

Proyectos de **I+D+i**
2011-2015



Sistema de digitalización, georreferenciación y gestión de expedientes de expropiación de carreteras (SiDiGG-EC)

Universidad de Jaén



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional



Sistema de digitalización, georreferenciación y gestión de expedientes de expropiación de carreteras (SiDiGG-EC)

© Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería Fomento y
Vivienda. Junta de Andalucía. 2015

Universidad de Jaén

Jaén, 25-03-2015

1. Introducción y antecedentes

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son hoy día la herramienta básica para gestionar los datos geoespaciales o geográficos, entendiendo por éstos aquellos datos que están ligados al territorio o con una localización en el espacio. Una de las definiciones más extendidas de SIG es "un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión" (NCGIA, 1990). Son un elemento central de la Geomática, como conjunto interrelacionado de disciplinas (Topografía, Cartografía, Geodesia, Teledetección ...) que se ocupan de la captura, gestión, análisis, modelización y representación de datos geoespaciales.

En este entorno general de los Sistemas de Información Geográfica como herramientas básicas para la gestión inteligente del territorio, se enmarca la presente propuesta, cuyo objetivo principal será crear una herramienta que permita la gestión de los expedientes de expropiaciones en la red de carreteras de Andalucía. De hecho, tanto las vías de comunicación como los parcelarios (catastrales, SIGPAC, etc.) son elementos que por su importancia son objeto de modelización en SIG. En este caso, se busca generar una base de datos geográfica de las parcelas expropiadas a las que se puedan conectar una serie de atributos de interés e incluso los expedientes de expropiación completos, para que puedan ser gestionadas y explotadas con diversos propósitos (registro, pagos, estadísticas, expropiaciones futuras, etc.). Hasta ahora los expedientes de expropiación están archivados físicamente en las distintas delegaciones de la Consejería de Fomento y Vivienda, por lo que construir una base de datos georreferenciada de las mismas puede considerarse un importante avance que puede marcar la gestión de las expropiaciones en el futuro.

En la solución planteada se contempla la utilización de distintas técnicas que resumen en:

- Operaciones de digitalización de la información cartográfica y documental.
- Operaciones de georreferenciación de la información digitalizada.
- Operaciones de vectorización o digitalización vectorial de la información.
- Operaciones de elaboración de una base de datos geográfica (componente espacial, atributos y metadatos).

La digitalización hace referencia al paso de una información sobre soporte papel (un mapa o imagen) a otra ya de carácter digital. En una acepción amplia puede incluir a todos los fenómenos de conversión de datos analógicos a digitales, tales como el escaneado de un documento cartográfico, la captura de imágenes de satélite, la entrada de coordenadas mediante GPS, etc. En este proyecto, la digitalización se realizará por escaneado de la información cartográfica y documental.

La georreferenciación es un proceso por el cual un documento cartográfico adquiere un sistema de referencia, que puede ser local, cuando el origen de coordenadas es un punto determinado de la zona de trabajo; o de carácter global, cuando son válidos para toda la Tierra. Hay básicamente dos formas de acometer la georreferenciación: la primera consiste en emplear puntos de control en los que se conozcan el sistema de referencia inicial y el sistema de referencia al que se quiere georreferenciar la imagen; la segunda es tratar de restituir las deformaciones que ha sufrido el documento en todo el proceso (adquisición, delineación, conservación o el propio escaneado). En este proyecto nos referimos a la georreferenciación de un plano o documento escaneado, que consiste en transformar las coordenadas sobre el plano o documento en coordenadas globales.

La vectorización consiste básicamente en extraer los elementos lineales presentes en el mapa original, para lo que se pueden utilizar programas de vectorización automática o asistida. En este trabajo se propondrá una solución sencilla basada en la digitalización sobre pantalla, aunque se ensayarán

métodos de vectorización semiautomática. La digitalización en pantalla se basa en convertir las coordenadas del cursor en pantalla al mismo sistema de referencia que el que posee la imagen que se visualiza en ese instante.

Como resultado de este proceso se obtienen ficheros vectoriales con los elementos capturados, sobre los que se puedan construir bases de datos. En este caso se creará una base de datos con las parcelas expropiación, en las que los atributos serían los datos relevantes de las parcelas (propiedad, características y uso del terreno, fechas, etc.). Uno de esos campos puede estar constituido por el enlace a archivos, como los propios expedientes de expropiación, que de esta forma quedarían integrados en la base de datos.

2. Objetivos perseguidos y resultados previsibles

2.1 Objetivos

El objetivo principal que se plantea en este proyecto es el desarrollo e implementación de un sistema informático para la gestión documental de los expedientes de expropiación de carreteras de la red viaria de Andalucía. Puesto que esta red implica el manejo de datos geográficos o geoespaciales, el sistema debe tener las características de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para la consecución de este objetivo se han de ir dando una serie de pasos, que se pueden a su vez considerar como objetivos secundarios del proyecto:

- Digitalización de los documentos de expropiación, mediante técnicas de escaneado y fotografiado, que conviertan dichos documentos del formato analógico al digital.
- Georreferenciación de la información digitalizada, que permita escalar, orientar y proporcionar una base de referencia cartográfica a los documentos de expropiación.
- Generación de una base de datos geoespacial que integre a los principales elementos de la documentación de expropiación que son las propias parcelas expropiadas, las carreteras y los elementos relacionados. Esta base de datos incluye –además de la información espacial- los atributos, los metadatos y los propios documentos digitales con toda la información de la expropiación.
- Desarrollo de un software SIG que gestione la información, las consultas de la base de datos geoespacial y operaciones sencillas de análisis.

2.2 Metodología y resultados esperados

Para la consecución de los objetivos planteados se plantea una metodología que se pasa resumir a continuación:

1. Reuniones de coordinación entre los miembros del equipo y asignación definitiva de tareas y responsables. Recopilación y revisión de referencias bibliográficas sobre los distintos aspectos del trabajo. Recopilación de una muestra de expedientes de expropiación, con diversas tipologías en cuanto al tamaño, complejidad, estado, etc.
2. Propuesta metodológica de un protocolo de digitalización y georreferenciación en el que se plantearán distintas técnicas a partir de la casuística encontrada en la recopilación documental.

Selección e incorporación del personal contratado o becarios del proyecto. Compra de los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

3. Digitalización de la documentación de expropiación seleccionada. Para ello se emplearán técnicas de escaneado y/o fotografiado de la documentación y se procederá a su almacenamiento y catalogación. Se digitalizará tanto la documentación cartográfica como el resto del expediente de expropiación.
4. Pre-ajuste geométrico de la documentación cartográfica, con objeto de eliminar o reducir deformaciones de los procesos de digitalización del escáner o fotografiado.
5. Georreferenciación y escalado de la documentación cartográfica, con el objeto de escalar, orientar y dotar de una referencia cartográfica a los documentos escaneados. Se desarrollará una aplicación informática que implemente métodos basados en la utilización de puntos de control y ajuste polinómico para la transformación de coordenadas del documento en coordenadas cartográficas. En función de las características de los planos se ensayarán algunas propuestas de automatización.
6. Generación de la base de datos. Incluye la vectorización de los datos relevantes de la documentación de expropiación (carreteras, parcelas de expropiación y otros datos de interés) y la incorporación de atributos (fecha de expropiación, propiedad, etc.). Para todo ello se plantea igualmente la implementación de un módulo básico de digitalización vectorial sobre la documentación escaneada. A partir de ahí se ensayarán pruebas con técnicas de reconocimiento de líneas y polígonos.
7. Desarrollo de una aplicación o software de consultas de la base de datos creada. La aplicación permitirá –además de los aspectos antes indicados - la gestión de la base de datos, la consulta espacial y de atributos, así como la gestión documental de los expedientes de expropiación. También se propone que permita operaciones básicas de análisis (cálculos geométricos, intersecciones entre elementos de distintas capas, etc.). Una vez se haya implementado el sistema se validará con una muestra de expedientes, lo que permitirá comprobar el funcionamiento del sistema.
8. Conclusiones y memoria final. El proyecto concluirá con la memoria final en la cual se expondrán los resultados finales del proyecto, el grado de consecución de los objetivos, las mejoras que hayan ido resultando del avance del mismo, y los nuevos retos y perspectivas que se presenten a partir de todo ello.

2.3 Resultados esperables

Los resultados esperados de la aplicación de la metodología son los siguientes:

1. Digitalización y archivo de la información
 - 1.1. Documentación cartográfica (planos) escaneados como archivos digitales en formato imagen.
 - 1.2. Documentación no cartográfica escaneada como archivos digitales en formato imagen o PDF.
 - 1.3. Base de datos SIG con la localización geográfica de los documentos y su ubicación física en los sistemas de almacenamiento.

2. Preajuste geométrico de la documentación cartográfica: Documentación cartográfica corregida geoméricamente.
3. Georreferenciación y escalado de la documentación cartográfica.
 - 3.1. Aplicación informática que permita georreferenciar documentos cartográficos con distintos sistemas de referencia y proyecciones cartográficas.
 - 3.2. Documentación cartográfica corregida geoméricamente y georreferenciada
4. Generación de la base de datos
 - 4.1. Aplicación para la digitalización y la incorporación y gestión de atributos ya implementada.
 - 4.2. Elementos (parcelas, carreteras y otros elementos) digitalizados.
 - 4.3. Atributos y documentos de expropiación incorporados a la base de datos geoespacial de parcelas.
5. Integración de las aplicaciones y generación de la base de datos
 - 5.1. Integración de la aplicaciones desarrolladas previamente (georreferenciación y digitalización).
 - 5.2. Incorporación de nuevas funcionalidades (visualización).
 - 5.3. Evaluación del sistema y posibilidad de incorporar mejoras.
6. Difusión de los resultados a través de dos modalidades:
 - 6.1. Diseminación a través de páginas web y redes sociales
 - 6.2. Difusión de resultados a través de revistas y congresos especializados

3. Aspectos innovadores y justificación del proyecto

La propuesta, un sistema integrado para la gestión de los documentos de expropiación, puede ser considerada una herramienta innovadora para la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía, la Dirección General de Infraestructuras y la Agencia de Obra Pública. Actualmente estos expedientes se encuentran almacenados físicamente y no existe una herramienta que permita gestionarlos adecuadamente, para poder tomar decisiones basadas en el conocimiento a partir de ellos.

No se conocen sistemas integrados como éste en la Administración General del Estado, ni en otras comunidades autónomas, aunque sí se han desarrollado herramientas parciales.

Los Sistemas de Información Geográfica y su extensión a tecnologías emergentes como las infraestructuras de datos espaciales, las neocartografías y la navegación, hacen que se puedan considerar dentro de las nuevas tecnologías, y más concretamente, de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), sector de gran importancia en la actual Sociedad de la Información y el Conocimiento. Las técnicas geomáticas o geoespaciales constituyen una auténtica megatendencia que sirve de soporte a la toma de decisiones inteligentes, ligadas así a conceptos tan de futuro como las Ciudades y los Territorios Inteligentes.

El impacto socioeconómico del proyecto se producirá a medio-largo plazo a medida que el sistema se vaya desarrollando y llegue a convertirse en una herramienta que permita una mejor gestión del territorio y agilice procesos en la administración, en concreto la tramitación de expedientes de expropiación, al tiempo que proporcione una mayor y mejor información y transparencia a la ciudadanía.

Por último, hay que indicar que la contratación de personal investigador (2) y de un becario, junto a la participación de un profesional autónomo subcontratado por el proyecto pueden entenderse como oportunidades de formación y desarrollo profesional para las personas que finalmente formen parte del equipo de investigación.

4. Equipo de investigación

El equipo de investigación está integrado mayoritariamente por personal de la Universidad de Jaén, concretamente del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, siendo completado por tres asesores, Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, uno de ellos como Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Jaén, el segundo de parte de la administración (Consejería de Fomento y Vivienda), y el tercero un consultor privado, con experiencia en el desarrollo de software para expropiaciones.

El Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén es responsable de la docencia en la mayor parte de las asignaturas de la titulación de Ingeniería Geomática y Topográfica, aunque también imparte docencia en otros grados de ingeniería y ciencias experimentales. La titulación de Ingeniería Geomática y Topográfica supone una evolución importante desde los estudios tradicionales de Ingeniería Técnica en Topografía hacia una mayor dedicación a aspectos como los Sistemas de Información Geográfica, las Infraestructuras de Datos Espaciales, las nuevas formas de Cartografía (Neocartografías), las técnicas avanzadas de captura de datos (láser escáner, lidar, UAV o drones, redes de sensores, etc.), así como a la navegación y el posicionamiento. En esta línea el departamento propone estudios de postgrado como el Master en Tecnologías Geoespaciales para la Gestión Inteligente del Territorio o participa en otros como Gestión del Medio Físico o Geodesia por Satélites y Geofísica aplicadas a la Ingeniería y la Geología.

Dentro del equipo de la Universidad de Jaén y del Departamento mencionado, la mayoría son miembros integrantes del Grupo de Investigación “Sistemas Fotogramétricos y Topométricos, TEP-213”), considerado el núcleo del proyecto. El grupo se crea en el año 2002 al amparo del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación, incorporando personal investigador procedente de otros grupos de investigación con una importante experiencia investigadora en diversos ámbitos del conocimiento. Dentro de las actividades del grupo se intenta buscar el equilibrio entre la investigación básica, a través de la participación en proyectos de I+D+i competitivos, y la investigación aplicada, a través de una clara política de transferencia de resultados de investigación y el desarrollo de actividades de investigación colaborativa.

En la actualidad el grupo cuenta con un total de 7 miembros y 2 colaboradores. En este proyecto participan la mayoría de los miembros del grupo (un total de 6 personas), especialistas en los diferentes ámbitos relacionados con la captura y el tratamiento de información de interés para los proyectos de inventario, mantenimiento y mejora de la seguridad en vías de comunicación, objetivo básico de este proyecto. Sus líneas de investigación se centran en el desarrollo de sistemas de captura de información cartográfica a través de técnicas fotogramétricas y topométricas y sus aplicaciones a diferentes ámbitos (medioambiente, patrimonio, arquitectura e ingeniería civil, industria, etc.). Para una mayor información sobre la composición, equipamiento y actividad del grupo se remite a la consulta de la página web del mismo: <http://coello.ujaen.es/investigacion/websft/>.

El equipo está formado fundamentalmente por investigadores de este grupo, y se completa con otros investigadores del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, de otros departamentos de la Universidad de Jaén y personal externo:

- Tomás Fernández del Castillo. Doctor en Ciencias Geológicas. Profesor Titular de Universidad del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén, del que en este momento es Director, en materias de Cartografía, SIG y Teledetección. Pertenece al Grupo PAIDI –TEP213. Experiencia investigadora de más de 20 años en riesgos naturales, movimientos de ladera (tesis doctoral), y en los últimos 15, en Geomática, especialmente en Cartografía y Teledetección.

Resto de investigadores:

- Jorge Delgado García: Doctor en Ciencias Geológicas. Profesor Titular de Universidad del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén, en materias de Fotogrametría. Investigador responsable del Grupo PAIDI –TEP213. En la actualidad es Vicerrector de Planificación, Calidad, Responsabilidad Social y Comunicación de la Universidad de Jaén. Experiencia investigadora en fotogrametría, geoestadística y aplicación de técnicas geomáticas al estudio de procesos naturales y patrimonio cultural.
- Javier Cardenal Escarcena: Doctor en Ciencias Geológicas. Profesor Titular de Universidad del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén, en materias de Fotogrametría. Pertenece al Grupo PAIDI –TEP213. En la actualidad es Subdirector de Ordenación Académica de la Escuela Politécnica Superior de Jaén. Experiencia investigadora en fotogrametría, hidrogeología y aplicación de técnicas geomáticas al estudio de procesos naturales y patrimonio cultural y arqueológico.
- José Luis Pérez García: Doctor Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Profesor Contratado Doctor del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén, en materias de Fotogrametría. Pertenece al Grupo PAIDI –TEP213. Experiencia investigadora en fotogrametría, láser escáner y aplicación de técnicas geomáticas al estudio de procesos naturales y patrimonio cultural y arqueológico.
- Antonio Mozas Calvache: Doctor Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Profesor Asociado y Técnico de Grado II del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén, en materias de Fotogrametría y Topografía. Pertenece al Grupo PAIDI –TEP213. Experiencia investigadora en calidad en la producción cartográfica y aplicación de técnicas geomáticas al patrimonio cultural y arqueológico.
- Emilio Mata de Castro: Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Profesor Titular de Escuela Universitaria del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén, en materias de Fotogrametría. Pertenece al Grupo PAIDI –TEP213. Experiencia investigadora en técnicas e instrumentación topográfica, laser escáner y aplicación de técnicas geomáticas al estudio de procesos naturales y patrimonio cultural y arqueológico.
- Manuel Antonio Ureña Cámara: Doctor Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Profesor Contratado Doctor del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén, del que es en este momento Secretario, en materias de Cartografía, SIG y Teledetección. Experiencia investigadora en generalización y calidad en la producción cartográfica, sistemas de información geográfica, teledetección y aplicación de técnicas geomáticas a los procesos naturales.
- Ramón Carpena Morales. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de Sección de Proyectos de la Diputación Provincial de Jaén. Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Jaén. Su inclusión en el equipo se justifica como asesor dada su

labor profesional como Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos con puesto en la Administración Pública (Diputación de Jaén).

- Además hay que indicar la inclusión en el equipo de tres investigadores contratados (Contratado 1, Contratado 2 y Contratado 3) para el desarrollo del proyecto y la aplicación, así como un becario de apoyo en labores de recopilación y escaneado de la información (Becario). Por otra parte se plantea la contratación de los servicios de un asesor de la administración y de un asesor externo. El primero intervendrá principalmente en las labores de selección de la documentación de expropiación y será contratado a cargo del proyecto (Contratado 4). El segundo será subcontratado por el proyecto para la prestación de servicios técnicos, en este caso de asesoría en el desarrollo e implementación del sistema.

