

**IV CONGRESO INTERNACIONAL DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
ZARAGOZA, 2, 3 y 4 de abril de 2003**

ÁREA TEMÁTICA: Nuevas teorías y técnicas aplicadas a la Ordenación del Territorio.

TÍTULO: Los sistemas de información geográfica aplicados a la gestión de las infraestructuras territoriales. Experiencia de la elaboración de la Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales (EIEL) en la provincia de La Coruña.

AUTOR: Fco. Alberto Varela García.
Investigador del Laboratorio de Estudios Territoriales de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de La Coruña

PROFESIÓN: Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

TELÉFONO: 981.16.70.00 ext. 1401 – 1455 – 1474
687.910.785

CORREO ELECTRÓNICO: t_varela@iccp.udc.es

RESUMEN:

La aparición de los sistemas de información geográfica (SIG) en el ámbito de la ingeniería civil supone un importante avance para infinidad de aspectos dentro de esta disciplina. La posibilidad de conocer desde un ordenador los datos de las infraestructuras de un determinado ámbito territorial, georreferenciados y relacionados con diferentes aspectos geográficos, sociológicos, económicos, urbanísticos, ambientales, etc. del mismo lugar o entorno, hacen de este instrumento un elemento imprescindible en un futuro no muy lejano, para realizar una adecuada gestión de las infraestructuras y servicios existentes sobre un territorio, e incluso para permitir elaborar las planificaciones y tomar las decisiones más acertadas en función de las necesidades detectadas.

Pese a la existencia de estos sistemas desde hace aproximadamente treinta años, los nuevos avances en las herramientas informáticas de los últimos tiempos han permitido unas posibilidades mucho mayores, por lo que investigadores, técnicos e instituciones se acercan cada vez con mayor ilusión a la utilización de estas herramientas. Sin embargo, los componentes de un sistema de información geográfica, las relaciones entre ellos, y el alto nivel tecnológico utilizado por el sistema, requiere un cuidadoso diseño del proceso de elaboración de un SIG, para que el resultado final responda a las expectativas y objetivos marcados en un primer momento.

Desde la Universidad de La Coruña se está realizando para la Diputación Provincial de La Coruña, la Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales desde un planteamiento de un SIG. Para ello se ha creado un importante equipo multidisciplinar dirigido por el ingeniero de caminos Carlos Nárdiz Ortiz, y formado por especialistas de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Facultad de Informática y Escuela de Arquitectura, dentro de las áreas de conocimiento de Urbanística y Ordenación del Territorio, Tecnología Sanitaria y Ambiental, y Lenguajes y Sistemas Informáticos. Desde el año 2000 se viene trabajando en este proyecto que en estos momentos se encuentra en su fase de finalización.

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADOS A LA GESTIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS TERRITORIALES. EXPERIENCIA DE LA ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA DE INFRAESTRUCTURAS Y EQUIPAMIENTOS LOCALES (EIEL) EN LA PROVINCIA DE LA CORUÑA.

1. Introducción

Mediante este texto se pretende destacar el gran avance que supone el uso de un Sistema de Información Geográfico para la gestión de las infraestructuras, los servicios y los equipamientos que atienden las necesidades de los habitantes de un área territorial determinada. Para concretar con ejemplos el desarrollo del análisis, emplearé el trabajo de la Fase IV de la Encuesta de Infraestructuras y Equipamiento Local (EIEL) de los municipios de la provincia de La Coruña que se realiza desde el año 2000 en la Universidad de La Coruña. Este proyecto se desarrolla mediante un convenio entre la Excm. Diputación Provincial y la Universidad de La Coruña, en donde se constituyó un equipo formado por las Áreas de Urbanística y Ordenación del Territorio, Área de Tecnología del Medio Ambiente, y Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos, con la participación activa del Laboratorio de Estudios Territoriales de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y del Laboratorio de Bases de Datos de la Facultad de Informática. (1)

2. Los Sistemas de Información Geográfica. Componentes principales

En primer lugar se debe realizar una definición aclaratoria del significado de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Aunque son muchas las definiciones escritas sobre lo qué es un SIG, en función de qué hace, con qué lo hace,

cómo lo hace, para qué lo hace, etc., presentaré una afirmación que podría ayudar a entender lo que más adelante se expone:

“Un SIG es una aplicación que permite preparar, presentar e interpretar hechos que tienen lugar en la superficie terrestre.” (2)

Si bien podrían discutirse, ampliarse o matizarse partes de la afirmación anterior, en términos generales es una definición clara y concisa, que nos relaciona directamente con las potencialidades que ofrece este método para gestionar datos que se pueden referenciar sobre la superficie del planeta.

Las funciones habituales de un SIG son las derivadas del tratamiento de datos, como por ejemplo la entrada en un sistema informático, la modificación y transformación de los datos, su análisis y visualización. Pero la gran aportación de los SIG con respecto a los sistemas de bases de datos tradicionales, es la potencialidad en el tratamiento de los datos espaciales, analizándolos y representándolos cartográficamente. La posibilidad de representar estructuras y procesos del mundo real de forma cartográfica, revoluciona los conceptos de gestión de datos, por la riqueza de información que genera, ofreciendo una imagen más adecuada de la situación real a analizar, relacionando datos espaciales de temáticas con o sin aparente relación, o provocando nuevas preguntas que llevarán a nuevas investigaciones o análisis que consigan soluciones más adecuadas a los problemas que se presentan.

En el caso de la gestión de la Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales, para el Ministerio de Administraciones Públicas el uso de los Sistemas de Información Geográfica “supone disponer de una herramienta que permite introducir, almacenar, seleccionar, transformar y cartografiar los datos de las infraestructuras y equipamientos locales”. (3)

En definitiva, los SIG constituyen mecanismos digitales en donde los datos espaciales son representaciones abstractas y codificadas de la realidad, de la que se deriva información útil para la resolución de determinadas problemáticas territoriales. Los SIG manipulan y analizan los datos espaciales para convertirlos en información precisa y necesaria para la toma de decisiones, y han servido tradicionalmente para facilitar la ordenación del territorio siguiendo la línea de trabajo inspirada por McHarg y su *Desig with Nature* (4).

Pero un Sistema de Información Geográfico debe ser entendido como algo más que un programa o medio informático para realizar una serie de operaciones de tratamiento de datos espaciales. La elaboración de un proyecto de SIG necesita la participación de diferentes componentes, todos ellos importantes y con una función imprescindible en la ejecución del proyecto, para que se logre el objetivo marcado inicialmente. A lo largo de este texto intentaré analizar brevemente la participación de los componentes del SIG en cada una de las fases de proyecto, intentando poner de manifiesto algunas de las dificultades con que hay que enfrentarse al realizar un proyecto de este tipo.

En el diagrama de la **Figura 1**, se relacionan los cinco componentes principales empleados en cada momento del proyecto. Estos componentes aparecen reflejados en el esquema mediante un número: **1.Tecnología; 2. Datos; 3.Métodos; 4. Organización; 5. Cuerpo de ideas**. La **tecnología** hace referencia al software y al hardware utilizado; los **datos** a las abstracciones de la realidad; los **métodos** son aplicables a cada una de las actividades de diseño, creación y operación del SIG; la **organización** comprende los objetivos, gestión, procesos, personal, etc. necesarios en un proyecto SIG; y el **cuerpo de ideas** indica el desarrollo teórico existente en cada uno de estos componentes. A lo largo de un proyecto SIG existen enlaces e interconexiones entre todos estos componentes. Aunque en el diagrama aparecen marcados claramente los puntos en los que tiene un papel relevante cada uno de estos componentes, es cierto que no se pueden asignar por lo general a una parte exclusiva del proyecto SIG, sino que su presencia será necesaria a lo largo de todo el proceso. De hecho la relación lineal que se muestra, no será así normalmente, y reflejaría más la realidad si mostrase secuencias multiniveladas y procesos iterativos entre los diferentes pasos, hasta conseguir el objetivo perseguido.

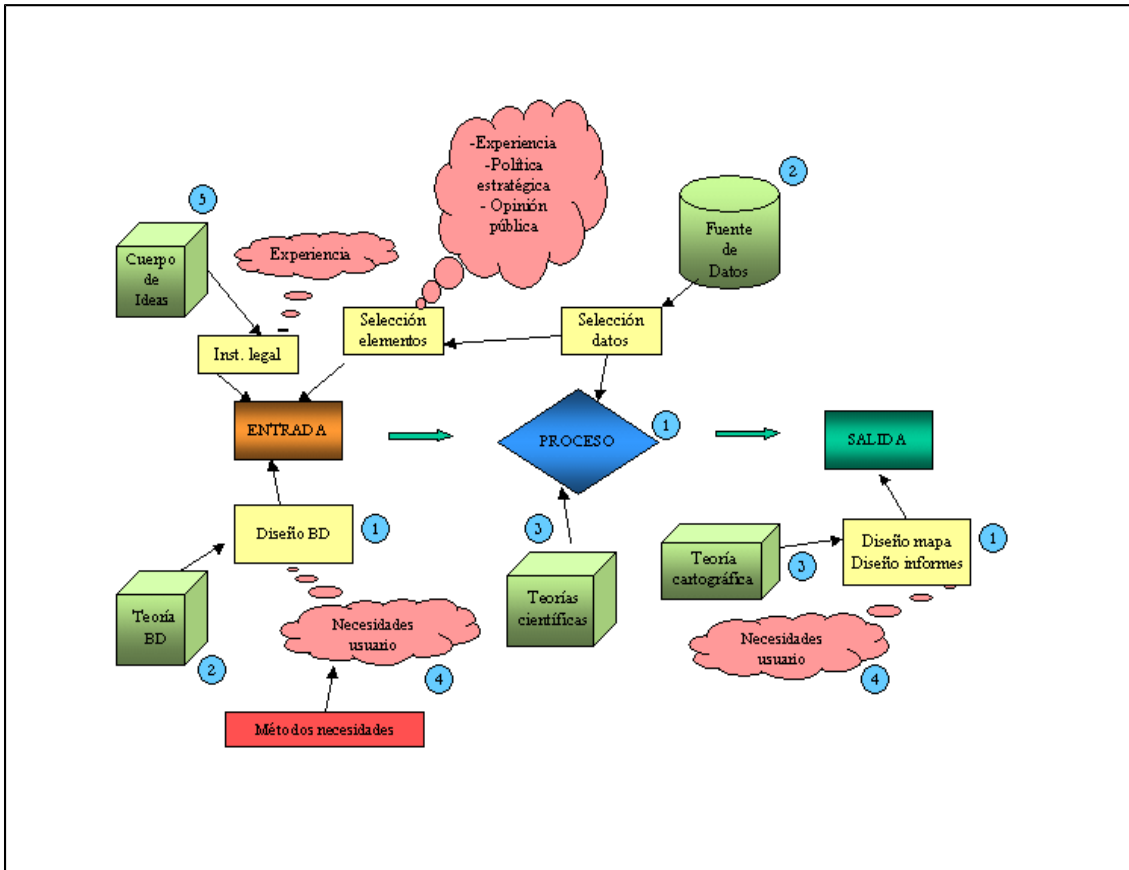


Figura 1. Diagrama de relaciones en el proyecto de SIG. (5)

3. Proceso de desarrollo de un SIG

Pese a que la EIEL tiene unos objetivos claros, y una información a recoger definida por parte del Ministerio de Administraciones Públicas (MAP), se entendió desde el primer momento que el esfuerzo que suponía realizar este proyecto, debería tener la potencialidad suficiente para ser usado como algo más que una encuesta que reflejase la situación de las infraestructuras y equipamientos de los municipios en un determinado momento. Por este motivo la primera parte del trabajo se desarrolló estableciendo unos objetivos globales a cubrir con la realización de este proyecto, definiendo y seleccionando la información a recoger, a partir de las indicaciones del MAP, y diseñando el modelo estructural de las bases de datos necesarias para conseguir estos

objetivos. La realización correcta de este primer paso posibilitará un uso eficiente y rentable del SIG una vez terminado, por lo que será de especial importancia considerar un diseño del sistema capaz de perdurar en el tiempo, y de dar respuesta a las necesidades demandadas. Siempre dentro de los límites presupuestarios y de los plazos de tiempo con los que se cuentan.

Aunque a lo largo del proceso de elaboración de la EIEL ciertos métodos de trabajo, ciertos procesos, e incluso ciertos objetivos se han ido modificando y transformando en función de la propia evolución del trabajo y de las eventualidades surgidas, es fundamental establecer con rigor esta primera fase del proyecto, y en la medida de lo posible no separarse mucho a lo largo del proceso de los criterios fijados. Una labor cuidadosa y estudiada en esta fase ayudará a enriquecer en gran medida el resultado final, y reducirá un gran número de problemas que habrá que resolver improvisando sobre la marcha. Casi nunca podrán evitarse completamente estas decisiones, más o menos precipitadas, que intentan solucionar una cuestión que debería estar definida con anterioridad, aunque siempre deberán tomarse con criterios técnicos y científicos rigurosos, que se acerquen a los objetivos globales marcados inicialmente.

En esta primera fase de la elaboración de la EIEL se optó por realizar una división de los datos exigidos por el MAP, y los añadidos por la comisión de coordinación del proyecto, en diferentes áreas temáticas: información general, red viaria, abastecimiento de agua, saneamiento y depuración, servicios y por último, equipamientos. Se establecieron grupos especializados en cada una de

estas áreas para el tratamiento de los datos, tomando el municipio como unidad territorial de la encuesta, pero concretando la información a nivel de núcleo de población. Además se formó un grupo especializado en sistemas informáticos de bases de datos, y otro en temas cartográficos para elaborar los planos necesarios durante el proceso de trabajo y durante la salida gráfica de los resultados finales.

La relación entre estos grupos, así como el proceso operativo seguido a lo largo de la elaboración de la EIEL puede observarse en el esquema simplificado de la **Figura 2**. El trabajo conjunto entre el grupo de bases de datos y el grupo de cartografía, así como las relaciones de estos grupos con el resto, fueron fundamentales para la construcción del sistema de información geográfica de la EIEL en la provincia de La Coruña.

A parte de la construcción del sistema informático que soporte los datos alfanuméricos y geográficos, las claves fundamentales del proyecto SIG son los datos. La calidad de los mismos repercutirá proporcionalmente a la calidad de la EIEL, y del SIG creado. Al mencionar los datos, no sólo se hace referencia a los alfanuméricos recopilados de diversas fuentes de información o generados tras un metódico trabajo de campo, sino también a la cartografía utilizada para georreferenciar las infraestructuras y los elementos territoriales a encuestar, asociando sus datos técnicos a las coordenadas espaciales que los definan geoméricamente sobre el territorio, estableciendo de esta forma su localización exacta y su relación con el resto de elementos geográficos.

Las fuentes de datos que debemos consultar en un proyecto de este tipo, pese a ser datos técnicos de infraestructuras y servicios públicos, son ciertamente deficientes, lo que obliga a un exhaustivo trabajo de campo en muchas ocasiones, además de las consultas a las distintas instituciones, organismos, empresas o administraciones responsables de estas infraestructuras o parte de ellas. Las reuniones con técnicos y las consultas de los diversos proyectos realizados serán fundamentales para obtener alguno de los datos necesarios. La toma de datos debe estar perfectamente definida desde el principio del trabajo para conseguir establecer unos criterios claros y permanentes, en la medida de lo posible, durante todo el proceso, intentando conseguir la máxima homogeneidad en la calidad del trabajo, independientemente de las personas del equipo responsables de conseguir los datos de cada tema o en cada municipio. En este sentido debe señalarse que este proyecto de elaboración de la EIEL en la provincia de Coruña contó a lo largo de dos años con la participación de aproximadamente 150 personas.

En muchas ocasiones los datos necesarios para el trabajo a realizar no existen, y en otras se sabe que existen o existieron, pero se encuentran dispersos por algún/os edificio/s de la administración/es o en el de alguna/s empresa/s concesionaria/s, con la consiguiente falta de información por parte de la Administración de la situación en la que se encuentran algunas infraestructuras de uso público o alguno de los servicios bajo su responsabilidad.

Figura 2. Esquema del proceso operativo de elaboración de la EIEL en la provincia de La



Coruña. Elaboración propia.

Los datos alfanuméricos necesarios en el caso de la EIEL, son en general datos técnicos sencillos, y en algunos casos elementales, pero que en demasiadas ocasiones se vuelven prácticamente inaccesibles. Se recogen datos como códigos de carreteras, tipos de pavimento, ancho, estado, longitud, señalización, diámetros y tipos de material en redes de abastecimiento y saneamiento, capacidad de depósitos, características de depuradoras, superficie y uso de edificios públicos, características de vertederos, etc. Pero la apuesta de realizar un SIG es que no solamente se debe conseguir estos datos técnicos, sino que se debe localizar con coordenadas geográficas la ubicación de cada uno de los elementos a encuestar.

En general, existe una completa descoordinación entre los organismos de quién dependen estos datos, lo que origina casos en donde la información muchas veces es inexistente o no se sabe si existe. En otras se encuentra duplicada (en muchas ocasiones con datos contradictorios), y en otras, donde aún sabiendo que existen datos, trabas administrativas o ineficiencias varias, impiden acceder a ellos. Cualquiera de estos aspectos es ciertamente preocupante por la deficiente gestión que conlleva en la mayor parte de los casos, y por el derroche que supone para las arcas públicas la realización de trabajos similares por instituciones públicas diferentes.

Un ejemplo es la cartografía digital, cada vez más frecuente en cualquier región, incluso repetida en ocasiones para una misma zona por distintas instituciones, y casi siempre con dificultades para acceder a ella. En este tipo de datos, fundamentales para la elaboración del SIG, hay que tener presente el formato empleado y la escala a utilizar según el nivel de detalle que se pretenda conseguir en el trabajo. Normalmente, por falta de presupuesto, es necesario trabajar con cartografías digitales existentes. Este hecho, además de impedir el control de su realización para que la cartografía se elabore con criterios adecuados para el uso en un SIG, trae problemas añadidos, como son la diferencia temporal en la realización de los planos utilizados de ciertas zonas, o la excesiva “antigüedad” de alguna cartografía a utilizar, lo que obliga a un trabajo de actualización, si es posible, mediante la digitalización de nuevos elementos que no estuviesen cartografiados, y de los que existan proyectos o fotografías aéreas recientes (carreteras, urbanizaciones, puertos, etc.). Digitalización, que también será necesaria cuando sólo se disponga de

cartografía analítica de una determinada zona territorial sobre la que se quiere trabajar. Otro problema que hay que afrontar es la diferente estructura que utiliza cada una de las cartografías digitales necesarias, al estar elaboradas en distintos años, por empresas distintas y para administraciones diferentes. En este caso es obligado realizar un análisis detallado de cada uno de los elementos cartográficos, para su posterior transformación con el fin de elaborar planos adecuados para la toma de datos en campo, y con una estructura homogénea para su posterior utilización en el SIG.

La cartografía digital utilizada en la elaboración de la EIEL tiene escala 1/5000, aunque en determinadas zonas o para digitalizar elementos concretos se utilizasen cartografías (digitales y analíticas) a otras escalas. Pese a que en un principio no se creía posible, durante el proceso de trabajo se fue consiguiendo, con ciertas dificultades y a través de distintas administraciones, la cartografía digital a 1/5000 de todos los municipios de la provincia de Coruña. Tras resolver las dificultades antes comentadas, y establecer unos criterios de selección de los elementos cartográficos necesarios para su incorporación al SIG, se consiguió construir una cartografía base uniforme de toda la provincia, sobre la que digitalizar y superponer las infraestructuras, equipamientos y aquellos elementos que tuviesen interés para la adecuada gestión de la EIEL, como por ejemplo las delimitaciones administrativas.

Una parte fundamental de todo el proceso es la supervisión constante del trabajo y de los datos que se van recopilando. En un trabajo con un volumen de información tan grande como son todas las infraestructuras y equipamientos de

la provincia de La Coruña, y en el que participa un elevado número de personas, el establecimiento de criterios claros y precisos para desarrollar el trabajo, no garantiza que éstos se cumplan siempre. Por lo tanto, será fundamental establecer mecanismos para el control de los datos y la realización periódica de validaciones de la calidad de los mismos, tanto visualmente como mediante aplicaciones informáticas que comprueben la coherencia de los datos a través del cumplimiento de unos determinados requisitos.

4. Presentación de datos

Una vez comprobada la fiabilidad de los datos se puede proceder a la última parte de la realización del proyecto, es decir, la presentación y utilización de los datos recogidos para ofrecer información y dar servicio a los demandantes de la misma. A partir de este momento se establecen las pautas para reflejar adecuadamente todo el volumen de datos existente, de forma que sea operativo para quien lo utilice, ya sea a través de aplicaciones informáticas de consulta, mantenimiento y explotación de los datos, a través de consultas públicas en internet (**Figura 4**), o mediante la impresión de planos temáticos en papel (**Figura 3**).

Las representaciones cartográficas de objetos reales sobre el territorio, son sin duda, el medio informativo más claro, preciso y de mayor rapidez de comprensión que cualquier descripción escrita o numérica de esa realidad. Por este motivo se apostó por utilizar todo el potencial de la cartografía para presentar los datos que se estaban recogiendo, y esta visualización espacial

de los mismos es sin duda una de las mayores aportaciones realizadas en este proyecto.

La utilización de los SIG nos permiten además poder representar geográficamente cualquier característica propia de las entidades espaciales. Por este motivo se pueden construir planos y cartografías temáticas completamente nuevas, en donde se reflejen circunstancias socioeconómicas o técnicas, que hasta esta tecnología no se habían realizado, o se habían hecho con enorme esfuerzo. Además se pueden establecer relaciones entre las entidades, y representarlas, para encontrar explicaciones a determinadas realidades, o para encontrar nuevas preguntas que nos lleven hacia nuevas investigaciones.

Pese a los avances realizados en la representación cartográfica, y a las nuevas posibilidades que ofrecen los SIG para la representación de aspectos que nunca se habían mostrado cartográficamente, son todavía muchas las interpretaciones, estimaciones, y decisiones que deben tomarse para conseguir un documento gráfico suficientemente expresivo, sencillo y rápido de comprender, sobre la realidad territorial existente. Sin embargo, merece la pena el esfuerzo ya que se ofrece una lectura más rápida, clara y atractiva del trabajo realizado.

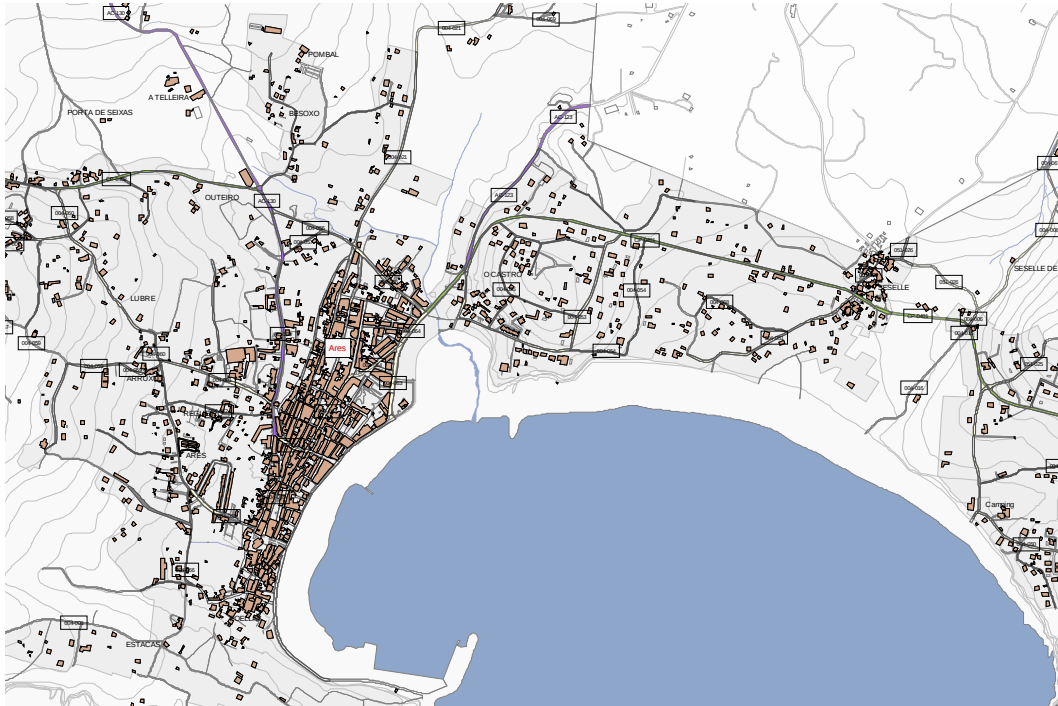
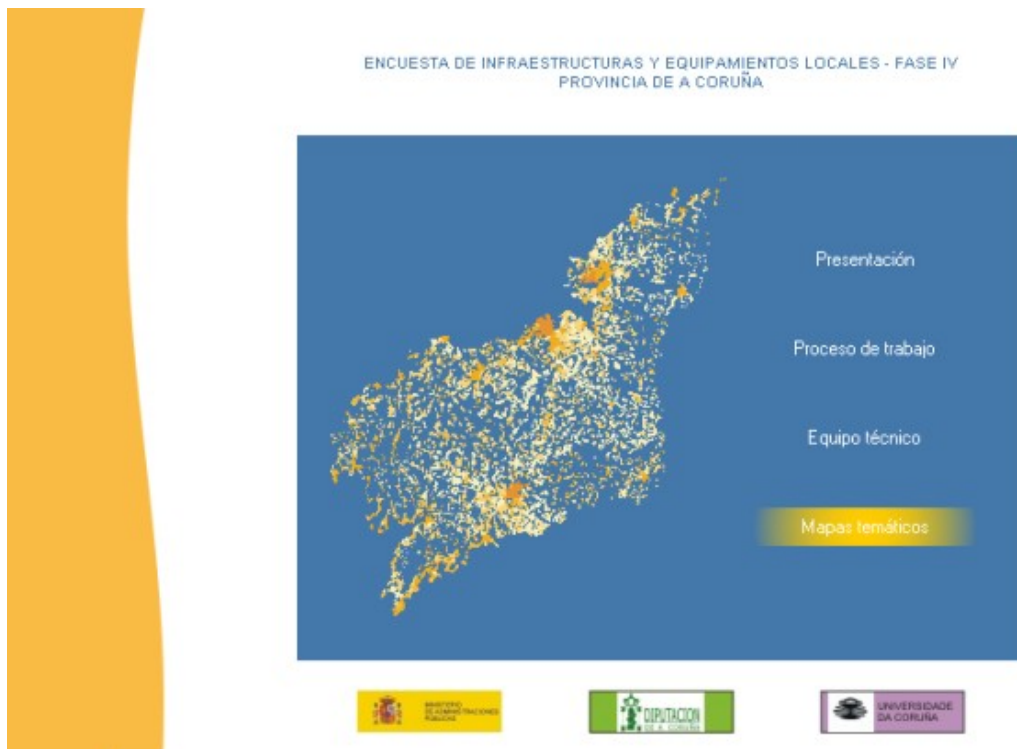


Figura 3. Plano de red viaria de la EIEL en la provincia de Coruña. Elaboración propia.

Figura 4. Imagen de la página web principal de la EIEL en la provincia de Coruña.



En proceso de publicación.

5. Conclusiones

En este momento del proceso lo más importante es haber conseguido un producto que sea operativo y funcional. Pero no sólo eso, sino que tenga el dinamismo suficiente para resistir los cambios que se produzcan en los datos. Es muy importante que un proyecto de este tipo tenga una actualización y un mantenimiento constante para conseguir tener en todo momento los datos más actuales, ofreciendo la posibilidad de tomar las decisiones más adecuadas para cada momento.

Sobre la operatividad de un SIG, Javier Moldes (1995) considera que este sistema puede llegar a constituir el eje central de la gestión municipal, aunque esta valoración puede aplicarse a otras administraciones o a organismos privados. Indica que “el objetivo fundamental del SIG es crear y mantener un modelo de la ciudad (a mi entender, podría extenderse a un modelo del territorio) para tener un conocimiento de ésta que posibilite una gestión idónea de las funciones del municipio” (6). Por su parte, Jose I. Barredo (1996) nos habla de los SIG como “potente herramienta de planificación cuando se dispone de una base de datos suficientemente amplia” (7). Compartiendo ambos pensamientos, debo reafirmar la importancia de los datos para realizar tanto una eficaz gestión, como para elaborar una planificación adecuada a las necesidades existentes.

Todos los inconvenientes comentados a lo largo de este texto en cuanto a la obtención de datos, se eliminan con la utilización de un SIG que reúna y centralice toda esta información. Cada municipio, administración o usuario,

dispondría de una cartografía con las características y datos más relevantes de las infraestructuras y equipamientos, así como datos generales de los municipios, entre los que se encuentran por ejemplo el número de habitantes, viviendas por núcleo, o el planeamiento municipal. Esto supondría, en gran parte de los municipios, contar por vez primera, por ejemplo, con planos de sus redes de abastecimiento o de saneamiento. Y en algún caso, supondría incluso manejar un plano reciente de su término municipal.

El avance que significaría este hecho en todos los ayuntamientos sería gigantesco, ya que serviría como herramienta de control del patrimonio municipal, almacenando un gran volumen de información, y permitiendo una actualización rápida y efectiva los datos del mismo (8). Se conseguiría tener información actualizada sobre los servicios de un municipio, con lo que esto supone para resaltar deficiencias en los mismos y en relaciones entre ellos, o para encontrar desequilibrios entre diferentes territorios gracias a la georreferenciación de los datos. Además, estos análisis son un extraordinario punto de partida para poder establecer planificaciones efectivas que intenten paliar estas carencias.

NOTAS Y REFERENCIAS

- (1) Este equipo de trabajo estuvo dirigido por Carlos Nárdiz Ortiz, y coordinado por una Comisión formada, además del propio director de la Encuesta, por Xosé Lois Martínez Suárez, Joaquín Suárez López y Nieves Rodríguez Brisaboa, profesores de la universidad pertenecientes

respectivamente, a cada una de las áreas mencionadas. En esta Comisión de Coordinación se integró también, al Arquitecto Jefe (Francisco Freire) y al Arquitecto Técnico (Pedro González) de Servicio de Asistencia a Municipios de la Diputación Provincial, así como a diferentes investigadores de cada una de las áreas temáticas Carmen García, Jose Viqueira, Miguel Luaces, Ricardo Beltrán, Jesús Conde, Alfredo Jácome y, quién redacta este texto, Alberto Varela.

- (2) TOMLIN, C. Dana. *Geografic Information System and Cartographic Modeling*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1990.
 - (3) Ministerio de Administraciones Públicas. Manual de Instrucciones de la Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales. Madrid, 2000.
 - (4) Prólogo de BOSQUE SENDRA, Joaquín del libro de BARREDO CANO, José Ignacio. *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. RA-MA, Madrid, 1996.
 - (5) Elaboración propia a partir de la documentación del Máster Internacional de Sistemas de Información Geográfico de UNIGIS.
 - (6) MOLDES TEO, F. Javier. *Tecnología de los sistemas de información geográfica*. RA-MA, Madrid, 1995.
 - (7) BARREDO CANO, José Ignacio. *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. RA-MA, Madrid, 1996.
 - (8) Conselleria d'Obres Publiques, Urbanisme i Transports de la Generalitat Valenciana. *Sistema de Información Territorial*. Valencia, 1991.
-