

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A LA GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO URBANO

José Manuel Mesa*, Gemma M. Martínez*, Belén Prendes**; Antonio Bello**

*Area de Proyectos de Ingeniería, Universidad de Oviedo.

**Dpto. Construcción e Ingeniería de la Fabricación, Universidad de Oviedo.

C/Independencia, 13, 33004 Oviedo -Asturias

Tfn.: + 34 985104272

Fax: + 34 985104256

E-mail: mesa@api.uniovi.es

Resumen

El empleo de sistemas de información geográfica estuvo inicialmente asociado a cartografías de grandes escalas y limitado a sectores concretos (estudios climáticos, gestión de recursos naturales, planificación urbanística y gestión de infraestructuras,...). Sin embargo, las enormes posibilidades de aplicación que ofrece la referenciación espacial de información y su posterior tratamiento, visualización y análisis, han extendido su utilización a muy diversos usos.

En este caso, se presenta un sistema destinado a mejorar el mantenimiento de una ciudad, integrando el mobiliario urbano, la señalización de tráfico, estado de las aceras, calzadas, etc. Inicialmente se realiza un inventario riguroso de todos los elementos existentes, registrando su localización y estado de conservación. Este trabajo de campo se lleva a cabo utilizando dispositivos PDA (Personal Digital Assistant), localizando cada elemento sobre la cartografía disponible. Asimismo, en caso de detectarse la necesidad de alguna operación de mantenimiento o sustitución, ésta es registrada almacenando su ubicación e información asociada, así como una fotografía digital de dicho problema. Toda la información recogida, tanto gráfica como alfanumérica, se integra posteriormente de forma automatizada en el sistema de información geográfica. Esto permite no sólo una mejor gestión de todos los elementos existentes, su localización y conservación, sino que constituye una útil herramienta para la valoración y planificación de las actuaciones necesarias lo que se traducirá en un mejor empleo de los recursos disponibles y en una mayor rapidez de las intervenciones.

Abstract

The use of GIS (Geographic Information Systems) was originally associated to big scale cartographies and a few specific sectors (climate studies, natural resources or infrastructure management). Nowadays, its use has been extended to very diverse uses. In this case, a system is designed to improve the maintenance of a town, integrating the urban hardware, traffic signals, state of the sidewalks, roads, etc. At first a meticulous inventory of all the existing elements was made, registering its location and state of conservation. This work is made by using PDA (Personal Digital Assistant) devices, and locating each element on the cartography available. Also, in case of find out the requirement of some maintenance or substitution operations, these problems are registered, storing its location and related information. A digital photography of this problem is taken and saved as well. All, graphical and alphanumeric, collected information, is incorporated later in the GIS. This allows not only one better management of all the existing elements, its location and conservation, but that its a

useful tool for the valuation and planning of the necessary performances what it will be translated in a better use of the resources available and in a greater quickness of the interventions.

1 Introducción

El desarrollo y crecimiento de las ciudades ha propiciado la generalización, en todas las calles y barrios de las mismas, de diversos elementos que cumplen distintas funciones y que habitualmente se engloban bajo la denominación de mobiliario urbano. Dichos elementos contribuyen a mejorar la calidad de vida de sus habitantes y, en muchos casos, además de cumplir su función específica, su especial diseño, disposición y características, los convierte en elementos estéticos, pudiendo llegar incluso a ser parte de la identidad de una ciudad. La considerable cantidad, variedad y dispersión geográfica de estos elementos en cualquier ciudad, convierte la tarea de mantenerlos en buenas condiciones en difícil.

Por otra parte, el periodo temporal desde que se detecta una necesidad de reparación, sustitución, o alguna otra actuación, hasta que efectivamente se realiza, puede alargarse de forma considerable. En muchos casos son operarios municipales, dedicados normalmente a otras funciones, como limpieza o jardinería, los que detectan dichos problemas y lo comunican de forma más o menos precisa al servicio de mantenimiento. Es decir, muchas veces no se localizan de forma exacta y se determinan previamente, por parte de personal cualificado, los trabajos a realizar.

A partir de esa información de diversa procedencia y bastante limitada, se elaboran y planifican las siguientes operaciones a realizar, estableciendo los objetivos o prioridades del servicio y generando un presupuesto estimado que tendrá que ser posteriormente aprobado por el municipio. El proceso se alarga aún más si son las quejas o denuncias de los ciudadanos las que promueven el acondicionamiento o mejora de un determinado elemento, de una calle o barrio.

Cuando finalmente las actuaciones a realizar han sido presupuestadas y aprobadas, son comunicadas al personal de mantenimiento. En este momento es posible que haya que volver a localizar nuevamente los elementos y que incluso los trabajos a realizar sean distintos a los presupuestados.

Evidentemente no se pueden eliminar los cauces administrativos necesarios, pero sí tratar de mejorar la gestión del sistema. Para ello, como un primer paso, los ayuntamientos necesitan disponer de un inventario lo más actualizado posible, que les permita conocer y administrar de forma adecuada las diversas operaciones que dichos elementos requieren, como reparaciones, sustituciones, nuevas implantaciones o retiradas, etc.

Inicialmente, el empleo de sistemas de información geográfica estuvo asociado a cartografías de grandes escalas, y limitado a sectores concretos (estudios climáticos, gestión de recursos naturales, planificación urbanística y gestión de infraestructuras [1], [2],...). Otra limitación a su uso era que sólo las grandes entidades públicas y privadas podían disponer de los equipos y herramientas software necesarios. Sin embargo, las enormes posibilidades de aplicación que ofrece la referenciación espacial de información y su posterior tratamiento, visualización y análisis, han extendido su utilización a muy diversos usos [3], [4]. Además el desarrollo tecnológico ha permitido que el equipamiento necesario, así como las aplicaciones software comerciales sean mucho más asequibles, al alcance de cualquier empresa o de las pequeñas corporaciones municipales.

En este trabajo se plantea como posible solución la creación de un sistema de información geográfica (SIG). Además esta propuesta genera durante la fase de explotación un

abaratamiento, tanto de tiempo como económico, al permitir una mejor distribución y empleo de los recursos, planificar las reparaciones, sustituciones, etc.



Fig. 1: Algunos ejemplos de elementos cartografiados

2 Herramientas empleadas

Como se indicó anteriormente la creación de sistema de información geográfica es el núcleo de sistema desarrollado. Dichos sistemas integran distintos elementos, todos ellos necesarios para su correcto funcionamiento, como son:

- Herramientas hardware: en este caso, además del equipo de trabajo en gabinete, se requieren otra serie de dispositivos para el trabajo en campo siempre asegurando la compatibilidad entre sí.
- Herramientas software: de entre los numerosos productos comerciales existentes de creación y edición de SIG, se seleccionó aquél cuyas funcionalidades se adaptaban mejor en este caso. Por otro lado se escogió también el sistema gestor de bases de datos más adecuado.
- Datos o información: tomando como base la cartografía del municipio son recogidos, organizados y vinculados entre sí diversos elementos gráficos y alfanuméricos.

Una adecuada selección de las herramientas, tanto hardware como software, es fundamental para realizar de forma satisfactoria tanto el diseño y el desarrollo del sistema de información geográfica como las etapas posteriores de configuración y pruebas. Por otro lado, en esta selección también debe tenerse en cuenta los requisitos, la información necesaria y las condiciones de uso durante la fase de explotación del sistema, de forma que se convierta en un instrumento útil y sencillo para llevar a cabo las tareas de mantenimiento urbano, objetivo del proyecto.

A continuación se describen las características de las herramientas hardware y software empleadas, mientras que los datos (información) y personal que forman el sistema presentado se detallan en apartados posteriores.

2.1 Herramientas hardware

Como se ha indicado anteriormente el SIG está centralizado en un ordenador base cuyas características son las necesarias para soportar la aplicación comercial descrita posteriormente y la base de datos, es decir, sin unas características especiales.

Sin embargo, uno de los aspectos fundamentales en este caso es la recogida de datos en campo, que permita eliminar la imprecisión existente en la actualidad. Para ello se ha optado por el uso de equipos PDA (Personal Digital Assistant). Estos equipos proporcionan un fácil manejo en el trabajo de campo, dadas sus reducidas dimensiones, permitiendo la localización de los distintos elementos sobre la cartografía y la inserción de los datos directamente en formato digital, lo que agilizará su volcado en el equipo principal y por tanto su permanente actualización.

Además, junto a los PDA, se utiliza una cámara fotográfica digital, de forma que se puedan almacenar una imagen real de cada elemento introducido en el sistema. Dichas cámaras no

requieren unas características muy elevadas (se han utilizado cámaras de resolución inferior a 1 Mega píxel), ya que las fotografías no precisan una gran calidad o resolución lo que minimiza además su tamaño facilitando además su almacenamiento.

2.2 Herramientas software

Las aplicaciones SIG integran información gráfica en distintos formatos gráficos (ráster o vectorial) así como información alfanumérica. Permiten establecer una vinculación entre la representación gráfica de un elemento (dónde se pueden apreciar su localización, dimensiones, etc.) y la información alfanumérica disponible, actualmente incluso es posible asociar documentos en distintos formatos, imágenes, etc.

Existen numerosas aplicaciones comerciales que proporcionan las herramientas necesarias para la creación de sistemas de información geográfica como Autodesk Map, ArcView, Geomedia, o Microstation Geographics, entre otros. En general todos ellos incorporan funciones como:

- Captura y organización de datos que permite insertar los datos, procesarlos y organizarlos.
- Establecimiento de relaciones topológicas entre las entidades gráficas permite hacer posteriormente diversos análisis espaciales (intersección de polígonos, creación de mapas temáticos, localización y selección de entidades o agrupamiento y clasificación de las mismas,...).
- Trabajo con distintos sistemas gestores de datos, generación de consultas e informes.
- Funciones para la salida de datos y representación gráfica y cartográfica de la información.

Entre las numerosas opciones disponibles se seleccionó Autodesk Map [5] porque se adaptaba a las características de este caso. La sencillez de manejo, las funciones proporcionadas, la cartografía disponible, así como la compatibilidad con el software destinado a los PDA para el trabajo en campo fueron algunos de los aspectos considerados para efectuar esta selección.

Por otro lado, el almacenamiento y gestión de la información alfanumérica se realizó mediante una base de datos Access, dado que el volumen de datos no era muy elevado y proporcionaba las herramientas requeridas en el sistema de información geográfica (inserción de datos, generación de informes, ...)

3 Diseño y configuración del sistema

Una vez seleccionados los dispositivos hardware y el software comercial empleado, en este apartado se describen las etapas llevadas a cabo en construcción del sistema. En primer lugar se realizó una revisión y adecuación de la cartografía a emplear, corrigiendo errores y desarrollando algunos elementos para mejorar las características y agregar algunas funcionalidades. Simultáneamente se diseñó la base de datos asociada al sistema de información geográfica teniendo en cuenta los requisitos de explotación final de dicho sistema.

3.1 Preparación de la cartografía

En este caso la cartografía empleada tiene una escala 1:4000 por ser la disponible del municipio utilizado como ejemplo. Dicha cartografía responde a las necesidades del proyecto y resulta adecuada para su utilización en el equipo principal. Sin embargo, es necesario reducir su tamaño para el trabajo en los equipos de campo (PDA). Por tanto, se eliminó parte de la información disponible en dicha cartografía, manteniendo la necesaria para la correcta localización de los elementos del mobiliario urbano. Del mismo modo se establecieron zonas de trabajo (en el caso del ejemplo 4) de forma que a cada una de ellas se dispone de uno de estos mapas simplificados.

En este proceso de simplificación de la cartografía, se redujo el tamaño del mapa de unos 5 Mbytes a mapas de zona mucho más pequeños (de unos 700 Kbytes), manteniendo la información necesaria para el trabajo de campo y consiguiendo un plano más sencillo y fácil de usar en campo.

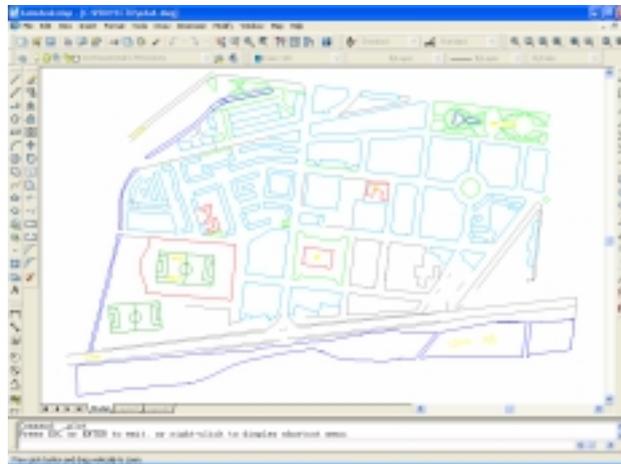


Fig. 2: Ejemplo de la cartografía simplificada

Por otro lado se creó una completa librería de bloques de Autocad para la representación en los distintos elementos a insertar en la cartografía que está disponible tanto en el equipo principal como en los PDA.

La cartografía es una abstracción de la realidad, un dibujo compuesto por símbolos que representan objetos reales. Sin embargo, dicha representación gráfica carece de cierto tipo de información, en concreto las relaciones espaciales establecidas entre los elementos considerados individualmente: vecindad, distancia relativa, camino óptimo entre dos puntos y tiempo aproximado de recorrido, etc. Toda esta información se conoce como topología y permite ampliar su análisis hasta llegar a la creación de un modelo virtual de la realidad.

En este caso se ha añadido a la cartografía original una capa con todos los tramos que constituyen las calles, avenidas, plazas, etc. del núcleo de población. Dichos tramos, representados por una línea, son convertidos posteriormente en una “topología de red” de forma que cada segmento pasa a tener un sentido de circulación del tráfico, relación con los tramos adyacentes, etc. Esto permite posteriormente establecer rutas para la realización de las actuaciones de mantenimiento, optimizando los desplazamientos de los operarios y, por tanto, dando lugar a un mejor servicio. Además es posible asignar una resistencia al paso, es decir, representar de forma numérica el volumen de tráfico de cada uno de dichos tramos de calle establecidos.

3.2 Diseño de la base de datos

Un correcto diseño y organización de la base de datos del sistema aseguran la facilidad de explotación y mantenimiento de la misma. En este caso, la entidad central es aquella que almacenará la información de detalle de cada uno de los elementos de mobiliario urbano cartografiados, como por ejemplo, su descripción detallada, el tipo de elemento (farola, papelera, jardinera,...), el estado de conservación en que se encuentra, la última fecha en que fue revisado, una imagen del mismo así como las coordenadas GPS de su localización. Del mismo modo se definieron otro conjunto de entidades auxiliares como el tipo de elemento (que almacena información común a cada categoría), el tramo y calle donde se localiza, o también información sobre las actuaciones llevadas a cabo y las pendientes.

Para facilitar la posterior gestión de la base de datos se crearon numerosos formularios que permiten la inserción, modificación o eliminación de las entidades anteriores, así como la

realización de búsquedas según distintos criterios. Por otro lado se han diseñado los listados e informes más habituales, que pueden ser generados introduciendo distintas condiciones, como actuaciones pendientes en distintas calles, elementos revisados en determinado periodo de tiempo, etc.

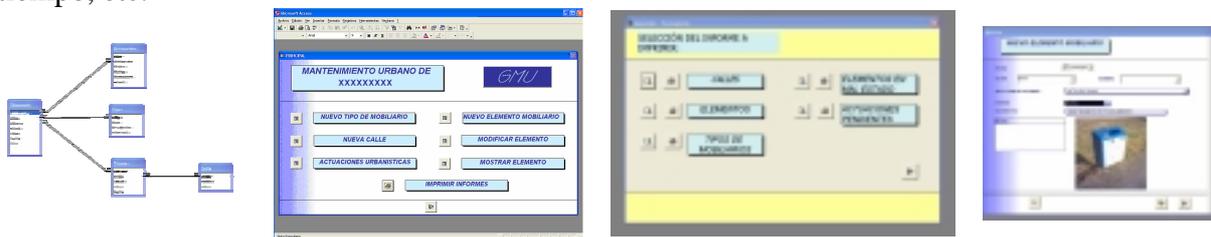


Fig. 3: Desarrollo de la base de datos alfanumérica

3.3 Recogida de datos e integración del sistema

Una vez configuradas la base de datos gráfica y la alfanumérica se integran a través de Autodesk Map [6]. Mediante las herramientas o comandos existentes en dicho programa se realiza la conexión con la base de datos Microsoft Access y se establece el modelo de vínculo o enlace entre los elementos cartografiados y la información disponible. De esta forma, a la vez que se inserta la representación gráfica de un elemento (digitalización), se le asocia o vincula dicha información.

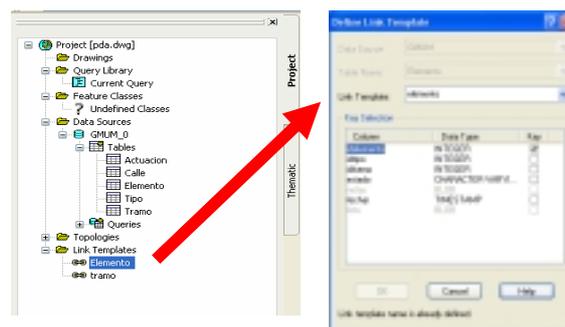


Fig. 4: Vinculación de entidades

La realización del inventario inicial de datos, consistente en el levantamiento topográfico de cada uno de los elementos previamente seleccionados y su registro posterior en el sistema, requiere una correcta planificación, delimitando las zonas de trabajo y revisando la corrección de todos los elementos de forma que se garantice el buen funcionamiento durante la explotación.

4 Funcionamiento y explotación del sistema

Se ha tratado de automatizar y simplificar al máximo las operaciones habituales o rutinarias de forma que el sistema resulte lo más operativo posible. De cualquier forma, antes de la puesta en servicio del sistema, tanto el personal de campo como el de gabinete deben ser formados en su manejo para llevar a cabo una correcta realización de sus respectivas funciones. Frente al administrador o administradores del sistema que requieren conocer al detalle las características y funcionamiento del mismo, el resto de usuarios sólo necesitan una pequeña formación respecto a cómo se realizan consultas, generan informes, vuelcan los datos o manejan los dispositivos de campo.

El personal de campo del servicio municipal de mantenimiento, equipado con un PDA y una cámara fotográfica digital será el encargado de recoger las anomalías o necesidades de la zona

que se le haya asignado. Mediante el software disponible en el PDA localiza en la cartografía de la zona el elemento afectado, registrando el problema detectado y almacenando la descripción de la nueva actuación pendiente. Asimismo almacenará una imagen de dicho elemento.

Toda la información recogida es descargada en el ordenador principal, reemplazando la existente anteriormente. De esta forma el servicio de mantenimiento dispone de una información precisa y permanentemente actualizada, lo que permitirá establecer una buena planificación de las actuaciones a realizar, ahorrando tiempo y recursos. Todo ello redundará a medio y largo plazo en una mejora del estado de conservación del municipio y de la calidad de vida de sus ciudadanos.

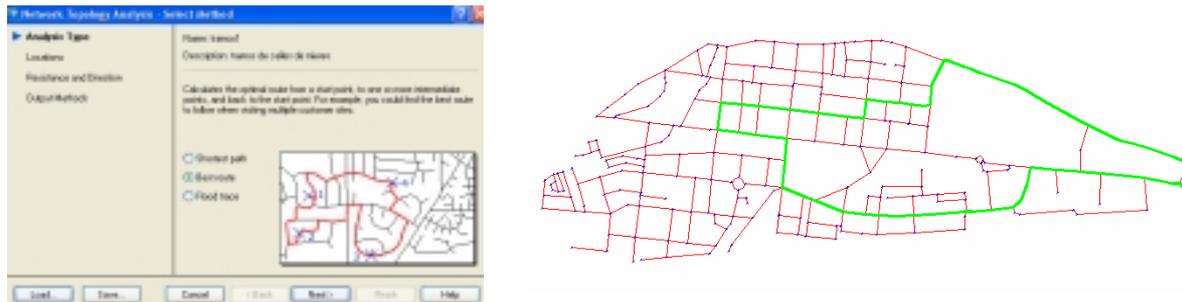


Fig. 5: Optimización de rutas

La topología de red añadida permitirá además la elaboración de rutas para la realización del mantenimiento. Basta con seleccionar en el comando de Autodesk Map correspondiente los puntos por los que se debe pasar, situando las actuaciones a realizar, para que el programa calcule la ruta más adecuada, teniendo en cuenta incluso la intensidad habitual del tráfico en dichas calles. En la Fig. 5 se observa un ejemplo de cálculo de dicha ruta que puede ser entregado a los operarios, impreso o de forma digital en el PDA, para la realización de sus labores de mantenimiento.

5 Conclusiones

En este trabajo se presenta un sistema de información geográfica que permite mejorar y agilizar las diversas operaciones del mantenimiento del mobiliario urbano imprescindibles en cualquier ciudad actual. Dicho sistema está compuesto de todas las herramientas necesarias para disponer de un inventario permanentemente actualizado, realizar consultas sobre el estado de conservación, fechas de revisión, actuaciones realizadas, generar distintos informes y mapas temáticos.

En este mismo sistema (o uno aislado siguiendo un esquema similar) podrían integrarse otra serie de servicios municipales como, por ejemplo, la gestión de la señalización de tráfico, el servicio de jardinería, e incluso distintas redes presentes en todas las ciudades (redes de agua, eléctrica, comunicaciones,...).

6 Referencias

- [1] Mesa Fernández, José Manuel; Martínez Huerta, Gemma Marta; Bello García, Antonio; De Cos Juez, Francisco Javier. “Sistema Interactivo de Búsqueda de Suelo Industrial.” Actas del VI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. ISBN: 84-600-9800-1 AEIPRO; 2002
- [2] Mesa Fernández, José Manuel; Bello García, Antonio; Rodríguez Montequin, Vicente; De Cos Juez, Francisco Javier. “Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para el Cumplimiento de la Normativa Seveso II en Instalaciones Industriales” XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica; CD; INGEGRAF; 2002.
- [3] Mesa Fernández, José Manuel; De Cos Juez, Francisco Javier; Martínez Huerta, Gemma; Prendes Gero, Belén. “El SIG en la Industria: el ejemplo de una línea de hojalata.” Actas del VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Cd; AEIPRO; 2003.
- [4] Roqueñí Gutiérrez, Nieves; Mesa Fernández, José Manuel; Martínez Huerta, Gemma; Prendes Gero, Belén. “Prototipo de sistema de soporte a la decisión para evaluación de proyectos hidroeléctricos basado en un GIS” Actas del VIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. ISBN: 84-95809-22-2 AEIPRO; 2004.
- [5] F. Javier Moldes Teo “Proyectos GIS con AutoCAD 2002. Autodesk Map” Anaya Multimedia 2002. ISBN 84-415-1339-2
- [6] Serrano, Rafael; Alarcón, Vicente. “Proyectos GIS con Autodesk Map” Aplicad S. L. 2002