

ANEJO II: METODOLOGÍA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DATOS DE ENTRADA.....	1
3. PREPARACIÓN DEL MODELO	2
4. MODELO Y MÉTODO DE CÁLCULO	6
5. RESULTADOS	8

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anexo se exponen los procedimientos y metodologías aplicados para la elaboración del estudio, abordando los siguientes aspectos:

- Datos de entrada
- Preparación del modelo digital del terreno (MDT)
- Método y modelo de cálculo
- Obtención de resultados

2. DATOS DE ENTRADA

La fuente de **información cartográfica** básica del estudio es la base cartográfica digital más reciente editada por el *Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) a escala 1:10.000*, con precisión de 2 m y equidistancia entre curvas de nivel de 10 m, que se denomina CV10. La proyección cartográfica que se emplea es el European Datum 50, Huso 30.

Es una base que cuenta con información altimétrica en todos sus elementos (curvas de nivel, puntos de cota, carreteras y viario, red hidrográfica, cota de alero de edificaciones, etc.). Está editada entre los años 1999 y 2002 mediante restitución de vuelos fotogramétricos de los años 1991, 1997, 2000 y 2002, en función de la zona.

Como se puede observar, se trata de una información no completamente actualizada, especialmente teniendo en cuenta la numerosas infraestructuras construidas o ampliadas durante los últimos años, así como los importantes desarrollos urbanísticos de este entorno de la ciudad de Valencia.

Con el fin de resolver las carencias de esta cartografía, se ha contado con la siguiente información complementaria:

- Ortoimagen georreferenciada del ICV y del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), correspondiente a los años 2006 y 2007 (escala de referencia 1:5.000, pixel de 0,5x0,5 m).
- Cartografía diversa facilitada por la oficina del Plan de Carreteras de la Generalitat como son diversas restituciones a escalas de mayor detalle (1:1.000, 1:2.000) de zonas concretas, como en el caso de las carreteras CV-30 (parte inicial), CV-31,

CV-365 y CV-366, o plano de proyecto de construcción, en el caso de la CV-300 (parcial) y la CV-32.

- "Tracks" procedentes de recorridos realizados con GPS (X, Y, Z) de la mayor parte de los ejes de las carreteras estudiadas. Esta información presenta la precesión propia del receptor empleado.
- La información gráfica contenida en la aplicación VGM (Visor de Datos Multiparamétricos) de Generalitat- Valenciana-AEPO, S.A. que contiene, entre otra información, grabaciones de video de las carreteras estudiadas, en ambos sentidos de circulación, realizadas en 2005 dentro como parte del Inventario de Carreteras.
- Información cartografía catastral "rústica" y "urbana" de los términos municipales afectados, a través del visor web y enlace WMS de la Dirección General de Catastro del Ministerio de Hacienda.
- Otras fuentes de imágenes como Google Earth, Google Mas, MS Live Search Map, enlace WMS del SigPac (Ministerio de Medio Ambiente y del Medio Rural y Marino), etc.

Este conjunto de información se complementa con un importante trabajo de campo a lo largo de todas las carreteras en estudio y de su entorno. Estos recorridos de campo permitieron recopilar la siguiente información:

- Terreno: singularidades topográficas de interés no recogidas en la cartografía, así como modificaciones habidas.
- Carreteras: secciones tipo (características geométricas, número de carriles, taludes,...), características de los taludes y presencia de elementos singulares (muros, viaductos, estructuras,...), localización exacta de puntos kilométricos, velocidades máximas de circulación, tipo de firme,
- Obstáculos: localización, dimensiones y características acústicas.
- Edificaciones: se ha realizado la actualización de las edificaciones presentes, es decir, eliminando o añadiendo los cambios producidos con respecto a la cartografía y la ortoimagen disponibles. Esta labor se complementa con el inventario de edificaciones (ver Anexo I) en el que, para cada edificio o grupo de edificios homogéneos, se identifica su uso, estado y número de plantas.

En relación con la información necesaria para la elaboración de la cartografía de **usos del suelo** y propuesta de zonificación acústica del territorio, se han solicitado a los

ayuntamientos de los municipios afectados los correspondientes mapas incluidos en sus instrumentos de Planeamiento Urbanístico. Cuando dicha información no ha sido facilitada, se ha consultado la información cartográfica de planeamiento disponible en el servidor web de la Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda.

En cuanto a la información necesaria para la asignación de **población** a edificaciones, se ha contado con información solicitada al Instituto Nacional de Estadística (INE) y a los propios ayuntamientos, referida a *secciones censales* (las secciones censales son unidades territoriales de extensión variable, definidas de modo que engloban una población de 500 a 2.500 habitantes, cuya delimitación y población se actualiza de forma continua; en zonas urbanas, suelen tener superficies de 5 a 30 ha y presentan, generalmente, cierta homogeneidad en las características urbanísticas y arquitectónicas). La información empleada ha sido la siguiente:

- Datos de viviendas procedentes del *Censo de Población y Vivienda* del año 2001 (último realizado).
- Datos de población correspondientes al *Padrón Municipal* del año 2007.
- Delimitación de las secciones censales en los años correspondientes, 2001 y 2007.

En relación con la información relativa a centros especialmente sensibles a la contaminación acústica, es decir, los de tipo **educativo y hospitalario**, se han solicitado los correspondientes listados a las Consellerías de Cultura y Deporte, y de Sanidad. Dichos listados han incluido el número de plazas, en el primer caso, y el número de camas, en el segundo.

Con respecto a los centros docentes, aunque se ha contado para la evaluación con información relativa al número de plazas, no se reproducen en la documentación elaborada, dado que se trata de información amparada por el secreto estadístico, de acuerdo con lo que establece la legislación, tanto estatal como autonómica, que regula la Función Estadística Pública (*Ley 5/1990, de 7 de junio de 1990, de la Generalitat Valenciana, de Estadística de la Comunidad Valenciana y Ley 12/1989, de 9 de mayo de 1989, de la Función Estadística Pública*).

3. PREPARACIÓN DEL MODELO

El Modelo Digital del Terreno (MDT) está implementado, en cada UME (Fase A) o zona de detalle (Fase B), en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y constituido por un conjunto de capas cartográficas con información alfanumérica asociada, en formato *shape*.

Las capas básicas que constituyen dicho MDT son las siguientes:

Curvas de nivel

Incluye las curvas de nivel, con equidistancia de 10 m, procedentes de la cartografía original (1:10.000 del ICV), con las modificaciones realizadas al haber sido necesario incluir numerosas carreteras y accidentes topográficos existentes en la actualidad y no contemplados en la misma.

Líneas de elevación

Se trata de un amplio conjunto de líneas adicionales, de cota variable, que incluye:

- Bordes de la plataforma de las carreteras que configuran el estudio.
- Bordes de taludes de desmonte y terraplén.
- Otros ejes y plataformas de carreteras, calzadas y caminos cercanos, especialmente en el entorno de enlaces.
- Diversas líneas que aportan información morfológica relevante como: cauces, acequias, viario urbano, curvas de nivel obtenidas de otras cartografías de mayor detalle, accidentes topográficos observados en los trabajos de campo, etc.

Ejes de carretera

Conjunto de ejes considerados en la modelización de las diversas UME que incluye, en los casos en que ha sido preciso, los tramos de prolongación de calzadas en el inicio o final de determinadas UME.

Puntos kilométricos

Capa de líneas con la tramificación de los ejes en función de la ubicación de PPKK.

Edificaciones

Conjunto de edificaciones incluidas en la modelización en un ámbito de extensión suficiente en torno a los ejes emisores.

Obstáculos

Incluye las barreas identificadas a lo largo de las UME (pantallas acústicas, caballones, muros,...).

Puentes

Capa de polígonos que incluye, tanto puentes que forma parte de las propia plataformas de los ejes emisores, como tableros de estructuras significativos en pasos superiores sobre las calzadas de las UME.

Suelo

Capa de polígonos que define la absorción del terreno

A continuación se expone la metodología para elaboración de dichas coberturas, así como la información y características de las mismas:

a) Cartografía (curvas de nivel, líneas de elevación)

Una vez recopilado el conjunto de información expuesto anteriormente, el proceso seguido para la actualización de la cartografía base ha sido el siguiente:

- Como se ha expuesto, se ha tomado como cartografía base la denominada CV10, con equidistancia entre curvas de nivel de 10 m.
- La actualización de edificaciones se ha realizado mediante superposición cartográfica (CAD y GIS) sobre dicha base, de las siguientes capas de información:
 - Ortoimágenes georreferenciadas del ICV (año 2007)
 - Otras imágenes disponibles antes citadas
 - Cartografía catastral (2D) con información sobre usos, en ocasiones, y sobre altura de las edificaciones (número de plantas).

Este proceso se ha realizado en un ámbito de 1.000-1.500 m a cada lado de las carreteras, con especial detalle en los 300-500 m más cercanos a las mismas. Este conjunto de información permite, mediante digitalización, considerar los siguientes casos:

- Verificar la existencia de cada edificación, así como su definición en planta y altura.
- Eliminar edificaciones que ya no existen.

- Incorporar nuevas edificaciones en planimetría y altimetría (mediante el número de plantas).
 - Subdividir, tanto las edificaciones existentes en la cartografía base como las nuevas digitalizadas, en el caso de existencia de patios interiores o de tratarse de agrupaciones muy heterogéneas, bien en la altura o bien en su uso.
- Asimismo, se ha realizado un proceso de actualización, mejora y asignación de altimetría a determinados elementos en un ámbito de anchura variable, con el fin de completar el Modelo Digital del Terreno (MDT) de las zonas de estudio, como son:
 - La propia topografía circundante, mediante *curvas de nivel* (líneas de igual cota) con la equidistancia estándar de 10 m, y *líneas de elevación* (líneas auxiliares que definen otros elementos de importancia como los bordes de las propias plataformas de las carreteras, bordes de talud, red hidrográfica, otras carreteras y viario urbano, etc.)
 - Ejes de carreteras y sus plataformas (por digitalización sobre ortoimagen y "tracks" de recorridos GPS).
 - Ramales de enlace y otras carreteras y viario urbano del entorno.
 - Elementos singulares de los trazados: viaductos y estribos, muros de contención, pasos superiores e inferiores y estructuras en general.
 - Obstáculos laterales: pantallas anti-ruido, caballones, condiciones topográficas singulares.

Este proceso de actualización y mejora del MDT se ha realizado, tanto empleando software CAD y GIS, como en el propio programa de simulación acústica (Cadna-A) que cuenta con potentes herramientas para este tipo de tareas.

Además, los trabajos y recorridos de campo realizados han permitido incluir información complementaria no recogida, incluso, en las últimas ortoimágenes disponibles, como son: crecimientos urbanísticos y edificaciones más recientes, condiciones morfológicas singulares interesantes, etc.

En Fase B se ha incorporado información cartográfica adicional, a partir de cartografía de más detalle (1:1.000) y proyectos de construcción de algunas carreteras, facilitadas por la CIT. Asimismo, se han realizado una serie de mejoras, especialmente en lo que a ejes

emisores y edificaciones se refiere, que determinan una calidad de la cartografía suficiente para la escala de trabajo 1:5.000.

b) Carreteras

La modelización geométrica de los ejes de las carreteras objeto de estudio se ha realizado a partir de los ejes digitalizados de las mismas, tanto en planimetría como en altimetría.

En Fase A, en general se ha definido un único eje por carretera, excepto en enlaces y tramos concretos de autovía donde las calzadas se separan significativamente; esto es:

- Tramos con pendientes superiores al 3% durante más de 500 m.
- Calzadas separadas por medianas superiores a 15 m durante más de 500 m.
- Calzadas con diferencias de alturas superiores a 1 m (en mas de 500 m).

La delimitación de los extremos de las UME (inicio, fin y tramos intermedios en su caso) se ha definido coincidiendo, bien con sus límites administrativos, o bien con enlaces, siendo, en general, perpendiculares al eje, o bien adaptados a los ramales de enlace.

La mayor parte de las UME se han subdividido en tramos, en función de las condiciones de tráfico (intensidad, composición o velocidad de circulación) y/o de cambios en la tipología de la sección de la plataforma (número de calzadas, número de carriles por calzada, anchura de mediana, etc.).

De este modo, cada tramo queda definido por los siguientes parámetros:

- Identificador (nº de UME y tramo)
- Condiciones de tráfico
- Tipo de pavimento
- Anchura de la plataforma, calculada a partir de la geometría de mediana, arceles, número y anchura de carriles)

Los parámetros de tráfico empleados se justifican y detallan en el *Anexo III. Estudio de Tráfico*.

En Fase B, se ha realizado un proceso de mejora también en la definición de las carreteras, incluyendo:

- Modelización de un eje para cada sentido de circulación, en el caso de las autovías con dos calzadas que no se habían diferenciado ya en Fase A.

- Modelización de todas las glorietas existentes y de los tramos contiguos con sucesiva limitación de velocidades.
- Modelización de nuevos enlaces pertenecientes a las UME donde los ramales presentan IMD significativas (>1.500 v/d). Tal es el caso de los siguientes:
 - CV-30 con CV-35
 - CV-31 con CV-365
 - CV-365 con la CV-367 y acceso a Paterna
 - CV-33 con CV-365
 - CV-33 con CV-366
- Inclusión de elementos singulares (viaductos, muros,...) en los nuevos elementos modelizados.
- Reasignación de tráfico a todos los emisores.

Estos trabajos se han llevado a cabo, no solo en el ámbito de los LED, sino también en tramos anteriores y posteriores (en el caso de calzadas de tronco) y ramales de enlace cercanos, hasta una distancia, en general no inferior a 1.500 m, con el fin de prolongar las condiciones de emisión de contorno.

En cuanto a las características del pavimento, en ninguna de las UME del ámbito de estudio la capa de rodadura tiene características singulares, es decir, no se han detectado tramos con pavimentos especialmente ruidosos (como serían firmes rígidos con capa de rodadura de hormigón rugoso) o firmes drenantes (caso contrario que podría suponer niveles de emisión inferiores a los de referencia). Sí se identifican algunos tramos, en particular en las autovías de más reciente construcción, con capa de rodadura a base de mezcla discontinua en caliente (M-10); la eficacia de este tipo de pavimento en la atenuación de la emisión de ruido está comprobada, aunque tiende a disminuir con el paso del tiempo. Por esta razón, y por motivos de homogeneidad de los resultados, se ha considerado un único tipo de pavimento (aglomerado asfáltico convencional), es decir, sin suponer modificación en las condiciones estándar de emisión del método.

En cuanto a la modelización de las plataformas y su entorno inmediato, se ha considerado, como criterio general, una anchura a partir de la línea blanca que incluye el arcén exterior (en general de 1,5 a 2,5 m) más berma y/o cuneta (en general, de 1-1,5 m). Los taludes se han simulado con pendiente 3H:2V, tanto desmontes como terraplenes, excepto tramos concretos con desmontes o trincheras más inclinados (1:1). Asimismo, en puntos concretos,

generalmente en entornos urbanos muy poblados y donde las condiciones geométricas singulares lo recomiendan, se han simulado tramos entre muros verticales, generalmente asociados a cruces deprimidos de la carretera con otras vías.

Los ejes de emisión de ruido se han ampliado en sus extremo inicial y final para tener en cuenta la continuidad de la emisión acústica de la carretera. En general se ha ampliado una distancia similar a la distancia de propagación considerada en los cálculos. Dicha prolongación no se ha realizado en los siguientes casos:

- Cuando se trata de un inicio o final de carretera sin que exista prolongación física.
- En caso de coincidir un extremo con el inicio de otra carretera o viario urbano, ya sea competencia de la Generalitat o no.

c) Edificaciones

Con respecto a los edificios, y una vez definida y actualizada su definición geométrica, se ha incorporado la siguiente información adicional:

- Los *usos* de los edificios se han obtenido mediante observación directa en los recorridos de campo, en el caso de los 300-500 m más cercanos a la carretera. Esta información de detalle se recoge en el *Anexo I: Inventario de edificaciones*, elaborado de forma independiente para cada UME.

Para el resto del territorio, los usos se asignan a partir del planeamiento urbanístico municipal, facilitado por los distintos ayuntamientos, y que se recogen en el *Anexo IV. Zonificación acústica*, organizado también de forma independiente para cada UME.

A efectos de asignación de usos a edificaciones se definen cinco categorías: R (residencial), I (industrial), D (docente), S (sanitario) y O (otros, que engloba usos comerciales, terciarios, equipamientos y dotaciones diversas, públicos y privados, zonas verdes, etc.).

Adicionalmente, en el caso de edificaciones residenciales, se han definido tres tipos, distinguiendo entre viviendas de tipo multifamiliar, adosadas (que incluye las manzanas de viviendas típicas de poblaciones rurales) y aisladas.

Como centros educativos, se consideran como tales, todos aquellos centros en los que se imparte algún tipo de enseñanza oficial: escuelas infantiles (EI), colegios (CEIP y colegios privados), institutos (IES y centros privados), centros de formación de personas adultas (CFPA) y universidades.

Se han considerado de uso hospitalario aquellos edificios sanitarios en los cuales existe régimen de internamiento, es decir, aquellos donde pueden producirse pernoctaciones, incluyendo las residencias de personas mayores.

- La *altura* (todas las edificaciones) y *número de plantas* (edificaciones residenciales, docentes y sanitarias) de las edificaciones se han obtenido de diversas fuentes (observación directa en campo, cartografía base, cartografía catastral,...). La altura asignada, con carácter general, a edificaciones de una planta ha sido de 5 m. Para el resto, se ha considerado una altura media de 3 m por planta.
- En cuanto a la asignación de la población, en el caso de edificios residenciales, y de usuarios de edificaciones singulares, el procedimiento se detalla en el *Anexo II. Metodología*.
- También se ha considerado el efecto reflectante de las fachadas de las edificaciones, asignándoles un factor de absorción con los siguientes criterios:

<i>Tipo de fachada</i>	<i>Factor de absorción</i>
Acrystalada	0,0
Tabique con fachada plana (caso general)	0,2
Tabique con balcones	0,4
Material absorbente	0,6

d) Obstáculos y otros elementos

En el caso de los obstáculos, se han considerado los dos siguientes tipos de elementos:

- *Dispositivos reductores de ruido (barreras)*: En general se trata de pantallas acústicas prefabricadas, así como de muros de fábrica o caballones de tierra. La ubicación y características de los mismos se detalle en la descripción de cada UME y se representan en los distintos planos elaborados.
- *Condiciones geométricas y topográficas singulares del entorno de la carretera*. Se simulan directamente a partir de la cartografía de trabajo, así como de las observaciones directas en campo.

Las características de *absorción de las pantallas anti-ruido* se han asignado a partir del conocimiento del tipo de materiales que las componen y aplicando las características estándar tabuladas en el programa empleado (Cadna-A) que, a su vez, utiliza los valores de

"pérdida por reflexión" reflejados en las tipologías de superficies de la tabla 7 de la norma alemana RLS-90. Los valores del coeficiente de absorción α son asignados automáticamente por el programa (el cálculo estaría en función del espectro de absorción de cada material, según ZTV-Lsw 88) aunque Cadna-A puede aplicar valores medios para cada tipo pantalla estándar.

Dado el tipo de pantallas y otros elementos inventariados, se han distinguidos los siguientes casos:

- Pantallas metálicas absorbentes: se consideran "Pantallas muy absorbentes", con pérdida por reflexión de 8,0 dB ($\alpha=0,84$). Los fabricantes de este tipo de pantallas suelen aportar certificados de ensayos con valores de DL_{α} generalmente superiores a 10-11 dB (categorías A3 y A4).
- Muros de hormigón liso: se consideran en el caso "Fachada silenciosa/Pantalla reflectante", con DE=1 dB en la RLS-90 ($\alpha=0,21$).

En el caso de los viaductos cabe citar, que en esta fase de trabajo, se han modelizado en entornos urbanos o en aquellos casos en los que puedan tener un efecto significativo en la emisión-propagación del ruido. También se han modelizado estructuras de dimensiones considerables sobre las carreteras objeto de estudio, que puedan actuar como pantallas horizontales, condicionando localmente la propagación del ruido.

e) Suelo

Con el fin de modelizar, entre los diversos parámetros de propagación del sonido, las características de absorción del terreno, el modelo de cálculo incorpora una capa de información que, en función de los usos predominantes del territorio, considera los siguientes valores de reflexión (inversa de la absorción):

Uso del suelo	Factor de absorción
Forestal / Agrícola	1,0
Parques	1,0
Urbano	0,0
Acumulación de agua	0,0
Zonas mixtas	0,5

4. MODELO Y MÉTODO DE CÁLCULO

La tipología, contenido y requisitos mínimos que debe cumplir la información cartográfica que forma parte de los Mapas Estratégicos de Ruido, están definidos en la *Directiva 2002/49/CE* y en el *R.D. 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental*. En particular, el R.D. 1513/2005 desarrolla en sus Anexos aspectos como:

- Anexo I: Índices de ruido
- Anexo II. Métodos de evaluación para los índices de ruido
- Anexo IV: Requisitos mínimos para el cartografiado estratégico de ruido
- Anexo VI: Información que debe comunicarse al Ministerio de Medio Ambiente

Los indicadores calculados, tanto en los mapas de niveles sonoros (isófonas) como en los de exposición en fachada, son los siguientes:

- L_{den}
- L_{noche}
- L_{tarde}
- $L_{día}$

La definición de dichos períodos es la siguiente:

- Día: 7:00 a 19:00 h, con 12 horas de duración
- Tarde: 19:00 a 23:00 h, con 4 horas de duración
- Noche: 23:00 a 7:00 h, con 8 horas de duración

El índice de ruido "día-tarde-noche", L_{den} , determinado mediante la expresión:

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{día}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{tarde}+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{noche}+10}{10}} \right)$$

El método de cálculo adoptado es, según recomienda la normativa referida, el método nacional de cálculo francés «NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPC-CSTB)», mencionado en la «Resolución de 5 de mayo de 1995, relativa al ruido de las infraestructuras viarias, Diario Oficial de 10 de mayo de 1995, artículo 6» y en la norma francesa «XPS 31-133». Por lo que se refiere a los datos de entrada sobre la emisión, esos documentos se remiten a la

«Guía del ruido de los transportes terrestres, apartado previsión de niveles sonoros, CETUR 1980».

Los cálculos acústicos se han realizado empleando el software comercial CADNA-A V.3.7, desarrollado por DataKustik, programa que está adaptado a las normas dadas por la "Recomendación de la Comisión de 6 de agosto de 2003 relativa a las Orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, del tráfico rodado y ferroviario", y el documento "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure" -Final Draft - Version 2 - 13 de enero de 2006, del grupo de trabajo de la European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN).

Además de los parámetros indicados en el apartado anterior, el resto de condiciones y configuración de cálculo empleados, han sido los siguientes:

PARÁMETRO	NIVELES SONOROS	EXPOSICIÓN EN FACHADA
Relieve	Las curvas de nivel y líneas de elevación se consideran elementos difractantes	
Radio de búsqueda de emisores	Como mínimo hasta 45 dBA de Lnoche, en general 1.500 m	
Longitud mínima de sección de cálculo	Fase A: 0,10 m Fase B: 0,01 m	
Error dinámico	Fase A: 0,9 dBA Fase B: 0,5 dBA	
Orden de reflexión	2	
Máxima longitud de propagación tras la primera reflexión	30 m	
Consideración de última reflexión	Si	No
Factor absorción del Suelo	(Ver apartado anterior)	
Coefficiente de absorción por pavimento	(Ver apartado anterior)	
Condiciones climáticas	T = 15° Hr = 70%	

PARÁMETRO	NIVELES SONOROS	EXPOSICIÓN EN FACHADA
Condiciones de probabilidad favorable de propagación del ruido	Día: 50% Tarde: 75% Noche: 100%	
Mapas de niveles sonoros (isófonas): - Altura de cálculo - Tamaño de malla	4 m Fase A: 20x20 m (más detallada que la fijada con carácter general para esta fase, de 30x30 m) Fase B: 10x10 m	---
Mapas de exposición: - Altura de cálculo - Distancia receptor-fachada - Distancia máxima entre receptores a lo largo de las fachadas - Longitud mínima de fachada para definir receptores - Distancia mínima a la fachada opuesta	---	4 m 0,05 m 3 m 2 m 2 m

5. RESULTADOS

De acuerdo con las especificaciones indicadas en la normativa aplicable, la C.I.T. ha desarrollado un contenido común para todos los estudios de las carreteras competencia de la Generalitat. De este modo, la cartografía elaborada es la siguiente:

FASE A (escala 1:25.000):

- Mapas de niveles sonoros básicos
- Mapas de zonas afección
- Mapas de exposición básicos

FASE B (escala 1:5.000):

- Mapas de niveles sonoros detallados
- Mapas de exposición detallados

a) Mapas de niveles sonoros

Se trata de mapas de *líneas isófonas* elaborados a partir de la interpolación de niveles de ruido calculados en puntos receptores repartidos en toda la zona de estudio, según una malla de paso regular, de las dimensiones indicadas en el apartado anterior, para cada fase (20x20 m en Fase A y 10x10 m en Fase B).

El modelo informático empleado realiza una interpolación de los resultados en la malla, obteniendo las correspondientes líneas isófonas. Los mapas que se han generado son los siguientes:

- Mapa de niveles sonoros de **Lden**, a 4 m de altura sobre el nivel del suelo, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 55-60, 60-65, 65-70, 70-75, >75 dB(A).
- Mapa de niveles sonoros de **Lnoche**, a 4 m de altura sobre el nivel del suelo, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 45-50, 50-55, 55-60, 60-65, 65-70, >70 dB(A).
- Mapa de niveles sonoros de **Ltarde**, a 4 m de altura sobre el nivel del suelo, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 50-55, 55-60, 60-65, 65-70, >70 dB(A).

- Mapa de niveles sonoros de **Ldía**, a 4 m de altura sobre el nivel del suelo, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 55-60, 60-65, 65-70, 70-75, >75 dB(A).

Para asegurar que el cálculo sea correcto en los límites de cada UME, y que la obtención y representación de las isófonas no resulta anómala, se han tomado una serie de precauciones en el caso de UME cuyos extremos se corresponden a delimitaciones arbitrarias de la carretera (transición a vial urbano, pérdida de tráfico por debajo de la IMD umbral, cambio de titularidad o de denominación administrativa de la vía, etc.). En estos casos, se ha prolongado la longitud de la carretera, generalmente 1 km, para tener en cuenta la continuidad en la emisión de la misma. Asimismo, se han considerado las edificaciones y otros elementos presentes a lo largo de estos tramos adicionales, para tener en cuenta los fenómenos de reflexión.

El ámbito de representación de las isófonas se corresponde con los límites de cada UME que, como se ha comentado anteriormente, suelen coincidir, bien con los límites administrativos de la misma, o bien con enlaces, siendo, en general, perpendiculares al eje, o bien adaptados a los ramales de enlace.

En dichos mapas se han incluido, además de las isófonas, los siguientes elementos que facilitan la localización y caracterización de la zona:

- Eje de la carretera, con delimitación de su inicio y fin, y elementos asociados (pantallas acústicas, caballones, viaductos, túneles)
- Elementos topográficos (curvas de nivel, hidrografía, etc.)
- Red viaria (carreteras, ferrocarriles)
- Límites de términos municipales
- Edificaciones, clasificadas en función de su uso: residencial, sanitario o docente, y otros (industrial, comercial,...)
- Toponimia, con especial referencia a los edificios sensibles (sanitarios y docentes)

b) Mapas de zonas de afección

Para cada UME se ha realizado un **Mapa de Zonas de Afección** a escala 1:25.000 que incluye la siguiente información:

- ✓ Las isófonas correspondientes a 55, 65 y 75 dBA de Lden.

- ✓ Superficies totales (en km²), expuestas a valores de Lden superiores a 55, 65, y 75 dBA, respectivamente.
- ✓ Número total estimado de viviendas (en centenares), y número total estimado de personas (en centenares) expuestos, en cada una de dichas bandas de territorio.
- ✓ Número total de entidades docentes y de centros hospitalarios afectados, en cada una de las bandas

Dicha cartografía se ha realizado mediante empleo de SIG, contando con la siguiente información y tratamiento de datos:

- El cálculo de las superficies correspondientes a cada banda de afección es directo mediante el software empleado.
- La estimación de número de viviendas y número de habitantes se realiza a partir de los resultados de los mapas de exposición, obteniendo los valores acumulados para cada una de las tres bandas cartografiadas.

c) Mapas de exposición

Los mapas de exposición tienen como finalidad presentar la información que relaciona los niveles de ruido en fachada de edificios de viviendas con el número de viviendas y personas que habitan en ellas.

Las cifras de población expuesta indicadas en los planos de exposición detallados (Fase B) y en las zonas de detalle en el caso de los mapas de exposición básicos (Fase A), se obtienen a partir de los cálculos de Fase B. Las cifras referentes a la totalidad de cada UME se obtienen a partir del cálculo de Fase A.

Su elaboración consta de tres partes diferenciadas:

- Asignación de población a edificaciones residenciales y fachadas expuestas
- Cálculo de niveles de inmisión en cada fachada de cada edificio, en el caso de usos residencial, docente y sanitario
- Obtención de los mapas de exposición, por superposición de ambos conjuntos de resultados.

c.1) Asignación de población a edificios

La asignación de población a las edificaciones se basa en la información disponible referida a secciones censales antes comentada, con datos del número de habitantes actualizados a

2007 (padrón municipal) y datos de viviendas procedentes del Censo de Población y Vivienda del año 2001.

Tal y como se detalla a continuación, el procedimiento empleado se basa en la obtención del número de residentes en cada edificio mediante la aplicación de ratios (superficie media de vivienda, tamaño medio familiar y proporción de viviendas principales) correspondientes, específicamente, a la sección censal en que se ubica cada edificación. Los errores que puedan introducirse, generalmente debidos a la escala de la cartografía empleada, se corrigen ajustando la suma total de residentes obtenidos en una sección completa dada, a su población total, conocida.

Los diferentes cálculos y asignaciones se realizan con empleo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), estando organizados, tanto los datos como los resultados, en las correspondientes capas *shp* y bases de datos.

Se parte de los siguientes grupos de información:

- *Edificaciones*. Capa de polígonos empleada en los cálculos acústicos, obtenida a su vez del MTA10; actualización fotogramétricos y trabajo de campo; cartografía catastral, planeamiento municipal pormenorizado. Para cada edificación, se cuenta con la siguiente información básica:
 - Uso del edificio
 - Delimitación geométrica en planta del polígono que define el edificio
 - Superficie y perímetro del polígono
 - Altura del edificio
- *Secciones censales*. La información obtenida relativa a secciones es la siguiente:
 - Delimitación cartográfica (en formato shape).
 - Datos de habitantes (Padrón 2007 y Censo 2001): N° total de habitantes
 - Datos de viviendas (Censo 2001):
 - N° de viviendas: n° total de viviendas y n° de viviendas principales.
 - Respecto a viviendas principales: n° medio de ocupantes por vivienda y superficie media útil por vivienda.

El procedimiento sigue las siguientes fases:

1. Obtención del número total de plantas (solo en el caso de edificaciones residenciales, docentes y sanitarias) y del número de plantas habitadas de cada edificación residencial.

El número de plantas se obtiene dividiendo la altura por 3 m. A las edificaciones de una sola planta se les ha asignado una altura estándar de 5 m.

2. Cálculo del número de viviendas y del número de personas residentes en cada edificación (sólo para edificaciones residenciales)

La estimación del *número total de viviendas* es distinta en función del tipo de edificación:

Bloques de viviendas: se obtiene mediante un algoritmo que multiplica la superficie en planta del edificio por el número de plantas (obteniéndose así la superficie total construida) y se divide por la superficie media construida de vivienda, característica de la sección censal. Este dato se obtiene multiplicando la superficie útil por un factor homogéneo igual a 1,20:

$$N^{\circ} \text{ viviendas} = \text{Sup. planta} \times n^{\circ} \text{ plantas} / (\text{Sup. media útil de vivienda} \times 1,20)$$

Viviendas adosadas: la superficie media "en planta" de edificaciones adosadas, se ha obtenido por muestreo en el conjunto del ámbito de estudio, obteniéndose una superficie media de adosados de 124,9 m².

$$N^{\circ} \text{ viviendas} = \text{Sup. en planta} / 124,9$$

Viviendas unifamiliares: 1 vivienda por edificio.

El *número de personas residentes* se obtiene mediante el producto del número de viviendas principales, arriba calculado, por el número medio de ocupantes por vivienda, característico de la sección censal.

$$N^{\circ} \text{ personas} = N^{\circ} \text{ viviendas} \times N^{\circ} \text{ medio de habitantes por vivienda}$$

Los cálculos descritos se realizan para *secciones censales completas*, de modo que la suma total de viviendas y de habitantes de los edificios de cada sección se compara con la población total de la misma en el padrón de 2007.

En el caso de tratarse de secciones censales muy amplias o en las que el ámbito de estudio suponga una proporción pequeña, se realiza una estimación del porcentaje de la superficie construida de la sección englobada en el área de estudio. Con esta aproximación se calcula la población de dicha porción, a partir del padrón, que reside en la zona de interés.

En caso de discrepancia entre los valores obtenidos y los datos censales, se realiza una corrección que ajusta la población de cada edificio aplicando el coeficiente de error cometido.

En el caso particular de zonas en construcción, inventariadas en el Anexo I, la población asignada a las edificaciones es nula.

Analizando las características urbanísticas y arquitectónicas del ámbito, se observa que las posibles fuentes de error en el cálculo están derivadas de la precisión cartográfica de la escala de trabajo y serán, por tanto, mayores, cuanto menor sea el detalle de la misma:

- Uno de los problemas es el relativo a la consideración de la altura de cada edificación ya que, en escalas grandes, pueden quedar englobados en un mismo polígono, edificaciones de distintas alturas. Este efecto es más notable en manzanas de núcleos rurales y barriadas construidas en los años 50 y 60, que suelen ser una "amalgama" de parcelas de tamaños y formas diversas y alturas entre 1 y 3 plantas, generalmente.
- Asociado a lo anterior, la agrupación de varios edificios a una escala determinada, no diferencia zonas que no pertenecen a viviendas, como son patios de luz, zonas comunes de pequeñas dimensiones, patios y huertos en edificaciones de tipo rural o suburbano, etc. Por lo tanto, la superficie de un polígono puede sobreestimar la superficie real construida.
- También se detectan algunos errores en zonas de orografía compleja donde la altura de la edificación es variable, especialmente en edificios o agrupaciones de cierta superficie en construcción escalonada a lo largo de la ladera.

Estos errores se corrigen notablemente al aumentar la precisión de trabajo, por lo que los resultados que se obtienen escala 1:5.000 de la Fase B que se realiza en las zonas de mayor concentración de habitantes, los minimiza suficientemente.

c.2.) Asignación de población a fachadas

Para asignar la población a las fachadas de cada edificación se parte de la población total estimada para cada, repartiendo de forma proporcional a la longitud de cada fachada, es decir:

$$N^{\circ} \text{ personas} = N^{\circ} \text{ personas en edificio} \times \text{Longitud de fachada} / \text{Perímetro del edificio}$$

Se han excluido las fachadas de longitud inferior a 2 m y, en el caso de viviendas unifamiliares, se asigna toda la población a la fachada más expuesta.

c.3) Cálculo de niveles de inmisión

El cálculo de niveles de inmisión en fachada se realiza empleando la utilidad que, para ello, presenta el software utilizado (Cadna-A) en su opción "Mapa acústico en edificios-Evaluación de edificios".

Esta utilidad parte de la generación, en cada edificio, de un conjunto de alineaciones de receptores a lo largo de sus fachadas, definidos con las siguientes condiciones, ya expuesta en el capítulo 4 de este Anexo:

- Altura sobre el suelo: 4 m
- Distancia a fachada: 0,05 m (*)
- Distancia máxima entre receptores a lo largo de las fachadas: 3 m
- Longitud mínima de fachada para definir receptores: 2 m
- Distancia mínima a la fachada opuesta: 2 m (para evitar la generación de receptores en edificaciones adosadas a las colindantes)

(*)Para el cálculo de los niveles de ruido en fachada, se considera únicamente el sonido incidente sobre la fachada del edificio que se analiza en cada caso, es decir, no se considera el sonido reflejado en la fachada del edificio donde se realiza la evaluación, aunque sí se consideran las posibles reflexiones en el resto de los edificios y obstáculos.

El cálculo realizado por el programa permite obtener, para cada receptor, el nivel de inmisión sonora previsto en cada uno de los tres periodos de cálculo, además del Lden.

A efectos de estimación del número de habitantes afectados en cada uno de los rangos de niveles de inmisión, se asigna un único valor a cada fachada, para cada periodo, obtenido mediante la media aritmética de los valores obtenidos en los receptores calculados a lo largo de la misma.

Los mapas de exposición al ruido básicos y detallados elaborados son los siguientes:

- Fachadas de edificios expuestas a cada uno de los rangos siguientes de valores de **Lden**, en dB, a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo: 55-60, 60-65, 65-70, 70-75, >75, y el número total estimado de personas (expresado en centenas) cuya vivienda, en la fachada más expuesta, está expuesta a cada uno de estos rangos.
- Fachadas de edificios de viviendas expuestas a cada uno de los rangos siguientes de valores de **Lnoche**, en dB, a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo: 45-50,

50-55, 55-60, 60-65, 65-70, >70, y el número total estimado de personas (expresado en centenas) cuya vivienda, en la fachada más expuesta, está expuesta a cada uno de estos rangos.

- Fachadas de edificios de viviendas expuestas a cada uno de los rangos siguientes de valores de **Ltarde** en dB a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo: 50-55, 55-60, 60-65, 65-70, >70, y el número total estimado de personas (expresado en centenas) cuya vivienda, en la fachada más expuesta, está expuesta a cada uno de estos rangos.
- Fachadas de edificios de viviendas expuestas a cada uno de los rangos siguientes de valores de **Ldía** en dB a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo: 55-60, 60-65, 65-70, 70-75, >75, y el número total estimado de personas (expresado en centenas) cuya vivienda, en la fachada más expuesta, está expuesta a cada uno de estos rangos.

Como comentario general a estos mapas, cabe decir que las cifras de población están redondeadas a nivel de centena, aunque en los cálculos de número total de personas de cada UME se han tenido en cuenta los resultados más detallados de conteo (a nivel de nº de habitantes).

El redondeo se realiza a la centena más próxima de modo que, en el caso de zonas con 1 centena de habitantes afectados (entre 50 y 150 personas), cuyo número de viviendas se redondease a 0 (menos de 50 viviendas), en los planos se han indicado como <1 ó <<1 centenar de viviendas y en el texto se realizan los comentarios oportunos.