

EL MANEJO DE DATOS, PILAR DEL CARTOGRAFIADO ESTRATÉGICO DEL RUIDO Y LOS PLANES DE ACCIÓN

González García, Miguel Ángel

Infraestructuras, Cooperación y Medio Ambiente, S.A.
C/Alfonso XII nº52 28014 Madrid TEL.915399566 FAX.914684183
Miguel@iycsa.com

Resumen:

Partiendo de la experiencia acumulada en la elaboración de Mapas Estratégicos de Ruido, se analiza la importancia de una sólida estructura de datos para su desarrollo, considerando esta formada tanto por elementos de información geográfica como por tablas de base de datos, y las relaciones mutuas entre estos objetos. Se ilustra esta importancia mediante sendos ejemplos, relacionados el primero con el manejo de datos de tráfico de ferrocarril, y el segundo con el análisis de exposición al ruido de la población y el grado de afección. Se finaliza proponiendo algunas de sus utilidades para los futuros planes de acción, como el análisis coste-eficacia.

Palabras-clave: ruido ambiental, exposición de la población al ruido, elaboración de datos.

Abstract

From the experience in making Strategic Noise Maps, an analysis is made of the importance of a solid data structure for its developing. As Data structure is considered both ordinary data tables and data from geographical information systems covertures, as well as the relations between objects. Two case studies are given, the first related with railway traffic analysis and the second one with noise population exposure. Finally, usefulness of data bases for the Action Plans to be made is proposed.

Keywords: environmental noise, noise population exposure, data analysis

1 El volumen de datos manejado, restricción de primer orden

Nuestra empresa cuenta ya con una larga experiencia en los trabajos de Acústica Ambiental habiendo colaborado en la elaboración de Mapas estratégicos de ruido de en torno a 1.000 Km de carreteras y ferrocarriles en la primera fase de implementación de la directiva europea del ruido, y realizado estudios de ruido para un importante número de municipios, especialmente en el área metropolitana de Madrid. A lo largo de este proceso de aprendizaje que ha supuesto la elaboración de cartografía del ruido hemos apostado por un nivel de detalle importante, conociendo la importancia de:

- el relieve del entorno inmediato a la fuente, en detalle, en el fenómeno de propagación del ruido
- una buena definición de los edificios, como obstáculos a la propagación por un lado y como lugar en el que la población (residente en una zona) se encuentra con los niveles de ruido, especialmente durante la noche. Esto es, como lugar donde se produce la exposición al ruido de la población

Además de estas consideraciones se debe señalar que las normativas, como suele pasar en muchos campos, tienden a ser enormemente exigentes en cuanto al alcance de los trabajos. En muchas ocasiones resulta muy difícil o imposible llegar al grado de resolución que se pide. En nuestro campo es el caso del concepto de fachadas tranquilas y otros, que luego no se pueden tener en cuenta simplemente por deficiencias en la cartografía o información disponible.

Así, la consideración a nivel individual de objetos como las edificaciones (cada una con su uso, tipología o altura) o fachadas es del todo indispensable en este tipo de trabajo. Los niveles de exposición se deben representar en cada una de las fachadas, que a su vez contarán con una población dada. Esto se complica aún más si se consideran diferentes alturas del edificio.

Se puede ilustrar la dificultad que entraña el manejo de esta información con el caso del Mapa Estratégico de Ruido de Grandes líneas ferroviarias en Comunidad Valenciana y Cataluña, en el que fue preciso manejar un total de 200.000 edificaciones que entraron en el entorno de estudio (entraban recorridos urbanos en las ciudades de Valencia Barcelona y otras áreas urbanas), y que suponían un total de 2.000.000 de fachadas. Si, como resulta deseable, los cálculos de exposición de la población se hacen mediante el cálculo de receptores en todas las fachadas, el número de estos últimos (que luego habrá que analizar para darle niveles a las fachas) puede llegar a ser de varios millones.

Se suele decir que vivimos en la sociedad de la información, pero quizá sería más conveniente decir que lo hacemos en la de los datos, de los que existen ingentes cantidades. La información es lo que obtenemos del análisis meditado y cuidadoso de estos datos, que nos permite evaluar una situación y tomar decisiones más acertadas. Esto es totalmente aplicable al caso del cartografiado estratégico del ruido y, la posterior adopción de decisiones en el correspondiente Plan de Acción.

2 Tipos de datos que concurren en un trabajo de acústica ambiental

El denominador común más importante de los datos que normalmente se manejan para ingeniería ambiental en general, y para ingeniería acústica en particular, es que tienen un **carácter cartográfico** o espacial. Es decir, se refieren a una determinada zona geográfica o elemento representable en el territorio. Pero en nuestro caso particular hay otra serie de características que es necesario tener en cuenta y que tienen una importancia fundamental:

1. no se trata de clases o grupos de elementos independientes, sino que **tienen una relación uno a varios, generalmente de tipo escalonado**. Así, para el caso que nos ocupa, la secuencia de tipos de elementos puede ser la siguiente:

Término municipal

Distrito censal

Edificación

Fachada

Receptor en Fachada

esta relación implica, lógicamente, que cualquier cambio en la información asociada a un tipo de elemento de las clases inferiores puede (y normalmente lo hace) afectar a la información asociada en los elementos de tipo menor a él

2. precisamente, y por la característica anterior, se trata de unas coberturas de información de **carácter dinámico**...

este carácter dinámico se refiere a que la información está viva, en el sentido de que, a lo largo de un proceso de elaboración de un trabajo pueden aparecer encontrarse errores que han de corregirse, siendo deseable no tener que repetir el proceso completo. Así puede ocurrir que un edificio que se estimaba residencial es, en cambio, de uso educativo, etc.

3. **los datos de cada elementos dependerá de su relación con otros elementos, por una parte, y de condiciones o hipótesis de trabajo que se reflejan también en forma de tablas descriptivas** no propiamente relacionadas con un elemento espacial, sino con las clases que de elemento podamos tener en función de sus características. Por ejemplo, la población de un edificio dependerá de un tamaño de vivienda medio según tipologías, y de la superficie edificable o de planta según cada tipo de edificio residencial. Esto significa que si hiciéramos el tratamiento de los datos de forma secuencial e irreversible (por ejemplo en una hoja de cálculo), habríamos que tratar de forma separada los elementos de un tipo (por ejemplo edificios) según las tipologías que tengan

En cualquier caso, una hoja de cálculo podría parecer la fórmula más adecuada para elaborar los datos, pero, como ya se ha dicho, **la característica de la información que resulta más limitante, es, con mucho, el enorme volumen de información a tratar**. Considérese, por ejemplo, el caso citado, con 200.000 edificaciones y la limitación por ejemplo de excell, que sólo puede albergar tablas de 65.000 elementos (líneas)

3 Herramientas informáticas

Hemos descrito de forma sintética el problema ante el que se enfrenta quien quiere transformar esta ingente cantidad de datos en información, que además debe ser representable en figuras, tablas, gráficos y planos (por ejemplo, un plano de superación de objetivos de calidad acústica nos sería muy útil para un Plan de Acción).

Pero no todo han de ser problemas, y contamos con algunas herramientas informáticas que nos permitirán diseñar la solución. Estas son básicamente cuatro:

1. el **Sistema de Información Geográfica** que manejemos, que nos permitirá introducir datos en nuestros elementos espaciales, o calcular sus características geométricas o de otro tipo
2. nuestro **Programa de Cálculo Acústico**, capaz de devolvernos resultados de niveles de ruido a una cierta altura, o en un receptor o fachada, es decir, representables geográficamente y susceptibles de incorporación en nuestro GIS o como tablas de resultados
3. una **Base de Datos** con suficientes prestaciones, capaz de hacer operaciones de análisis de grandes volúmenes de datos para generar información
4. una **Hoja de Cálculo** que nos permita análisis más precisos y salidas gráficas más adecuadas de la información que hemos elaborado con la Base de Datos

La idea no es un funcionamiento inconexo y separado de cada uno de los programas, sino que estos se integran en un solo sistema, en el cual el puente básico de comunicación será la Base de Datos.

4 principios que deben orientar el análisis o elaboración de los datos para obtener información

Descrito el marco del problema, el primer paso de la solución es siempre estudiar cuales son los márgenes o principios que deben orientar la solución que vamos a definir. Hay algunos que parecen especialmente relevantes, y que son en general bastante conocidos en el mundo de las bases de datos:

- **conocer a los actores y el papel que juegan.** En primer lugar es fundamental describir, de forma explícita, que información es la que debe intervenir en el proceso, en que medida se corresponde con un tipo de información (cobertura GIS o tabla), y que tipo de datos hay que tener en cuenta dentro de cada tabla
- **conocer las relaciones entre objetos.** Una vez que se han identificado los actores y la información que van a aportar (es decir, su papel), se deben explicitar y entender las relaciones que hay entre ellos, y que serán la base del paso de los datos de un tipo de elemento a otro, del que este dependa
- **asegurar la integridad y calidad topológica de la información GIS que vamos a analizar.** Un defecto enormemente extendido en Ingeniería es la inexactitud o imprecisión topológica con la que se definen los objetos cartográficos. Así, un plano de planeamiento urbano generado por un arquitecto o urbanista, en la gran mayoría de los casos, contiene polígonos que se solapan o incluso espacios vacíos o huecos entre polígonos, que luego no se aprecian a la hora de imprimir los planos. Esto no es admisible en un trabajo en el que se va a emplear como información de base la posición espacial de los objetos (por ejemplo la situación de un edificio en un distrito censal) o sus características espaciales (por ejemplo su superficie en planta). Lo recomendable es que las coberturas de información se pasen por correctores de topología
- **integrar la información de los objetos GIS en la Base de Datos de manejo de información.** Por las características de la información que vamos a emplear, la base de datos contará con dos tipos de tablas en las que se incluirán los datos de cada tipo o clase de elemento:
 - tablas típicas o usuales, que se encontrarán físicamente dentro de la base de datos que utilizemos. Serán las correspondientes a elementos no directamente derivados de coberturas de información GIS
 - tablas que incluiremos en la base de datos, pero que físicamente estarán fuera, ya que serán los datos asociados a las entidades GIS. Este tipo de tablas no debemos importarlas a la base de datos, sino vincularlas en ella, de manera que cambios que hagamos de los datos en el GIS que estemos manejando, se actualicen automáticamente en la base de datos
- **separar información de partida y la información elaborada (de análisis).** Dentro de las bases de datos tendremos:
 - cierta información que se puede considerar de inventario o de partida, es decir, aquella que deben aportar cada una de las clases de elementos (tablas) para comenzar el análisis
 - informaciones que, aunque puedan ser intermedias en el proceso de elaboración, no son de origen sino que dependen de la de partida y por tanto varían si lo hace aquella

Resulta muy útil tener el primer tipo de información como tablas de la base de datos, mientras que las del segundo tipo se corresponden más con consultas, esto es, tablas que se generan mediante el cruce de las informaciones de diferentes tablas o operaciones con sus campos, y que deben repetirse con cualquier cambio o modificación de la información de partida

- **divide y vencerás.** Un principio que se recoge en muchas publicaciones sobre bases de datos, y que consiste en que es preferible tener la información dividida en varias tablas relacionadas, lo más pequeñas posible (lo máximo que podamos diferenciar), que en grandes tablas con muchos elementos y campos de muchos caracteres. Este principio permite que las tablas de muchos elementos (y tendremos alguna de millones) sean lo menos voluminosas posibles, al tiempo que nos permite una mayor flexibilidad en el diseño de la base de datos. A la manera de las articulaciones de un miembro, que nos permitirán más libertad de movimientos.
- **cada herramienta tiene su utilidad.** Un principio que la práctica nos permite contrastar día a día es que en general, cada programa, herramienta, persona, etc tiene unas potencialidades y unas debilidades, y es preferible trabajar con varias herramientas que contribuyan con sus fortalezas que con una sola, que puede ser muy buena en su campo concreto pero algo peor en otros.

5 Forma de trabajo General. hacia una simbiosis necesaria de bases de datos, sistemas de información geográfica y hojas de cálculo

Como hemos visto en esta exposición, cada una de las herramientas tiene unas ventajas que en ocasiones pueden ser importantes. Sin embargo, alcanzan su máximo potencial cuando se pueden relacionar las aplicaciones entre sí, a ser posible de forma dinámica. De esta manera generaremos un único sistema de información coherente y adecuado al problema que estemos estudiando, al que accedemos de diferente manera o con diferentes medios según la fase del proceso de trabajo y de maduración del análisis. Estas etapas de maduración, en un proceso genérico de transformación de datos en información útil, muy bien podrían ser las siguientes:

Tabla 1 – etapas del proceso de Gestión de la Información

Sistema de Información: <i>etapas de maduración</i>	5.1.1 Herramienta	5.1.2 Utilidad
1. Conceptualización o descripción del problema	5.1.3 Papel y lapiz	<i>Descripción de qué pretendemos conseguir, en que elementos geográficos y con que información de partida.</i>
2. Definición de la estructura de datos y la forma de trabajo	Papel y lapiz	<i>Separación de los tipos de información (tablas/coberturas GIS) y sus relaciones</i>
	Bases de Datos	<i>Generación de la estructura de datos, en una BD</i>
3. Introducción de los datos	SIG	<i>Introducción de datos geográficos</i>

Sistema de Información: <i>etapas de maduración</i>		5.1.1 Herramienta	5.1.2 Utilidad
		Bases Datos	<i>Introducción de tablas (con las hipótesis y criterios)</i>
		Programa de Cálculo Acústico	<i>Obtención de resultados acústicos e importación como tablas (BD) o coberturas (GIS)</i>
4.	Elaboración de los datos (digestión) y producción de resultados	Bases de Datos	<i>Operaciones con datos, conforme a las hipótesis y criterios datos. Producción de tablas (extensas) de resultados</i>
5.	Análisis de los resultados obtenidos	Hojas de Cálculo	<i>Acceso a los resultados (sólo los significativos) y análisis en hojas de cálculo (con una mayor potencialidad).</i>
6.	Edición / representación de los resultados	Hojas de Cálculo	<i>Generación de tablas de análisis y gráficos</i>
		SIG	<i>Representación cartográfica de los resultados</i>

Cuando el volumen de datos es limitado (no superior a unas pocas decenas de miles) en el proceso se puede eliminar completamente la participación de las bases de datos, realizando los trabajos que en el esquema anterior se hacen con ellas a las hojas de cálculo. Sin embargo, en la generalidad de los procesos de cartografiado estratégico del ruido, resulta necesaria la intervención de programas de bases de datos.

Si conseguimos hacer un **sistema único de información**, los cambios que hagamos en la información o criterios con un programa automáticamente se reflejan si accedemos al sistema con los demás. De esta manera nuestras herramientas de trabajo no conviven sin más de forma paralela, sino que se produce una auténtica *simbiosis* entre ellas, en las que se apoyan y enriquecen mutuamente.

La mejor manera de entender el proceso es recorrerlo con casos reales, cosa que se va a hacer en los siguientes apartados analizando:

- el proceso de preparación de datos de tráfico de trenes para incluirlos en el programa de cálculo acústico
- el proceso de análisis de los resultados y la población, para estudiar la exposición al ruido de esta

6 manejo de datos de tráfico en el caso de ruido de ferrocarriles

El manejo de los datos de tráfico de trenes para la modelización acústica, ha sido uno de los pasos más complejos en el proceso de cartografiado estratégico del ruido de grandes líneas ferroviarias para ADIF. Esta complejidad se debe a que:

- por las condiciones del pliego de los trabajos se debía considerar la reducción o incremento de la velocidad de los trenes a su llegada cada estación (y lógicamente distintas líneas o servicios paran en distintas estaciones)
- al contrario de lo que ocurre en el tratamiento de tráfico de carreteras, en que sólo se diferencian vehículos ligeros y pesados, para los trenes cada modelo de tren puede desarrollar una u otra velocidad máxima
- igualmente cada tren se corresponde con un tipo diferente de emisor acústico (categoría acústica del método holandés), que en algunos casos puede variar incluso según la velocidad a la que circule (estudio piloto del CEDEX)
- lógicamente, y aunque la norma holandesa no lo haga, lo lógico es tener en cuenta la longitud de los trenes, que puede ser diferente para dos trenes del mismo tipo según el trayecto. Esto es necesario porque, lógicamente, el nivel de ruido depende del tiempo de paso del tren por un punto dado, y esto es función de la velocidad y de su longitud. Es decir, no hace el mismo ruido un mercancías de 200m que otro de 400, aunque la norma holandesa los meta en el mismo grupo. Esto se puede tener en cuenta modificando el número de trenes que metemos dentro de cada categoría acústica.

El objetivo del tratamiento será conocer, en un segmento concreto de nuestra fuente lineal de ruido, el número de circulaciones por combinación categoría acústica / velocidad que hemos de meter en nuestra fuente de ruido. Será necesario identificar el tipo de tren que cubre cada recorrido, especialmente en los grandes líneas, porque ello permitirá identificar tanto la velocidad máxima como la composición del tren (número y longitud de los vagones). Por su parte la velocidad será función de:

- la velocidad máxima que puede alcanzar cada tipo de tren
- la velocidad máxima del tramo de vía
- la cercanía a las estaciones (es decir, que el tren esté acelerando o frenando)

Para lograr conseguir esta información se cuenta con:

- datos por una parte de horarios de trenes, diferenciado el recorrido, operador, velocidad máxima y periodicidad semanal, en días y puntos (estaciones) concretos. Son las conocidas como tablas de Mallas.
- Datos de las paradas que efectúa cada tipo de producto de viajeros, disponibles en la WEB corporativa
- Datos de circulaciones globales por cada tramo de línea, y de velocidades máximas también en tramos de líneas, proporcionadas por ADIF
- Fichas de composiciones típicas de trenes, que permiten analizar sus longitudes y nº de vagones
- Información publicada en internet a propósito de características de trenes como velocidades máximas, longitudes de unidades, etc

En este caso concreto, las tablas de datos eran relativamente reducidas (algunos cientos de casos), por lo que el problema fue abordable sin la participación de una base de datos. Los trabajos con entidades geográficas se realizaron con GIS, mientras que los trabajos de análisis se abordaron con hojas de cálculo.

El proceso de trabajo fue el siguiente:

- 1. Tramos/subtramos/segmentos y nodos:** se hace una relación de los nodos principales y secundarios (estaciones, bifurcaciones, etc.) y los tramos de la malla que forman parte del

estudio. Lo primero es reconocer cuales son las estaciones, bifurcaciones, y otros elementos de carácter puntual que diferenciaran diferentes arcos de nuestra red, constituyéndose en **NODOS**. Para una misma UME se podrán entonces diferenciar **TRAMOS** en los que se produce un cambio de número de circulaciones, y **SUBTRAMOS**, en los que puede haber cambios de velocidad máxima de vía (por su trazado o características técnicas), o sencillamente se encuentran entre dos nodos (es decir, se corresponden con un arco). Por último, habrá que fraccionar los subtramos en el entorno de las estaciones, en aquellos **SEGMENTOS** más o menos pequeños en los que se produce una deceleración o aceleración de los trenes a su llegada a la estación (la velocidad de parada en estación se aplicará sólo a los trenes que paran) o en las zonas en las que se da un cambio de velocidad de un subtramo al siguiente, ya que de igual manera habrá un incremento o decremento de velocidad para alcanzar la velocidad del tramo siguiente.

2. **Tablas de Malla:** Se tratan las tablas de mallas, que van a permitir conocer, en un punto/estación concreto que trenes llegan, con que periodicidad semanal (y reparto horario), y diferenciando tipo de producto, longitud del tren o velocidad máxima que puede desarrollar. Para ello hemos de caracterizar cada tipo de tren construyéndonos un diccionario de estos, que describa su longitud, modelo, velocidad que puede desarrollar, tipo de frenos (parámetro importante a introducir en los datos de tráfico), etc. Habremos luego de asignar cada tipo diferente de producto en malla a un tren de nuestro diccionario. Considerando el horario de circulación llegaremos a tener, para cada malla, la proporción de trenes de cada uno de los tipo del diccionario de trenes que circula en cada fracción horaria, y la proporción de circulaciones que se produce en cada tramo horario (día-tarde-noche)
3. **Asignación de Mallas a los Subtramos.** El paso siguiente es asignar a cada subtramo la malla con la que este se corresponde, y ya estaremos en disposición de conocer el número de circulaciones por periodo horario, para cada tren de nuestro diccionario en cada arco de la red, sin más que aplicar las correspondientes proporciones a las circulaciones globales.
4. **Tratamiento de velocidades.** El penúltimo paso del proceso es conocer como va a cambiar su velocidad cada tipo de tren concreto en función de su cercanía a una estación o una zona de transición de velocidades (esto es, en función del segmento del que se trate). Para ello, a cada tren concreto debe aplicársele, en cada segmento de la red, la menor velocidad del par formado por:
 - la máxima velocidad que puede desarrollar (función del modelo de tren y servicio)
 - la velocidad que le es aplicable por el segmento en que se encuentra, que a su vez depende de que vaya a parar en una estación cercana o que haya un cambio de velocidad de vía)

Para que esto sea posible hay que agrupar los trenes, lógicamente, en grupos que se comporten igual en cuanto a las paradas que hacen (normalmente se corresponden con unos pocos tipos para cercanías, otros para regionales, etc..), y analizar como va variando de velocidad estos grupos en los diferentes segmentos, hasta alcanzar la velocidad máxima del tramo en el que se encuentre la segmentación.

5. el último paso es **traducir nuestro número de trenes de un tipo concreto** de los estudiados, en un segmento dado (es decir, circulando a una velocidad), **en una u otra**

categoría acústica de tren. Este último paso no se ha producido antes porque para algunos tipos de trenes la asignación a una u otra categoría acústica depende de la velocidad de circulación

Al final el proceso es complejo, porque cada segmento tiene un número dado de trenes diferente y con distintas velocidades de circulación. Se entiende el ahorro de tiempo y la eficacia que puede suponer el tratamiento conjunto de todos los casos en una hoja de cálculo, en base a supuestos bien explicitados, y la producción de las tablas o listados de trenes para cada segmento de la línea férrea de forma automatizada, mediante una función macro. Esta tabla de trenes por segmento es la que finalmente se incluirá como entrada en nuestro programa de cálculo.

7 manejo de datos para análisis de la población y su exposición al ruido

Como se ha dicho, el cálculo de la exposición al ruido de la población, es uno de los pasos más complejos y laboriosos del proceso de cartografiado estratégico del ruido, manejándose volúmenes de datos muy importantes. En este caso sí que resulta indispensable, por tanto, contar con la ayuda de una base de datos con la que elaboraremos la información para hacer posible su análisis. Lo laborioso de la concepción del sistema de información que vamos a emplear para este trabajo se ve compensado con creces por su flexibilidad, dinamismo, y por la capacidad de análisis que nos da esta forma de trabajar. El proceso se basa en:

- la preparación de un **GIS para cálculo de población, y una base de datos.** Las tablas DBF de las coberturas GIS de edificios, secciones censales zonas de detalle o de conflicto formarían parte de esta base de datos, y estarían ligadas con las tablas de nivel causado, por cada UME e indicador de ruido, en cada una de las fachadas. El cálculo de viviendas por edificio según uso, altura y tipología, ocupación media por vivienda y término municipal, distribución de población en edificios y fachadas, y cálculo de población expuesta por cada UME se elaborarían mediante consultas en base de datos. Esta forma de trabajo se ha aplicado con éxito en los trabajos elaborados para ADIF y Ministerio de Fomento (A4/A5).
- el **análisis de la información de exposición de la población mediante hojas de cálculo** vinculadas a las tablas de consulta de la base de datos. Las hojas de cálculo tienen más restricciones a la hora de manejar grandes volúmenes de información, pero permiten un análisis más pormenorizado.

La cobertura básica sobre la que pivotaría este GIS específico sería la de edificaciones, cuya tabla asociada se introduciría como tabla externa en la MDB de Access, con los siguientes campos

Código alfanumérico del edificio, de forma que quede identificado de forma unívoca.

Término Municipal en el que se encuentra.

Uso del edificio; residencial, deportivo, educativo, etc

nº de alturas con las que cuenta (PB+n alturas, y altura del piso).

Superficie en planta medida con la ayuda del SIG.

Código de la ficha asociada en el estudio de tipologías (trabajo de campo) de edificaciones.

Tipología del edificio, es decir, si es vivienda unifamiliar aislada o adosada, multifamiliar en minibloque o bloque, manzana cerrada o abierta, etc. Esta información no siempre es posible conseguirla, salvo para edificios ya existentes.

Estos datos se obtendrán del inventario de edificaciones, de análisis de las ortofotografías, y de visitas de campo a las zonas más complejas. Coberturas de información que se desprenden de la de edificios, y que permiten asociarle con su situación en un distrito censal o con el nivel de ruido que recibe en una cualquiera de sus fachadas, son:

- **-Centroides:** los edificios de la capa anterior transformados en un punto situado en su centroide, se relacionará con la capa de edificios a través del identificador (ID) y en ella se detalla las características de los edificios relacionadas con su localización (Término municipal, sección censal, unidad de mapa, zona de detalle y zona de conflicto).
- **-Fachadas,** edificios descompuesto en líneas fraccionadas en cada uno de sus vértices. También se relacionan por medio del ID. Los atributos específicos de la fachada son un identificador propio y único para cada fachada, longitud y perímetro del edificio. La información en la base de datos debe estar preparada con gran claridad y coherencia, de forma que sea fácilmente relacionable con:
 - Los resultados de cálculo en los receptores en fachada que hemos situado en cada una de ellas.
 - La edificación a la que pertenece cada una de las fachadas.

Esta coherencia se consigue dando a cada una de las fachadas un código identificativo idéntico al que se haya dado al receptor en fachada correspondiente, y preparando la información de los cálculos en receptor en una tabla que se pueda ligar con la máxima facilidad a la tabla de la cobertura de fachadas, gracias a la existencia de campos comunes

Existen además otras coberturas GIS cuya información sirve para repartir población entre edificios o conocer las características de ubicación del edificio dentro de cada una de las zonas en las que vamos a separar la población expuesta a diferentes clases de ruido:

- **Secciones Censales:** en ella se calculará la población dentro de la zona de estudio a través de la estimación del porcentaje de edificios residenciales del área total de la sección censales que se encuentran dentro del área de estudio. La cobertura sirve además para conocer el término municipal en el que se encuentran los edificios.
- **Zonas de Detalle,** es decir, aquellas zonas que se van a estudiar y analizar a mayor escala de trabajo, generando planos específicos (Fase B), para las que se debe conocer la población expuesta al ruido por separado
- **Zonas de Conflicto,** definidas como las áreas en donde se concentran las afecciones acústicas y para las que los problemas presentan unas características más o menos homogéneas y se pueden tratar de corregir con una misma medida o conjunto de medidas

Otras tablas que se ligarán o asociaran a las tablas anteriores son, sin que tengan una cobertura GIS específica serán:

- **Niveles en fachada:** las fachadas con los niveles calculados mediante el proceso de cálculo de niveles en fachada, además de los niveles tiene el mismo identificador de fachada que la capa de las fachadas.
- **Tamaño medio de vivienda por término municipal,** información proveniente de datos estadísticos.

Toda esta información se trata en forma de base de datos, con lo que se dinamiza el análisis de la población. Así cualquier cambio que se produce en la información (p.ej. el uso de un edificio) durante

cualquier fase del proceso es automáticamente recogida por la base de datos. Una vez que se tiene esta información completa y las relaciones generadas por sus campos se pueden hacer todo tipo de análisis y consultas en la base de datos para obtener las conclusiones oportunas.

Por un lado se tiene una serie de capas relacionadas entre sí, ya sea por causa de su origen (los centroides y las fachadas provienen de los edificios) o por medio de relaciones espaciales (los centroides estarán dentro de un polígono de la cobertura de Término Municipal, Sección Censal, Zona de Detalle y Zona de Conflicto se encuentran o Unidad de Mapa Estratégico. Estas relaciones y correspondencias se reflejarán a su vez como relaciones entre las tablas correspondientes de la base de datos.

Una vez definidas las relaciones se pueden generar consultas que usando estas relaciones generan nuevas tablas de resultados como son: el número de viviendas por edificio, la ocupación media por sección censal, la población por edificio y por fachada, etc.

Elaborada la información mediante estas operaciones en base de datos, el análisis de la información de exposición de la población se ejecuta mediante hojas de cálculo vinculadas a las tablas de consulta de la base de datos, entre las que se encontrarán las de exposición (nivel de ruido) y población de cada fachada para cada UME. Las hojas de cálculo tienen más restricciones a la hora de manejar grandes volúmenes de información, pero permiten un análisis más pormenorizado y detallado para volúmenes de información pequeños y medios. Esta forma de actuar permitirá, con una hoja de cálculo, sacar todos los parámetros de exposición de la población que sean necesarios para cada una de las UME, tablas y gráficos, de forma bastante automatizada. Esta forma de trabajo que se ha aplicado en los dos estudios antes referidos, facilitando y acelerando el trabajo.

Una vez que se obtiene la población por fachada se puede relacionar con los niveles en fachada a través del campo identificador de fachada y a su vez estas con los centroides a través del identificador del edificio, de este modo se pueden generar nuevas consultas que permiten obtener resultados finales como: la población expuesta por Término Municipal, por Zona de Detalle y cualquier otra que pueda ser interesante.

8 a manera de conclusión. potencialidad de la integración gis-bd en la ingeniería ambiental y en los planes de acción en particular

Como hemos visto, la utilización de un Sistema de Información coherente y bien estructurado, al que podamos acceder a través de la herramienta de trabajo que nos sea más útil en cada momento, es la forma más adecuada de transformar datos en información útil, teniendo una serie de importantes ventajas:

- su generación o preparación nos obliga a pensar y explicitar que elementos intervienen en el proceso, cual es su papel y que relaciones se dan entre ellos, por lo que **se llega a comprender mejor el problema y la forma de solucionarlo**
- generamos una **estructura dinámica, flexible y reversible para elaborar la información**, lo que nos permite en un momento dado revisar y corregir errores en la información de partida, replantearnos las hipótesis de trabajo o cualquiera de los pasos intermedios, **sin tener que repetir desde el principio el proceso**, sino tan sólo la parte más o menos automática de las operaciones con datos en la base de datos
- **nos permite manejar un volumen enorme de datos**, lo que no sería posible sin una herramienta de base de datos

- **mejoramos la eficacia del trabajo**, porque aplicamos las reglas y relaciones que hemos entendido y explicitado al conjunto de todos los datos y no a cada una de las entidades o grupos de entidades por separado
- **se mejora la coherencia de los resultados** de diferentes zonas, ya que los datos son tratados por igual en el mismo sistema, reduciéndose el riesgo de error en el proceso

Como se puede entender, el sistema generado será la mejor herramienta para analizar la información, detectar superaciones de niveles de ruido, o plantearnos cualquier tipo de cuestión relacionada con los resultados o los datos que incorporemos al sistema. Para el caso de los Planes de Acción se debe tener en cuenta además que el volumen de datos a manejar se ve incrementado muy sensiblemente, ya que los cálculos de exposición en fachada se ejecutan para todas las plantas de un edificio.

Este sistema de trabajo, basado en un Sistema de Información único vertebrado u organizado en una base de datos, será por tanto una herramienta de gran utilidad para la elaboración de los Planes de Acción que ahora deben comenzarse, ya que:

- permite manejar el enorme volumen de datos a manejar, superior aún al de los mapas estratégicos, porque los cálculos de receptores en fachada se deben realizar para cada una de las plantas de los edificios y al menos para la situación sin adopción de medidas de protección o con la adopción de las que se propongan
- permite definir de la manera que nos parezca más adecuado las zonas de actuación, dividiéndolas o uniéndolas según el criterio que apliquemos, incorporando otras nuevas, etc, y actualizándose de forma rápida los resultados de exposición de la población en cada una de estas zonas
- por la flexibilidad del sistema podremos definir y probar diferentes formas de análisis de la mejor solución / propuesta de actuación posible, con diferentes hipótesis o prioridades, análisis coste / eficacia, etc, ya que estas hipótesis se pueden explicitar en forma de tablas e incorporar al sistema

En la actualidad existen nuevas normativas como la Directiva de Evaluación Ambiental Estratégica, y un riesgo importante de que el Medio Ambiente, por efecto de la actividad humana, deje de prestar los servicios que son indispensables para nuestra vida. Para cumplir con las normas y evitar estas amenazas, respondiendo a la responsabilidad social de nuestro trabajo, es preciso que en la evaluación de los efectos ambientales de cualquier proyecto cambiemos la escala local con la que siempre hemos trabajado y miremos de una forma más regional y global. Para ello hemos de acostumbrarnos a el manejo de grandes volúmenes de información y extensas bases de datos, de objetos normalmente geográficos, y la mejor manera de hacerlo es mediante Sistemas de Información apoyados fundamentalmente en Bases de Datos y GIS.