification of the influence of the acoustic powers of the sources. As a second example, variations in the cadastral information (as well as the evaluation methodology itself) call into question the true cause about the reduction or increase in the percentage of people affected by noise. In this paper, the difficulties of such comparative study are described.

**Keywords:** Noise maps, computational methods, END, Law 37/2003.

**PACS no. 43.50.Rq, 43.50.Sr.**

## 1 Introducción

El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea aprobaron la Directiva Europea 2002/49 de 25 de junio de 2002 [END, 2002] sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, con el objeto de establecer un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos, incluyendo las molestias, de la exposición al ruido ambiental. Asimismo, la Directiva tiene por objeto sentar unas bases que permitan elaborar medidas comunitarias para reducir los ruidos emitidos por las principales fuentes, en particular vehículos e infraestructuras de ferrocarril y carretera, aeronaves, equipamiento industrial y de uso al aire libre y máquinas móviles.

La Directiva introduce y define los indicadores de ruido  $L_{den}$ ,  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$  y  $L_{night}$ , los conceptos de *aglomeración*, *grandes ejes viarios y ferroviarios*, *gran aeropuerto*, así como los de *mapa de ruido* y *planes de acción*. Articula los métodos de evaluación y la temporización para la elaboración de los mapas de ruido y los planes de acción.

La Directiva fue traspuesta al derecho español mediante la Ley 37/2003, o Ley del Ruido, a la que se dio la consistencia de ley básica [LAW 37, 2003]. Dispone con precisión la distribución competencial en materia de contaminación acústica. Contiene las previsiones del proyecto sobre calidad acústica, definida como el grado de adecuación de las características acústicas de un espacio a las actividades que se realizan en su ámbito. Introduce el concepto de *áreas acústicas* como zonas del territorio que comparten idénticos objetivos de calidad acústica, con dos supuestos especiales que son, de una parte, las reservas de sonidos de origen natural, y, de otra parte, las zonas de servidumbre acústica. Prioriza las acciones preventivas y correctoras tales como la planificación territorial y el planeamiento urbanístico, debiendo tener en cuenta siempre los objetivos de calidad acústica de cada área acústica a la hora de acometer cualquier clasificación del suelo, aprobación de planeamiento o medidas semejantes.

El RD 1513/2005, de 16 de diciembre, [RD 1513, 2005] fue el primer desarrollo de la Ley del Ruido. Regula determinadas actuaciones como son la elaboración de mapas estratégicos de ruido (MER) para determinar la exposición de la población al ruido ambiental, la adopción de planes de acción para prevenir y reducir el ruido ambiental así como poner a disposición de la población la información sobre ruido ambiental y sus efectos y aquella de que dispongan las autoridades competentes en relación con el cartografiado acústico y planes de acción derivados, en cumplimiento del mismo. El RD 1367/2007, de 19 de octubre [RD 1367, 2007] completó el desarrollo de la Ley del Ruido. En él se definen índices de ruido y de vibraciones, sus aplicaciones, efectos y molestias sobre la población y su repercusión en el medio ambiente; se delimitan los distintos tipos de áreas y servidumbres acústicas definidas en el artículo 10 de la Ley del Ruido; se establecen los objetivos de calidad acústica para cada área, incluyéndose el espacio interior de determinadas edificaciones; se regulan los emisores acústicos fijándose valores límite de emisión o de inmisión así como los procedimientos y los métodos de evaluación de ruidos y vibraciones.

## 2 Mapas de ruido y planes de acción

Dos de las principales herramientas para la evaluación y gestión del ruido ambiental contemplados por la Directiva son los ‘Mapas de ruido’ y los ‘Planes de Acción’. Un mapa de ruido es la representación cartográfica de un determinado índice acústico (principalmente  $L_{den}$  y  $L_{night}$ ) diseñada para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada, debido a la existencia de distintas

fuentes de ruido, o para poder realizar predicciones globales para dicha zona. Las predicciones mediante herramientas computacionales tienen la ventaja de que, una vez recopilados todos los datos relativos a las fuentes y cartografiado, el cálculo es rápido. Además (y este es, probablemente, su principal atractivo) permite ensayar las mejoras que se inducen de diferentes alternativas planteadas tales como reorganización de tráfico, cambios en el medio, etc. En definitiva, ensayar y predecir en el modelo las acciones a llevar a cabo en los planes de acción. La Directiva deja entrever una preferencia por este método. La tendencia parece clara al respecto, en el sentido de elaborar mapas estratégicos por medios computacionales.

Los Planes de Acción son planes encaminados a afrontar las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos, incluida la reducción del ruido si fuere necesario. Según la Directiva, la adopción de planes de acción por los Estados miembros debe tomar como base los resultados de los mapas de ruidos, con vistas a prevenir y reducir el ruido ambiental siempre que sea necesario y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana, y a mantener la calidad del entorno acústico cuando ésta sea satisfactoria.

### 3. Planes de acción en la ACP

En la elaboración de los Planes de Acción del Ruido (PAR) de la Aglomeración de la Comarca de Pamplona (ACP) se contemplaron las siguientes fases:

Fase 1. Diagnóstico de la situación acústica actual.

Se analizaron y evaluaron, en base a los resultados de los MER y a la zonificación acústica del territorio, los lugares en donde se superan los objetivos de calidad acústica y era preciso establecer actuaciones. En todo este proceso se contó con todos y cada uno de los Ayuntamientos que estuvieran potencialmente afectados, acordando con los mismos la zonificación acústica del territorio.

Fase 2: Establecimiento de las directrices generales para el desarrollo de los PAR

Una vez aprobada la Clasificación Acústica y calculadas las zonas de incompatibilidad se realizó una clasificación de las incompatibilidades en orden a su priorización.

Para tal clasificación se definieron tres parámetros:

- Afección: En función del número de personas afectadas.
- Viabilidad / Eficacia: En función del nivel de complejidad de la actuación y de la reducción que produce la medida correctora.
- Prioridad: En función de los dos parámetros anteriores se valoró como *alta*, *media* o *baja* y sirvió como indicador final de la clasificación.

En esta fase, por tanto, se establecieron las directrices básicas que guiaron los PAR de una manera homogénea y coherente, y se establecieron las líneas principales de actuación a nivel global en todo el territorio afectado por los MER en la Comunidad Foral de Navarra.

Fase 3. Elaboración de los PAR en la Comunidad Foral de Navarra

Esta última fase comprendió la realización de los planes de acción específicos, con propuestas de actuación particulares, definición y desarrollo de planes zonales y planteamiento de planes piloto.

Sin duda, uno de los aspectos más problemáticos en el anterior proceso es la aprobación de la zonificación acústica, con notables repercusiones en la política territorial y el urbanismo. La Directiva ya contemplaba la *planificación acústica* como herramienta para el control del ruido futuro mediante medidas planificadas, como la ordenación territorial, la ingeniería de sistemas de gestión del tráfico, la

ordenación de la circulación, la reducción del ruido con medidas de aislamiento acústico y la lucha contra el ruido en su origen. El más importante desarrollo de la Ley del Ruido incluye la zonificación acústica en su título y exige que tanto en la planificación territorial como en los instrumentos de planeamiento urbanístico, tanto a nivel general como de desarrollo, se incluya la zonificación acústica del territorio en áreas acústicas de acuerdo con las previstas en la citada Ley. Concretamente, las áreas acústicas se clasificarán, en atención al uso predominante del suelo, en los tipos que determinen las comunidades autónomas, las cuales habrán de prever, al menos, los siguientes:

- Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.
- Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.
- Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.
- Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en el párrafo anterior.
- Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra la contaminación acústica.
- Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.
- Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

La figura 1 muestra, a modo de ejemplo, un cruce de mapeado acústico con capa de zonificación acústica. Se muestran tanto las zonas de incompatibilidad existentes como las limitaciones acústicas a que están expuestos los futuros desarrollos. Este primer ejemplo es una muestra de la potencia de las herramientas de cálculo y del mapeado acústico.

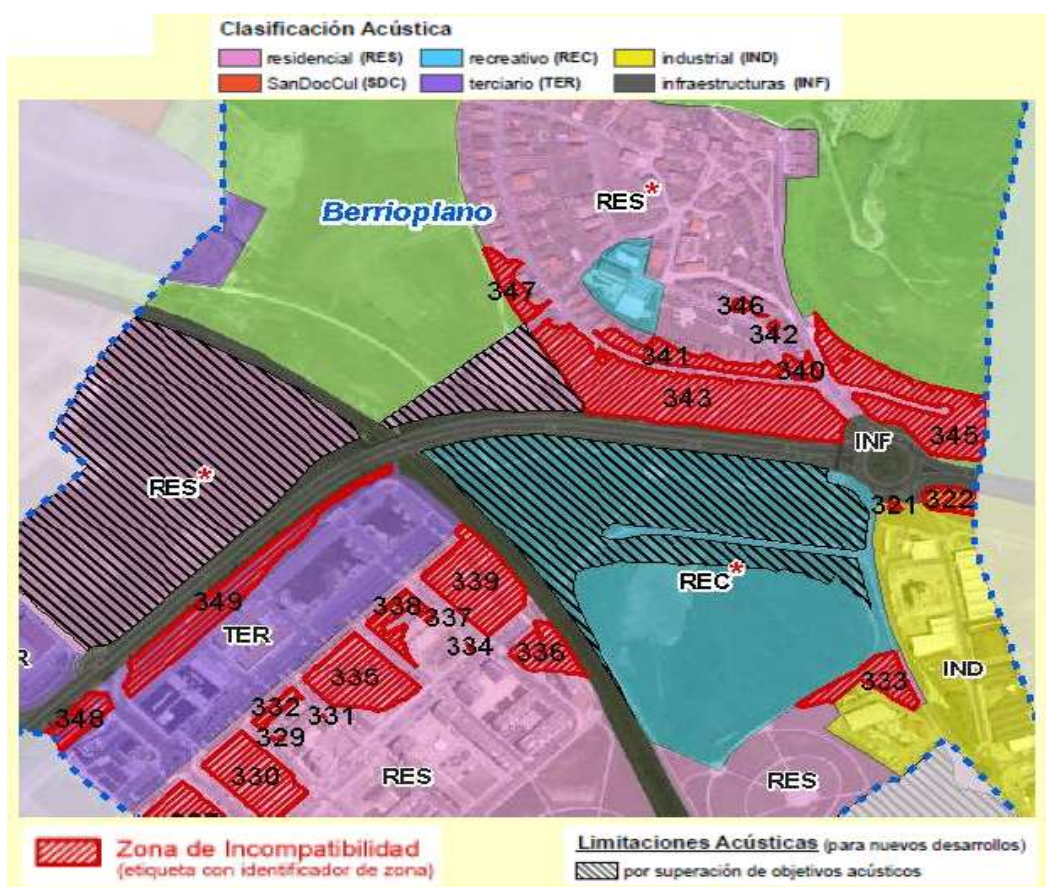


Fig. 1 Detección y clasificación de incompatibilidades

### **3. Comparativa MER1-MER2 en la ACP**

Muy recientemente, se han finalizado los MER2 de la ACP. Previsiblemente, saldrán a información pública en el mes de septiembre del año en curso. No obstante, se pueden adelantar algunos resultados comparativos, mostrando los aspectos que hacen problemática la estricta comparación, a efectos de incremento o disminución de la afección que el ruido ocasiona tanto en el espacio como en la población afectada.

#### **3.1 Delimitación y población.**

Por razones de coherencia con los términos municipales afectados y entes territoriales (principalmente, la Mancomunidad de Residuos de la Comarca de Pamplona) se decidió ampliar la delimitación de la ACP en los MER2 respecto a los MER1. Esta situación es esperable en actualizaciones de los mapas de ruido, por nuevos desarrollos urbanísticos que pueden alterar los criterios de definición de aglomeración, según el Anexo VII del RD 1513/2005. Concretamente, la ACP pasó de una superficie de 127,41 km<sup>2</sup> y población de 280.199 habitantes (MER1) a una superficie de 134,12 km<sup>2</sup> y población de 317.142 habitantes (MER1).

#### **3.2 Índices, Métodos de Cálculo y Software**

Obviamente, los índices utilizados para el cartografiado del ruido se han mantenido (Lden, Ln, Ld y Le). Este aspecto era uno de los objetivos de unificación de la Directiva. Asimismo, los métodos de cálculo utilizados, se han mantenido: ISO 9613-2 para ruido industrial, AIRCRAFT NOISE: ECAC.CEAC Doc. 29 para ruido de aeronaves, NMPB-Routes-96 para el ruido de tráfico rodado y Reken'96 para el ruido ferroviario. No obstante, el método francés ha sido actualizado (NMPB-Routes-2008).

Respecto de los software, Cadna fue usado para los MER1 y SoundPlan se ha utilizado para los MER2. Puesto que ambos programas implementan los mismos modelos de cálculo, no debiera ser ésta causa de diferencias. Sin embargo, las configuraciones de cálculo (profundidad de reflexión, distancia a reflectores, distribución de receptores, etc.) no es similar, por lo que son esperables ligeras diferencias [Arana et al., 2010]. Todavía más, las continuas actualizaciones de los programas, con algoritmos mejorados, originan diferencias prácticamente imposibles de cuantificar. Previsiblemente, los próximos mapas de ruido deberán ser elaborados con un nuevo modelo de cálculo, al menos para el tráfico rodado [CNOSSOS-EU, 2010].

#### **3.3 Cartografía**

La precisión en los datos cartográficos está mejorando considerablemente en los últimos años. En el caso de la ACP, este aspecto ha sido muy notable. De un Modelo Digital del Terreno (DTM) triangulado en base a 39.930 puntos de elevación, 22.903 iso-líneas y 12.703 curvas (con precisión en altura no mejor de 1 m) utilizado para los MER1, se ha pasado a un grid de 5 x 5 m (con un total de de 5.364.800 puntos) con precisión de 0,2 m. Cierta diferencias pueden ser achacables al MDT [Arana et al. 2011].

#### **3.4 Base de datos para el cálculo**

La entrada de datos relativos a las fuentes de ruido es, sin lugar a dudas, la tarea más costosa de la elaboración de un mapa de ruido en tramados urbanos. Concretamente, los relativos a vías de tráfico y fuentes de ruido industrial. En el caso de la ACP, se utilizaron 7.441 viales de tráfico y 538 fuentes industriales (además de un aeropuerto y una línea férrea) para la elaboración de los MER1. Para los MER2, se han utilizado 11.627 viales de tráfico (siendo 11.060 del tramado urbano y 567 tramos pertenecientes a los GEV incluidos dentro de la ACP). Resulta prácticamente imposible la aforación exacta anual (además, por periodos horarios) de todos los viales de tráfico. Es fundamental, por tanto, explicar los criterios utilizados para la extrapolación (inevitable) de los viales no aforados. Respecto de los focos industriales, se han utilizado un total de 130 (29 focos puntuales, 11 lineales y 90 superficiales).

### 3.5 Población afectada

Cuantificar la población afectada es, probablemente, el aspecto más importante de los mapas de ruido. Una diferencia fundamental se produjo en los MER2 de la ACP respecto de los MER1. En esta segunda fase, la evaluación se hizo en fachada, mientras en la primera fase la evaluación en fachada se realizó utilizando el punto del grid (evaluado a 4 m de altura) más próximo a la fachada considerada. Se producen diferencias entre ambos métodos [Arana et al. 2009]. Mostramos los resultados de personas afectadas, tanto para los MER2 como para los MER1.

Tabla 1. Personas expuestas (en centenas) en los MER1 y MER2 de la ACP. Índice Lden.

Lden (dB)	55-60		60-65		65-70		70-75		≥ 75	
	MER2	MER1	MER2	MER1	MER2	MER1	MER2	MER1	MER2	MER1
<b>Rodado</b>	826	683	779	857	360	376	50	44	0	1
<b>Ferrovionario</b>	10	8	3	1	0	0	0	0	0	0
<b>Aéreo</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Industria</b>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>830</b>	<b>683</b>	<b>789</b>	<b>864</b>	<b>363</b>	<b>378</b>	<b>50</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

Tabla 2. Personas expuestas (en centenas) en los MER1 y MER2 de la ACP. Índice Ln.

Ln (dB)	50-55		55-60		60-65		65-70		≥ 70	
	MER2	MER1	MER2	MER1	MER2	MER1	MER2	MER1	MER2	MER1
<b>Rodado</b>	694	842	244	323	27	34	0	1	0	0
<b>Ferrovionario</b>	7	6	1	1	0	0	0	0	0	0
<b>Aéreo</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Industria</b>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>715</b>	<b>856</b>	<b>251</b>	<b>328</b>	<b>27</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Las figuras 2 y 3 muestran los resultados de afección de ambos MER en forma gráfica. Se constata una apreciable disminución en el porcentaje de personas expuestas a elevados niveles sonoros (Lden > 60 dBA y Ln > 50 dBA). Concretamente, de un porcentaje del 45.9 % de población expuesta a niveles Lden por encima de 60 dBA (MER1) a un porcentaje del 37,9 de población expuesta a niveles Lden por encima de 60 dBA (MER2). Estos resultados parecen también confirmar resultados

anteriores, obtenidos mediante mapas experimentales [Arana, 2010]. En el momento presente, estamos analizando con detalle las causas de tales variaciones. Dos de las razones más plausibles son las siguientes. En primer lugar, los datos de entrada de aforaciones del tráfico rodado han sido, en los MER2, bastante más realistas y precisas que los datos de que se disponía en los MER1. En segundo lugar, además de cambio de programa, se ha modificado la metodología de cálculo, tanto en cuanto a evaluación exacta en fachada en los MER2 como en cuanto a asignación de receptores, también de bastante mayor precisión en los MER2.

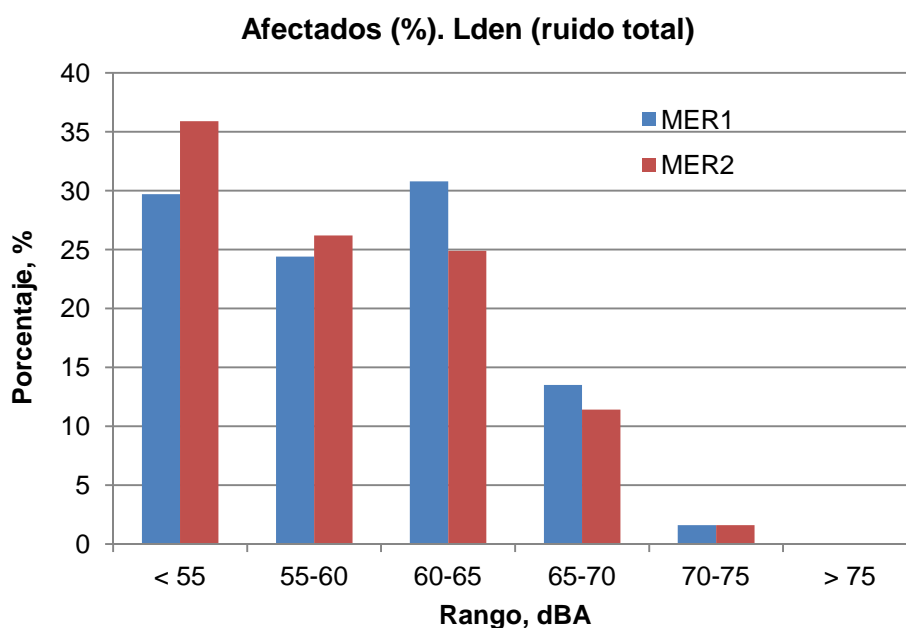


Fig. 2 Porcentaje de población afectada en los MER1 y MER2 de la ACP. Índice Lden.

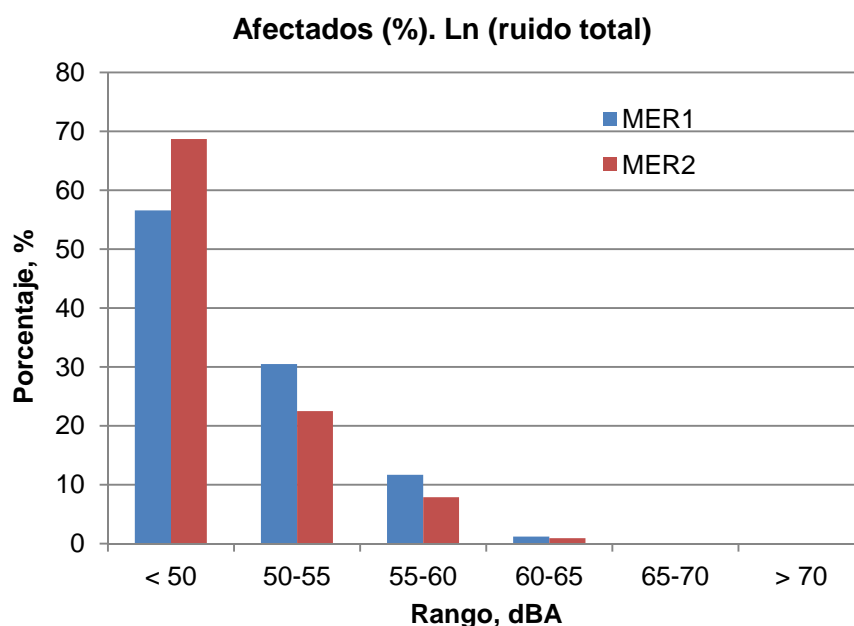


Fig. 3 Porcentaje de población afectada en los MER1 y MER2 de la ACP. Índice Ln.

## 4. Conclusiones

En el momento presente, se están ultimando los mapas estratégicos de ruido de la Aglomeración de la Comarca de Pamplona, correspondientes a la segunda fase. Los datos disponibles permiten una primera comparación global, al menos sobre los porcentajes de población expuesta a los diferentes índices ( $L_{den}$  y  $L_n$ ) y rangos de niveles sonoros. Se constata una disminución en los porcentajes de población afectada a niveles  $L_{den} > 60$  dBA y  $L_n > 50$  dBA. El análisis que (por ahora) permiten los datos disponibles apunta a que la causa principal es debida a una mayor precisión en los datos de entrada de aforaciones de viales, bastante más precisos en los MER2 que en los MER1.

No obstante lo anterior, se apuntan diversas causas (ciertamente difíciles de controlar y cuantificar) debidas al procedimiento computacional utilizado, el cual involucra cambio de programas de cálculo, modificación de los algoritmos de cálculo, modificación del modelo digital del terreno, cambios en los procedimientos de registro catastral, etc. En el momento presente, estamos llevando a cabo un análisis más profundo y detallado de todas estas variables que nos permita concretar y cuantificar las causas de los cambios producidos en el porcentaje de personas afectadas, en la elaboración de los MER2 de la ACP, respecto de los MER1.

## Referencias

- [1] END, (2002), 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] Law 37/2003, (2003), BOE n. 276, pp: 40494-40505 (in Spanish).  
<http://www.boe.es/boe/dias/2003/11/18/pdfs/A40494-40505.pdf>
- [3] RD 1513/2005, (2005), BOE n. 301, pp: 41356-63.
- [3] RD 1367/2007, (2007), BOE n. 254, pp: 42952-73 (in Spanish)  
<http://www.boe.es/boe/dias/2007/10/23/pdfs/A42952-42973.pdf>RD 1513, 2005
- [4] Arana, M.; San Martín, R.; San Martín, M.L.;Aramendía, E., (2010), Strategic noise map of a major road carried out with two environmental prediction software., Environ. Monit. Assess. 163:503–513
- [6] CNOSSOS-EU, (2010), Draft JRC Reference Report1 on Common NOise ASSessment MethOdS in EU.
- [7] Arana, M.; R. San Martín ; I. Nagore; D. Pérez (2011) «What precision in the Digital Terrain Model is required for noise mapping?» Applied Acoustics 72 pp. 522-526
- [8] Arana, M.; R. San Martín; I. Nagore; D. Pérez (2009) «Using noise mapping to evaluate percentage of people affected by noise» Acta Acustica 95 (3) 550-554
- [9] Arana, M.; (2010), Are urban noise pollution levels decreasing?, J. Acoust. Soc. Am. ISSN 0001-4966, 127 (4), pp. 2107-2109