



## **¿QUÉ ES Y CÓMO SE HACE UN MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO EN CARRETERAS?**

PACS: 43.50.Rq

González García, Miguel Ángel  
Infraestructuras, Cooperación y Medio Ambiente, S.A.  
Alfonso XII nº 52  
28014 Madrid  
Tel: 915 399 566  
Fax: 914 684 183  
E-mail: Miguel@iycsa.com

### **ABSTRACT**

We are now at the first phase of the development of Noise European Directive, with the elaboration of the strategic Noise Maps (ENM). The achievement of these works find difficulties both in their content and the working methodology. This paper looks for contributing to clarify these aspects, for the case of ENM of lineal infrastructures, on the basis of the experience in making these works for National Roads in Spain.

### **RESUMEN**

En la actualidad nos encontramos en una primera Fase de ejecución de la directiva del ruido, con la redacción de los Mapas Estratégicos de Ruido. El desarrollo de estos trabajos presenta dificultades tanto en relación a su contenido como a la metodología de realización, que sería deseable aclarar para facilitar su realización por parte de las administraciones. Esta comunicación pretende contribuir en este sentido para los MER de infraestructuras lineales, basándose en la experiencia acumulada por la participación en estos trabajos

### **¿QUE ES UN MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO?. EXIGENCIAS PARA LOS MAPAS ESTRATÉGICOS. CONTENIDO**

Un Mapa Estratégico de Ruido es un documento técnico que, empleando una serie de indicadores acústicos (Lden, Lnoche, Ldía y Ltarde), permite:

- evaluar cuales son los niveles de ruido que soporta la población residente en el ámbito de estudio, o algunos usos especialmente sensibles (colegios y hospitales) por efecto de las fuentes de ruido analizadas
- identificar, por análisis de los resultados, las zonas con afecciones de mayor o menor importancia, contra las que se debe luchar en los planes de acción
- representar los niveles de ruido calculados en unas ciertas condiciones reconocidas por la administración responsable, lo que puede orientar la ordenación territorial a futuro (las zonas de servidumbre de una infraestructura)

Estos trabajos técnicos deben elaborar y representar la información que es solicitada por la Unión Europea, y que debe remitirse a esta:

- Descripción general de la infraestructura/fuente de ruido
- Caracterización del entorno
- Programas y medidas de lucha contra el ruido ya implementadas
- Método de medición o cálculo
- Nº de viviendas, personas, colegios y hospitales expuestos a diferentes niveles de Lden y Lnoche
- Superficies del territorio expuestas a más de ciertos niveles de Lden

Los primeros trabajos de Cartografiado Estratégico del ruido en el Estado Español han sido puestos en marcha por el Ministerio de Fomento en la Red de carreteras del estado, lo que ha permitido definir una metodología de trabajo y unas formas de representación de resultados adecuada y adaptable en general a los MER. En esta presentación se pretende contribuir, a aclarar los aspectos básicos sobre el contenido y metodología para estos trabajos. De acuerdo a la metodología definida, los MER se elaborarían en sucesivos grados de detalle:

- a 1:25.000 para todo el territorio estudiado –Fase A-
- a 1:5.000 para las zonas densamente urbanizadas con niveles de ruido importante – Fase B-

Esta forma de trabajo permite estudiar cualquier punto del territorio nacional, que siempre puede realizarse al menos a escala 1:25.000, y que generalmente puede analizarse a mayor detalle en las zonas de naturaleza más urbana, cuando esto sea necesario. El contenido de un MER, definido para responder a los diferentes requisitos marcados por la normativa, constaría en general de:

- unos capítulos metodológicos y descriptivos
- una serie de mapas con la información cartográfica y de análisis de la población y superficies (**indicadores sonoros, zonas de afección, exposición**)
- Análisis de los resultados, y priorización de los problemas acústicos detectados
- Anexos e información complementaria empleada en el estudio

La estructura y formato de un plano perteneciente a un mapa estratégico de ruido es siempre similar, comprendiendo una ventana gráfica en la que aparecen los sólidos del nivel representado, la cartografía del modelo a la escala de trabajo y los topónimos y pK principales. Los colores de cada uno de los elementos y clases de líneas que se representan en cualquier plano se encuentran definidos, de forma coherente para los diferentes trabajos. Su contenido, según el plano, es el siguiente:

**Los Mapas de Indicadores Sonoros** Son la representación cartográfica, a la escala de trabajo, de los indicadores sonoros resultantes de los cálculos.

**Los Mapas de Zona de Afección** representan las zonas de territorio donde  $L_{den}$  es superior a 55, 65 y 75 dB, a partir de las cuales se calculan las superficies de afección, incorporando datos de superficies y población con  $L_{den}$  superior a los anteriores valores como tablas

**Los Mapas de Exposición –en fachada-** representan los niveles de ruido de exposición en fachadas de usos sensibles (con población), a 4m de altura. Sirven de base para la estimación de la población expuesta, incorporándose los datos de exposición de la población, en forma de tablas, al plano. Los cálculos de ruido en fachada sólo se exige en las zonas de detalle (Fase B), por lo que los niveles en fachada sólo se representan en los mapas de exposición de esta fase. En los planos de fase A (1:25.000) se representan sólo las tablas correspondientes a cada zona de detalle y todo el territorio de estudio en su globalidad.

Además puede resultar necesario realizar planos adicionales de tipo informativo, que se incorporan en anejos (planeamiento, usos del suelo y zonificación acústica –el último asimilable a ares acústica, de sensibilidad o capacidad- que permiten calcular superficies de áreas acústicas afectadas-, análisis de edificación e inventario de obstáculos –trabajo de campo-, aforos, correcciones sobre ortofotografía, elementos de modelo, etc.)

En resumen, un MER es una herramienta técnica que permite identificar y evaluar el alcance de las afecciones acústicas de una infraestructura, sirviendo de base para la gestión de estas afecciones, principalmente mediante el Plan de Acción que le debe seguir. Debería servir además para prevenir futuras afecciones gracias a la delimitación de zonas de servidumbre.

## ¿CÓMO SE HACE?. FORMA DE REALIZAR UN MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO

La metodología de trabajo se basa en:

- un conocimiento adecuado y profundo del entorno de estudio
- la revisión y actualización de la información sobre orto fotografía
- la generación de un modelo informático tridimensional veraz, y el cálculo con un programa acústico adecuado
- el manejo, gestión y análisis de grandes cantidades de información geográfica (usos del suelo, edificaciones, niveles de ruido,...)
- el desarrollo de los trabajos de forma progresiva, primero con menor detalle (Fase A, a escala 1:25.000) y luego, en zonas más problemáticas, a mayor detalle (1:5.000, Fase B)

Esta forma de trabajo permite la coherencia de los diferentes MER, ya que siempre se puede estudiar cualquier punto al menos a escala 1:25.000. La elaboración de un MER, teniendo en cuenta las diferentes fases de trabajo, podría estructurarse según aparece en la figura:

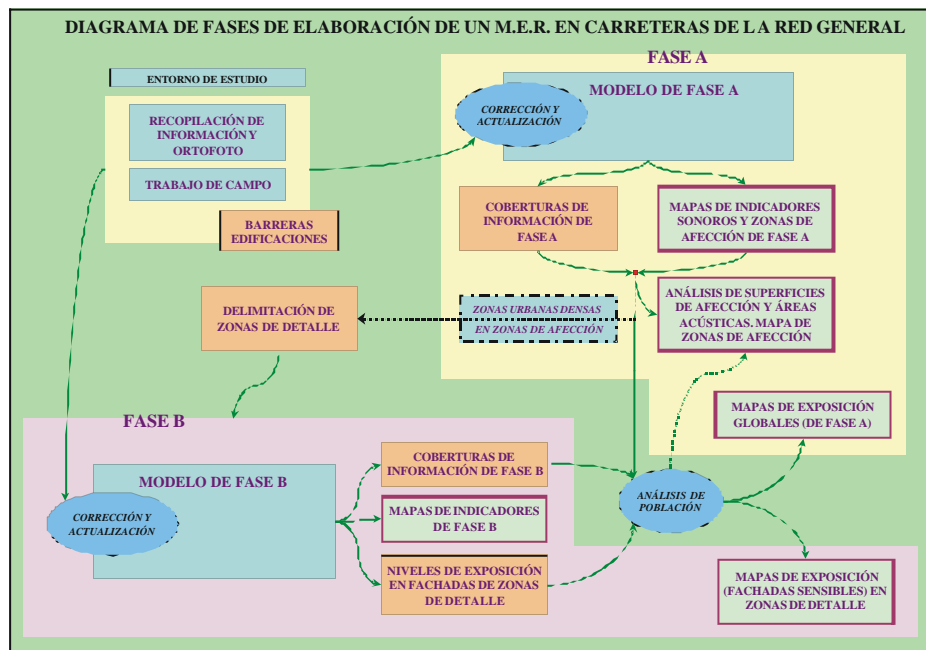


Figura1: Elementos mapa

Como se ve, existen una serie de tareas previas que resultan de utilidad para todo el trabajo (definición del entorno de estudio, recopilación de información, y trabajo de campo). Una primera etapa de los trabajos, correspondiente a la fase A, permite estudiar todo el entorno a escala 1:25.000, y generar coberturas de información de todo el ámbito de estudio, así como un modelo de cálculo global del que se obtienen mapas de indicadores sonoros y de zona de afección (este último por interpretación del mapa de Lden).

Aquellas áreas que se encuentran dentro de zonas de afección, y en las que existen usos urbanos y una densidad de población importante, son las que se analizarán con mayor detalle, con condiciones de cálculo más estrictas –paso de malla menor-, para tener una información más precisa de lo que pasa en ellas. (zonas de detalle, de Fase B). Su delimitación debe respetar ciertos criterios:

- dimensiones más o menos regulares, con límites rectilíneos según la dirección global de la carretera o perpendiculares a ella
- incluir sólo las zonas que merezcan ser estudiadas con mayor detalle (con población)
- dentro de las zonas anteriores, incorporar todo el ancho de la zona de afección
- en caso de que sólo uno de los márgenes tenga usos sensibles, incluir sólo aquel, delimitando la zona de detalle con el eje de la infraestructura

Delimitadas estas zonas, se aborda la fase B generando un nuevo modelo más detallado de las zonas seleccionadas, que permite calcular niveles de ruido en fachada y, de nuevo, mapas horizontales de indicadores de ruido. El manejo de las coberturas de información y resultados generados en GIS y hoja de cálculo permite el análisis de población y superficies, de forma que resulta posible elaborar los mapas que incorporan esta información (de afección –Fase A- y de exposición –Fases A y B-)

La preparación del modelo informático, la elaboración de la información y su gestión, es en realidad muy semejante en ambas fases de trabajo, pudiendo describirse en los siguientes pasos:

**1. Entorno de estudio** El primer paso será establecer el entorno que se va a estudiar y dentro del cual se realizará la cartografía de los diferentes aspectos que se van a mapear.

**2. Recopilación de información** A continuación se debe proceder a recoger toda la información y documentación que sea necesaria: datos de las infraestructuras en estudio; usos y tipologías de uso del suelo desde el punto de vista de zonificación acústica; datos de población, colegios y hospitales; normativa de aplicación; datos cartográficos; orto fotografías; otros aspectos,..

**3. Revisión y corrección sobre orto fotografía** La orto fotografía es un elemento de vital importancia porque frecuentemente las cartografías disponibles se encuentran anticuadas y no reflejan con una mínima exactitud la realidad a modelizar.

**4. Trabajo de campo** Los trabajos de campo sirven para conseguir datos necesarios para definir el modelo:

**Análisis de las zonas edificadas** más cercanas al trazado que permitirá conocer las características de éstas que tienen interés para el trabajo emprendido

- **Inventario de los obstáculos** del área de estudio. Para conocer su ubicación y características

**5. Preparación de ficheros de cartografía** Una vez que se ha conseguido la información de las diferentes fuentes o del trabajo de campo, es preciso preparar y elaborar la información cartográfica para generar el modelo tridimensional para el cálculo. En general, el objetivo será generar un fichero de polilíneas 3D que incorpore, a su cota, todos los elementos que tienen influencia en la emisión y propagación del ruido. Toda la información generada se prepara para la importación al programa de cálculo:

- Como polilíneas 3D sin información geográfica asociada (curvas de nivel y arroyos, límites de plataforma y límites exteriores de taludes, tableros de viaducto, etc.), en formato CAD o GIS
- Como coberturas SIG 2D o 3D con información geográfica asociada relativa a sus características: edificios, ejes de carreteras/fuentes de ruido, zonas de absorción del terreno, barreras acústicas, ...

Los resultados del cálculo son muy sensibles a la calidad del modelo que se realice, en particular a los elementos cercanos a la carretera, por lo que este debe ser lo más veraz posible.

**6. Generación y preparación de coberturas de Información Geográfica** Gran parte de la información generada durante el trabajo será de tipo cartográfico, alcanzando su máxima potencialidad de uso e interpretación elaborada como coberturas de información geográfica.

Así mismo, una serie de elementos del modelo, en 2D o 3D, serán tratados como coberturas de información geográfica, lo que permitirá:

- manejar la información de trabajo con GIS, herramienta muy potente para el análisis de la información y los resultados
- importar al programa de cálculo conjuntamente las polilíneas o polígonos con la información relativa a las características de aquellas
- preparar la información para el mapa estratégico de ruido para su incorporación a un sistema de gestión del ruido ambiental

**7. Preparación del Modelo Informático** Generados los diferentes ficheros que se van a importar al programa de cálculo, el modelo se puede montar en él incorporando sucesivamente los elementos ya preparados. De esta forma, el modelo queda preparado para el cálculo.

**8. Cálculo y preparación de los mapas** Este modelo permite calcular los niveles de ruido existentes bajo unas condiciones de cálculo dadas y con ciertas simplificaciones necesarias:

- eje de la unidad de mapa estratégico definido como única fuente de ruido
- horizonte de estudio fijado con la ortofotografía de trabajo
- datos de tráfico, velocidades y parámetros de emisión procedentes de o aceptados por la administración responsable
- parámetro de configuración de cálculo determinados

Generalmente se hacen dos cálculos:

- **mapas horizontales de ruido**, a 4m de altura del terreno, de los indicadores acústicos  $L_{día}$ ,  $L_{tarde}$ ,  $L_{noche}$  y  $L_{den}$
- **niveles de ruido en fachada**, a 4m de altura, sin tener en cuenta la reflexión propia, para determinar el grado de exposición en fachada de la población. Este cálculo puede ser una derivada directa del anterior en algunos programas

Los resultados de los cálculos serán a su vez exportados a coberturas de información geográfica de los diferentes indicadores acústicos (topologías de recintos), que permiten que la información pueda ser gestionada para cálculos de superficies, población, etc. Las zonas de afección se derivan directamente de la cobertura del indicador  $L_{den}$ . Para el caso de los niveles de ruido en fachada, se puede proceder de dos maneras según las circunstancias (programa empleado):

- se realiza únicamente el cálculo de los niveles de ruido en fachada para los modelos de Fase B. Para estudiar el grado de exposición de la población en el resto de la zona de estudio se hace una aproximación con los niveles de ruido horizontales calculados mediante técnicas SIG
- se realiza el cálculo de los niveles de ruido en fachada (modelización) para ambas fases, analizando la exposición al ruido gracias a los resultados de ambas (los de la Fase A sólo fuera de las zonas de detalle)

Los resultados de los cálculos permiten la realización de los mapas que integran el Mapa Estratégico de Ruido, que incorporan además de los resultados gráficos, ciertos resultados analíticos que hay que elaborar

**9. Análisis de población y superficies** Para el análisis de población afectada/expuesta y de superficies se empleará la información de las coberturas SIG de edificaciones, planeamiento/usos/áreas acústicas, el mapa del indicador  $L_{den}$  y los resultados de niveles en fachadas de edificios (normalmente niveles en puntos receptores situados en fachadas, a 4m). Resulta de gran ayuda tanto el uso de programas SIG como de Hojas de Cálculo. El primer paso es, lógicamente, aproximar la población de cada edificio y distribuirla entre sus fachadas.

La solución de este problema puede enfocarse de dos maneras distintas:

- conociendo los datos de población de cada zona/distrito censal, esta se reparte entre los edificios de la zona de estudio de forma proporcional a la superficie edificada útil de las edificaciones residenciales. Preferible para zonas de segunda residencia.
- analizando datos estadísticos, relativos a la superficie media de cada vivienda, porcentajes de viviendas ocupadas y tamaño medio del hogar, para en base a ellos aproximar viviendas y población de los edificios residenciales según su superficie edificada y topología.

En ambos casos resultan muy útiles las hojas de cálculo. En cualquier caso la población de cada edificio se debe repartir entre sus fachadas, para las que se han calculado los niveles de ruido, según la relación entre la longitud de la fachada y el perímetro del edificio. Una vez relacionada la población de cada fachada con los niveles de ruido que sufre (su nivel de exposición en fachada), la información se puede analizar con hoja de cálculo, para aproximar, para cada término municipal o parte del territorio, cual es la población expuesta a diferentes niveles de cada indicador.

En el caso de los colegios y hospitales resulta más sencillo, dado que bastará con el conteo del número que se encuentra sometido a diferentes niveles en cada término municipal. El número de plazas de alumnos se puede estimar igualmente en base a aproximaciones a partir de la superficie edificada, calibrando en función de datos conocidos para algunos centros. El número de camas de hospitales, dado el número reducido de estos, puede conocerse de forma precisa.

Los datos anteriores, organizados en forma de tablas, e incorporados a los planos de los niveles de ruido en fachada existentes en las edificaciones sensibles, dan lugar a los planos de exposición al ruido. Para zonas no estudiadas en detalle la población expuesta se habrá estimado también mediante cálculos en fachada o asumiendo diversas simplificaciones aproximativas.

Los datos de población sometida a diferentes niveles del indicador  $L_{den}$  pueden ser representados, además, de la forma que la Unión Europea solicita para la población en zonas de afección (sometida a más de 55, 65 o 75 dB de  $L_{den}$ ), que se incorpora al plano de zonas de afección.

Para responder a los requisitos de información que exige la Unión Europea, se deben analizar también las superficies de terreno que sufren niveles de ruido mayores de 55, 65 y 75 dB para el indicador  $L_{den}$ . Estos datos pueden obtenerse de forma muy sencilla de la cobertura de información geográfica del indicador  $L_{den}$  con la ayuda de un programa SIG.

También como exigencia de la Ley del Ruido, se deben analizar las afecciones de ruido en los usos del suelo, interpretados áreas acústicas (zonificación acústica). El trabajo será sencillo con la ayuda de las coberturas SIG resultantes de la intersección de los mapas horizontales de ruido y el plano de usos/áreas acústicas. Si además de los usos se ha recogido el planeamiento aprobado, se pueden adelantar además, en cierta medida, los problemas que pueden surgir en un horizonte de medio plazo.

**10. Análisis de Zonas de conflicto** El trabajo realizado hasta ahora ha permitido identificar las edificaciones, barrios, o zonas sensibles que tienen un importante grado de afección. Es necesario analizarlas, priorizar las afecciones encontradas y, en definitiva, preparar las bases del futuro Plan de Acción.

**11. Zonas de servidumbre** Dado que generalmente cada CCAA establece sus límites legales para cada uso del suelo, las servidumbres acústicas de la infraestructura, donde se pueden o no desarrollar nuevos usos del suelo, resultan de la interpretación de los mapas de indicadores sonoros en función de los límites establecidos en cada CCAA para cada uso.