

Diseño e implementación de modelos de datos cartográficos para la alimentación de una Infraestructura de Datos Espaciales en la Administración Pública

Eloina Coll, José Martínez Llario, Carmen Femenia-Ribera, Dolores Arteaga
Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y fotogrametría.
Universidad Politécnica de Valencia.

{ecoll,jomarlla,cfemenia}@cgf.upv.es, marre@topo.upv.es

Resumen

Este trabajo muestra el proceso a seguir en el diseño e implementación de modelos de datos cartográficos en las Administraciones Públicas para la alimentación de infraestructuras de datos espaciales (IDE), con el fin de incrementar su eficiencia y eficacia, haciendo que la información sea verdaderamente interoperable. De esta manera, se unificarán, integrarán y relacionarán los diferentes datos georreferenciados, sirviendo de alimentador para su nodo correspondiente, abriendo las puertas a la intercomunicación y a la interoperabilidad entre Administraciones Públicas y el resto de actores, así como su conexión con otros nodos a cualquier nivel. Se presenta la primera fase de la implementación del modelo de datos cartográfico, así como el desarrollo de un nuevo SIG denominado JASPA.

Palabras clave: IDE, modelo de datos, postgis, administración pública, JASPA.

1 Introducción

Es indiscutible que la Administración Pública usa de forma habitual información que o bien está georreferenciada, o es georreferenciable, por lo tanto susceptible de alimentar una IDE. Dada la importancia que en el sector público está adquiriendo estas nuevas herramientas, desde este trabajo se propone un proceso a seguir en el diseño e implementación de modelos de datos cartográficos en las Administraciones Públicas para la alimentación de infraestructuras de datos espaciales (IDE).

Se han distinguido tres líneas de trabajo, desarrolladas en paralelo la mayor parte del tiempo, para conseguir este objetivo.

- Diseño de un modelo de datos cartográfico adecuado para la gestión de cartografía en las Administraciones Públicas y su explotación mediante Sistemas de Información Geográfica.
- Implantación de Infraestructuras de Datos Espaciales como nodo red de IDEE.
- Implementación del modelo de datos cartográfico creado bajo un sistema de gestión de objetos geográficos complejos adecuado.

Para todo el proceso de puesta en marcha de la IDE se hará uso de herramientas desarrolladas con Software Libre (SL) y para la implementación del modelo de datos se está desarrollado un nuevo software, distribuido también como SL e implementado sobre una plataforma de sistema de gestión de bases de datos seleccionada.

2 Antecedentes

Este proyecto nace al detectarse la necesidad de las distintas administraciones de contar con un modelo de datos que fuera lo más unificado posible [1]. Estas necesidades fueron detectadas en dos proyectos de investigación que son los predecesores al presente trabajo.

2.1 SIGMUN

El proyecto de Sistemas de Información y Gestión MUNICIPAL (SIGMUN) [2] fue un proyecto dedicado a realizar un estudio de los Municipios Españoles estableciendo unos parámetros de clasificación con la finalidad de estudiar la viabilidad del uso de los Sistemas de Información Territoriales. Realizó el estudio de compatibilidad cartográfica entre diversos organismos públicos (gestión de catastro, consejerías, institutos cartográficos, registros de la propiedad, patrimonio). Estudió los mecanismos de gestión, mantenimiento y actualización de los Sistemas de Información Territoriales y estableció una normativa de la Cartografía y los Sistemas de Información Territoriales. Por último este proyecto redactó documentos con los requisitos mínimos y fases necesarias para la implantación centralizada de los Sistemas de Información Territoriales.

Durante los tres años del proyecto se realizó un estudio pormenorizado con un ayuntamiento piloto, de todos los departamentos, de sus necesidades y del flujo de trabajo que se realizaba cotidianamente. De esta manera se pudo saber qué información geográfica es necesaria en el ámbito de la gestión municipal, cómo debe hacerse, y cómo va a ser utilizada. Así mismo, se estudió la cartografía a la que tienen acceso, así como los distintos formatos en los que trabajan. Se ha analizado la escala de representación de la cartografía utilizada, así como fiabilidad y precisión en los datos.

Con dicho estudio se confeccionaron flujos de trabajo de los procedimientos administrativos para ser utilizados mediante sistemas de información geográfica y se confeccionaron los documentos necesarios para llevar a cabo la implantación de Sistemas de Información Geográfica en un Ayuntamiento.

2.2 Estudio IDE locales

La implantación y la utilización de los servicios de las IDEs proporcionan a los ayuntamientos resultados muy beneficiosos para las actividades que desarrollan [3]. Estas actividades contribuyen a mejorar la eficacia y la eficiencia en las tomas de decisiones y en los estudios de urbanismo y planeamiento. Representan una herramienta de acceso a todo tipo de información territorial. Permiten crear nuevas formas de trabajo, de forma más cooperativa, comunicativa y donde se puedan integrar más factores. Impulsan la modernización de las administraciones públicas, mejorando sus tareas. Permiten hacer las actividades del planeamiento más transparente al ciudadano. Impulsan un mejor conocimiento del entorno municipal y mejoran la opinión que tienen los ciudadanos de los servicios municipales convencionales.

Los principales beneficiarios económicamente de las IDEs son las administraciones locales ya que mejoran el funcionamiento interno permitiendo de esta forma realizar en menos tiempo gestiones internas y de atención al ciudadano. Las IDEs pueden proporcionar a los ayuntamientos pequeños que no disponen de cartografía digital, de datos espaciales procedentes de otras instituciones, por ejemplo información catastral.

Para conseguir una armonía en la utilización de las IDEs y facilitar su uso, sería interesante que todas tuvieran un diseño estándar del geoportal, de esta forma los usuarios estarían familiarizados con el entorno y sería mucho más fácil para ellos realizar cualquier consulta. La implantación de IDEs en todos los municipios de una comunidad es todavía inexistente. Cuando esto se produzca será muy fácil realizar enlaces verticales y horizontales entre IDEs. Usando los enlaces verticales se podrá acceder automáticamente a datos de una escala mayor, de una IDE de

nivel superior se accederá a otro de nivel inferior y usando los horizontales, dispondremos de cartografía continua de los diferentes municipios sin que se produzcan interrupciones entre términos municipales.

El funcionamiento de una red de IDEs depende de que se produzca un cambio de mentalidad respecto a la información geográfica. En primer lugar, las administraciones deben adoptar la información geográfica como una infraestructura básica y asumir que esta información es un bien público y que debe estar disponible para todo el mundo. En segundo lugar se ha de mejorar la coordinación entre instituciones y organismos para que se produzca un intercambio fluido de información y disponer de una buena documentación a través de los metadatos para que los usuarios puedan encontrar lo que necesiten.

3 Modelos de datos y software

Para que este proyecto de investigación cubra realmente las necesidades de las distintas Administraciones Públicas y no se solape con otros proyectos, o incluso repita trabajos ya realizados, se han estudiado los distintos proyectos que pueden tener relación, con el fin de aprovechar, y mejorar si fuera posible y unificar criterios. Se han estudiado distintos proyectos en dos frentes, modelos de datos y software existente.

3.1 Modelos de datos

En este apartado se analizan distintos proyectos, tanto a nivel nacional como a nivel europeo, puestos en marcha para la unificación de modelos de datos. Esta parte es fundamental, puesto que se pueden detectar tanto los pros como los contras de todos ellos que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar la propuesta de modelo de datos unificada para todas las Administraciones.

3.1.1 BTA

La base topográfica armonizada (BTA) surge de la necesidad de homogeneizar la cartografía oficial española a escalas grandes, permitiendo el intercambio, la integración y la interoperabilidad entre las cartografías a escalas 1:5000 y 1:10000. La BTA permitirá el intercambio entre las distintas Administraciones, las delegaciones de Hacienda, o de la Administración General en España.

La BTA son una serie de especificaciones técnicas y un conjunto de datos vectoriales, de modo que, cada productor de datos, puede transformar su

información a este modelo de datos. La BTA está organizada en bloques, uno por cada productor de datos y los bloques están formados por hojas de acuerdo a una división que garantiza la concordancia exacta de las marcas de las hojas.

Para la preparación de estas especificaciones se han utilizado diversas normas como referencia, borradores o documentos de trabajo del CT 211 de la Organización Internacional de Normalización (ISO), sobre todo las relacionadas con las normas ISO19131, ISO19109, ISO19110 y ISO19137 y la recomendación de la Comisión de Geomática del Consejo Superior Geográfico en el Núcleo Español de Metadatos (NEM).

3.1.2 Catastro

La Dirección General de Catastro, desde hace algunos años, pone a disposición del ciudadano la Oficina Virtual de Catastro.

Esta oficina ofrece servicios de acceso libre y también de acceso personalizado, para los cuales se requiere unas claves personalizadas que en función del perfil adjudicado dará opción a unas u otras.

Estos servicios son de gran utilidad y el modelo de datos creado, y las herramientas con las que se vaya a gestionar la información, deben de poder hacer uso de todo el potencial que la Oficina Virtual de Catastro pone a disposición.

3.1.3 INSPIRE

En mayo de 2007 entra en vigor la directiva INSPIRE, que establece una infraestructura datos espaciales en Europa y da soporte a las políticas necesarias para llevarla a cabo. De esta manera se establecen una serie de grupos de trabajo con diferentes fines. Tres de ellos, el “*INSPIRE thematic Working Groups*”, el “*Data Specification Drafting Team*” y el “*JRC INSPIRE Team*”, han sido los encargados de desarrollar una serie de Especificaciones de Datos, que han sido publicadas como Guías para los temas de información geográfica presentes en el Anexo 1 de la directiva INSPIRE.

Han desarrollado especificaciones para: sitios protegidos, redes de transporte, parcelas catastrales, nombres geográficos, sistemas geográficos grid, sistemas de referencia geográficos, unidades administrativas, direcciones e hidrografía.

Es evidente que nuestro modelo de datos será desarrollado bajo las recomendaciones derivadas de estas especificaciones, consiguiendo de esta manera, que el modelo de datos sea interoperable y cumpla con la directiva europea.

Estas especificaciones desarrollan: los datos que deben aparecer así como sus contenidos, los sistemas de referencia en los que serán representados. Tienen un apartado también en el que se especifica la calidad de los datos y la forma de obtenerlos. También detallan los elementos que deben estar presentes en los metadatos, pilar fundamental en las infraestructuras de datos espaciales.

3.1.4 EuroRoadS

EuroRoadS desarrolla la Directiva INSPIRE para que la información geográfica en relación con las carreteras. El proyecto tiene en cuenta las necesidades de los productores de datos de carreteras, los proveedores y los usuarios de elaborar los informes.

Se pretende que para el 2012 esta política se lleve a cabo en los países miembros de la Unión, de modo que, todos los datos serán armonizados, estandarizados y actualizados, los datos serán continuos y será posible garantizar una determinada calidad. Esto es muy importante en este proyecto para definir nuestro catálogo de carreteras, con el fin de llegar a todas las posibles necesidades y no tener que hacer grandes cambios en unos pocos años.

El objetivo principal del proyecto es desarrollar un pliego de condiciones marco, que presentan soluciones para la construcción de la carretera de datos uniforme.

3.2 Software

Desde las Administraciones Públicas Españolas se han lanzado distintas iniciativas para gestionar de manera adecuada la información geográfica. Casi todas ellas están dirigidas a la gestión en la Administración Local. Citamos aquí algunas de las más importantes.

3.2.1 LocalGIS

LocalGIS es el Sistema de Información Territorial de Software Libre para Entidades Locales, surgido como iniciativa del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, englobado dentro del plan Avanza.

Es un sistema multiplataforma, Open Source, escalable y cumple con los estándares internacionales. Es una herramienta que está dirigida a la Administración Local, ya que permite realizar un gran número de tareas habituales en los Ayuntamientos, como la gestión de licencias, concesiones y autorizaciones, permite el planeamiento urbanístico, de infraestructuras y patrimonio. Además esta

herramienta permite conectar con servicios Web, con lo cual acceder a información de otras administraciones haciendo uso de esta herramienta es posible.

3.2.2 gisEIEL

gisEIEL es una herramienta desarrollada por la Diputación de A Coruña. Está desarrollada sobre gvSIG, y su objetivo es el de facilitar la gestión de la Encuesta de Infraestructuras de Entidades Locales (EIEL). Esta aplicación está pensada para que la usen los técnicos de los ayuntamientos y de las diputaciones para la consulta, mantenimiento y explotación de la información de la EIEL. Al estar desarrollada sobre gvSIG, está dotada de todo el potencial de una herramienta SIG, pudiendo cargar cualquier tipo de cartografía y conectar a servicios web. Además de la EIEL, también permite hacer otras gestiones de ámbito municipal.

3.2.3 Red Signergias

La Red Signergias no es un software propiamente, sino un grupo de trabajo en el que se reúnen desarrolladores de software e investigadores de diversas universidades para unificar criterios a la hora de desarrollar software e incluso intercambiar componentes. El grupo de trabajo que está desarrollando esta investigación se ha unido a esta Red con el propósito de unificar criterios en cuanto al diseño del modelo de datos utilizado, ya que es el objetivo principal de nuestro proyecto de investigación.

4 Diseño del modelo de datos cartográfico

Una vez se han estudiado los distintos modelos de datos propuestos en distintos niveles, se entra en el diseño del modelo de datos adecuado para las Administraciones Públicas.

A continuación, y con un conocimiento real de las necesidades de este tipo de instituciones, se han estudiado detalladamente la legislación, estándares y modelos de datos vigentes, tanto a nivel nacional como europeo, para su convergencia a un modelo único, obteniendo una primera propuesta de modelo.

El estudio ha empezado por la red de carreteras, dada la importancia que tiene como núcleo principal de comunicaciones [4]. Entenderemos por carretera una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Una carretera estará compuesta por uno o

más tramos, y una misma vía siempre tendrá el mismo nombre, pudiendo tener el resto de características diferentes, incluso el titular.

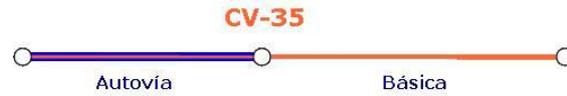


Figura 1. La misma vía siempre tendrá el mismo nombre

Las carreteras se van a representar como líneas, pero, como se pretende que se puedan localizar geográficamente eventos sobre estas líneas, éstas estarán dotadas con una coordenada más, la M, que nos permitirá soportar segmentación dinámica. Esta coordenada M que se le asignará a la línea vendrá dada por el punto kilométrico de la vía.

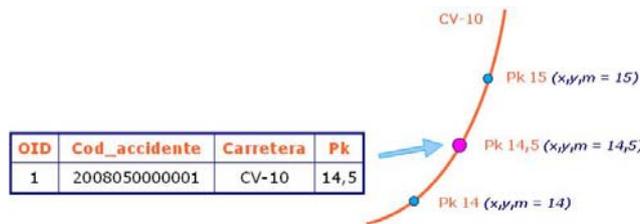


Figura 2. Segmentación dinámica

El catálogo de carreteras será un histórico. Esto quiere decir que podremos conocer el estado de la vía para cualquier momento pasado, presente, e incluso futuro, ya que también se incluyen previsiones de carreteras futuras. Para que esto pueda ser posible, se establecen las instancias de tramo: un registro representa el estado de la carretera en un momento específico. Cada cambio, gráfico o alfanumérico, generará una nueva instancia de tramo que será registrada en el catálogo.

gid	id_tramo	matricula	tipo	titular	f_entrada	f_salida	...
1	1	CV-16	E	20	25/08/95	01/01/08	
2	2	CV-16	E	20	01/01/08		
3	1	CV-1541	R	40	01/01/08		

Para poder tener restricciones: una serie de de datos.

- El id de cada instancia.
- Debe estar en vigor. En el campo fecha de salida esta fecha se entenderá que este tramo está aún en vigor.

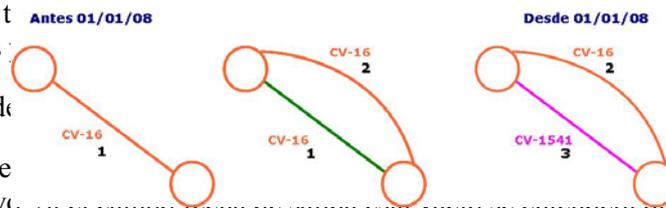


Figura 3. Catálogo histórico

- La fecha de entrada no puede ser posterior a la fecha de salida.
- Sólo puede existir una instancia vigente para un determinado momento para los elementos del catálogo.
- Si existe previsión para un tramo, sólo puede ser una.

Este catálogo soportará también el cálculo de rutas, puesto que las instancias de tramos tienen asignadas las direcciones y las intersecciones están calculadas de forma que se pueden saber donde existen giros y conexiones. Este modelo de datos de carreteras se ha diseñado de manera que sea extensible y abierto, permitiendo la realización de cambios si se considera necesario. Una vez se desarrolle una primera aproximación de todos los elementos que deban estar presentes en el modelo de datos, se combinarán con el modelo de catastro y de planeamiento, con el fin de detectar sus carencias y poder subsanarlas. Dado que la Administración Local debe poder consultar también información del Registro de la Propiedad y con Patrimonio Histórico se tendrán en cuenta también los requerimientos de estos organismos a la hora del diseño del modelo de datos. Además, se establecerán unas recomendaciones de trabajo con los datos geográficos, tratando de preservar la consistencia en la geometría y en la información alfanumérica de la cartografía. También se fijarán recomendaciones de los topónimos con las entidades geográficas, tratando de homogeneizar todos los casos.

5 Implantación de una IDE

En esta fase se ha creado un manual de procedimiento para la implantación de un nodo IDE en la Administración Local haciendo uso en todo momento de SL (servidores http, servidores cartográficos, clientes ligeros y pesados, ...).

Para esto, se detalla cómo deben ser los datos utilizados (formato, precisión y calidad) que vienen directamente del modelo de datos diseñado, los estándares técnicos a utilizar, así como las tecnologías software, aplicaciones y servicios que se deben ofrecer para cumplir con los requisitos definidos para poder ser considerada como IDE (WMS, catálogo y visor), así como los servicios opcionales.

La intención es facilitar a los técnicos de las Administraciones la puesta en marcha de los nodos locales correspondientes, dotándolos de toda la información necesaria para poder desarrollarlo de forma independiente. Se indicará a las distintas administraciones de dónde se puede obtener cartografía y cómo pueden obtenerla.

En algunos casos será suficiente con conectar a algún servicio web, como la oficina virtual de catastro, y en otros, será necesario que ellos mismos mantengan su cartografía. Es importante conocer que la calidad de la cartografía con la que se esté trabajando es fundamental. Para ello, se crearán una serie de test de calidad, que determinarán qué cartografía es apta para el análisis de información local, y cuál debe ser desechada. A su vez, es necesaria la confección de catálogos de metadatos para el modelo de datos diseñado en la otra fase. Esto posibilitará la homogeneidad en los datos, haciendo más fáciles la búsqueda de la información geográfica requerida y dado que estas IDE locales están pensadas para ser un nodo más dentro de la red de Infraestructuras de Datos Espaciales, se intentará que su implantación con IDEs de niveles superiores sea inmediata.

6 Implementación del modelo de datos cartográfico

Paralelamente al diseño del modelo de datos cartográfico, y antes de su implementación, se han estudiado las diferentes tecnologías de bases de datos para el almacenamiento y gestión de objetos espaciales complejos disponibles en la actualidad en el mercado. Así se han estudiado las siguientes tecnologías / productos: Bases de datos relacionales tradicionales (mySQL y PostgreSQL), Bases de datos relacionales embebidas programadas en java (H2 y HSQLDB), Bases de datos puras orientadas a objeto (Perst y Db4o) y Tecnología de mapeo objeto relacional (Hibernate). Tras estudiar las conclusiones de varios autores internacionales en este ámbito (Oosterom y Egenhofer entre otros) se ha decidido comenzar la investigación en este apartado con el análisis del benchmark Poleposition [5]. Este test, uno de los más conocidos en cuanto a tecnología orientada a objetos ofrece unos resultados impactantes en cuanto a rendimiento y facilidad de programación en bases de datos orientadas a objeto. Sobre diferentes tecnologías (Objeto, ORM, Relacional) se probarán diferentes sistemas libres como (H2, HSQLDB, DB4O, PERST, POSTGRES/POSTGIS) y tras evaluar la solución idónea se implementará el modelo de datos espacial sobre ella.

Tras las investigaciones realizadas teniendo en cuenta todas estas tecnologías hemos tenido que desechar de momento la tecnología orientada a objetos para el sistema de gestión de la base de datos espacial, debido a diferentes razones:

- Si utilizamos un modelo de objetos espaciales ‘*Simple Features*’ no aporta ningún beneficio en cuanto a rendimiento.
- Si utilizamos un modelo de arquitectura arco-nodo y/o objetos complejos presenta ventajas de rendimiento respecto a los sistemas relacionales

tradicionales y/o tecnologías ORM (mapeo objeto-relacional) pero estas ventajas son mucho menor de lo que cabría pensar.

- No existe actualmente en el mercado ninguna librería libre de topología explícita de álgebra computacional con lo que habría que implementar también esta faceta.

El modelo cartográfico propuesto, además de la información geográfica de uso normal en la Administración Local, también deberá integrar otro tipo de datos, como catastrales y de planeamiento. Esto implica que el volumen de datos a tratar es elevado, y además, presentan relaciones espaciales entre ellos. De esta manera, se aboga por incluir todas las relaciones y comportamientos de las entidades geográficas en el modelo de datos, de forma que el usuario final no deba preocuparse de implementar dichas funcionalidades desde cualquier *frontend* (gvSIG, QGIS, Kosmo, etc.) que esté trabajando. Para que el modelo de datos (y el SGBD) sea el encargado de mantener la integridad y velar por todo el comportamiento es necesario contar con un SGDB espacial fácilmente extensible. Hasta este momento el SGBDS cliente-servidor más avanzado que cuente con componente espacial en el mundo de software libre es evidentemente PostGIS [6]. Hay otras alternativas en el mercado como la utilización de SpatialBox, H2 Spatial o SQLite Espacial, pero todas ellas presentan algunos inconvenientes, como la falta de indexación espacial, el no soporte de arquitectura cliente-servidor o la implementación de solo las funciones básicas compatibles OGC. Ahora bien, PostGIS también presenta algunos inconvenientes [7] sobre todo a la hora de extender el producto con todas las nuevas funcionalidades que se quiere que el modelo de datos integre. PostGIS puede ser difícil de extender debido a la utilización del lenguaje C++ el cual muchos usuarios sobre todo de GIS no están muy familiarizados o la interacción con la librería GEOS. Los procedimientos almacenados utilizando PLPGSQL también son algo confusos. Además es el único producto de software libre con garantías en el mercado lo que también puede generar alguna duda si algo ‘ocurre’ en su futuro. Por todo ello, desde el proyecto de investigación MOCAIDE [8] hemos dado un paso importante al decidir implementar una solución paralela a PostGIS [9] que solucione los problemas comentados. Esta solución la denominamos JASPA (Java Spatial), y se está desarrollado en Java e implementa (a fecha de hoy) el 90% de la funcionalidad que tiene PostGIS en su última versión (1.4). JASPA es fácil de extender con nuevos procedimientos almacenados en Java y trata de resolver parte de estos problemas y además facilitar y ampliar la extensión del producto a usuarios sin un alto nivel de programación en lenguajes de bajo nivel.

Algunas características actuales de JASPA son:

- Modificación de la librería JTS (Java Topology Suite, versión 1.10) para soportar lectura/escritura WKB/WKT/EWKB/EWKT con 3 y 4 dimensiones de coordenadas y SRID incrustado. Modificación para soportar Z/M en algunas funcionalidades.
- Soporte del 90% de la funcionalidad de PostGIS, incluyendo funciones no OGC (soporte del 100% de la funcionalidad OGC).
- Mejora del rendimiento de la indexación espacial respecto a PostGIS.
- Mejora y ampliación de algunas funcionalidades de PostGIS.

Actualmente JASPA está disponible solo para PostgreSQL pero a lo largo del año que viene estará disponible para otros sistemas: JASPA for H2, JASPA for HSQLDB. Nuestro objetivo es implementar en JASPA el modelo de datos diseñado en el primer apartado del proyecto de investigación delegando todo el comportamiento posible de la cartografía en dicho modelo. Para ello, una vez alcanzado el 100% de funcionalidad PostGIS se pasará a la fase de extensión de JASPA para soportar todas las nuevas funcionalidades.

Agradecimientos. Este trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación "Creación y alimentación cartográfica de infraestructuras de datos espaciales en la administración local mediante un modelo de datos que integre catastro, planeamiento y patrimonio histórico" con referencia CSO2008-04808 financiado por la CICYT y los Fondos Europeos.

Referencias

- [1] Coll, E, Martínez, J.C. Irigoyen, J. Los Sistemas de Información geográfica en el ámbito municipal en la provincia de Valencia., Revista iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática, Vol 2, No 2, 2005, <http://www.iiisci.org/journal/cisci/>
- [2] Coll E, et al. Sistemas de información y Gestión Municipal. Proyecto de investigación BIA 2003-07914 financiado por CICYT y fondos Europeos. 2003
- [3] Ibarz Roger, M.; Coll Aliaga, E.; Martínez Llario, J.C.; Elgezabal Otsoa de Txintxetru, A: "IDE local: Estudio de las necesidades de los

Ayuntamientos". Universitat Politècnica de València. IV Jornades Tècniques de la Infraestructura de Dades Espacials de Espanya (JIDEE). Santiago de Compostela, Octubre de 2007.

- [4] Arteaga Revert, M.D.: "Infraestructuras de Datos Espaciales y Software Libre: Nuevo Paradigma de la Información Geográfica. gvSIG como solución de escritorio de las IDE's en Software Libre". Proyecto final de carrera de Ing. En Geodesia y Cartografía. Universitat Politècnica de València. 2007.
- [5] <http://www.polepos.org/>.
- [6] Martínez-Llario, J., Coll, E.: PGAT open source software. Available from <http://sourceforge.net/projects/pgat>.
- [7] Refrations Research, Inc. PostGIS documentation. Available from <http://www.postgis.org/documentation>.
- [8] Martínez –llario, J et al. “Creación y alimentación cartográfica de infraestructuras de datos espaciales en la administración local mediante un modelo de datos que integre catastro, planeamiento y patrimonio histórico” [MOCAIDE] con referencia CSO2008-04808 financiado por la CICYT y los Fondos Europeos
- [9] Martínez-llario, J, Weber-Jahnke J, Coll E. Improving dissolve spatial operations in a simple feature model. Advances in Engineering Software (ISSN 0965-9978). 2007.