

Hermosilla Carrasquilla, A., Caturla Montero, C. (2010): El mapa base de Andalucía: una cartografía orientada a objetos. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 162-171. ISBN: 978-84-472-1294-1

## EL MAPA BASE DE ANDALUCÍA: UNA CARTOGRAFÍA ORIENTADA A OBJETOS

*Aurora Hermosilla Carrasquilla<sup>1</sup> y Cristina Caturla Montero<sup>2</sup>*

(1) Instituto de Cartografía de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Vivienda. C/ San Gregorio 7. 41004 Sevilla. [auro-ra.hermosilla@juntadeandalucia.es](mailto:auro-ra.hermosilla@juntadeandalucia.es)

(2) Instituto de Cartografía de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Vivienda. C/San Gregorio, 7. 41004, Sevilla. [cristina.caturla@juntadeandalucia.es](mailto:cristina.caturla@juntadeandalucia.es)

### RESUMEN

Unos de los retos que asume la Administración Pública es conjugar las necesidades de los profesionales de distintos sectores que siguen haciendo uso de la cartografía topográfica de precisión con demandas sociales cada vez más abundantes y variadas. En concreto el Mapa Base de Andalucía es un claro ejemplo de una nueva forma de hacer cartografía, que tiene como valor añadido el ser una apuesta innovadora por parte de la administración pública andaluza. No se trata de mapas al estilo tradicional, sino de un entorno de producción cartográfica que añade una serie de mejoras a las bases cartográficas existentes.

Se mejora notablemente la información que se proporciona. En este sentido se aumenta tanto la cantidad de información, obteniendo los datos en 3D para un catálogo más amplio de fenómenos, como la calidad de ésta, ofreciéndose una mayor precisión geométrica en la captura de información, una adecuación a los estándares actuales y unas rutinas de calidad notablemente más eficientes y exigentes.

Al mismo tiempo se cuida que la información de salida sea más cercana y accesible al usuario, proporcionándose productos de usuario final de una amplia gama, desde vistas a medida de la geodatabase completa, hasta ficheros DXF o PDF en varias capas.

El Mapa Base de Andalucía es una cartografía de nueva creación, que abarca niveles de detalle intermedios, asemejables a escalas que van desde 1:10.000 a 1:5.000, desarrollada por el Instituto de Cartografía de Andalucía, de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda, iniciada hace aproximadamente tres años y que actualmente se encuentra ultimando la producción de aproximadamente 2.500.000 hectáreas y que se plantea como complementaria al Mapa topográfico 1:10.000.

**Palabras Clave:** cartografía básica, cartografía topográfica, base cartográfica, modelo orientado a objetos

### ANTECEDENTES

El Instituto de Cartografía de Andalucía, como órgano responsable de la Comunidad Autónoma de la producción de la cartografía topográfica a distintos niveles de detalle, lleva elaborando desde los años ochenta, entre otros, uno de los productos más utilizados por los profesionales relacionados con la información geográfica: el Mapa Topográfico de Andalucía 1:10.000 (MTA10).

Este Mapa, cuya elaboración supuso un reto en la producción para la administración andaluza, sigue estando vigente en la actualidad. El MTA10 ha experimentado desde sus orígenes una serie de mejoras de distinta naturaleza, lo que le permite seguir siendo un producto competitivo y de gran valor. Para hacerse una idea, a partir de una

versión originaria procedente de restitución en papel, se escaneó, vectorizó, y se tradujo a distintos formatos SIG, se añadió nueva información y se actualiza continuamente la información que contiene. Actualmente se ha conseguido, además, una actualización bastante dinámica haciendo uso de las ortofotografías disponibles cada dos años de la Comunidad Autónoma. Tan es así que, junto con la Ortofotografía de 50 cm, es una de las bases cartográficas caracterizadas como oficiales en Andalucía (Decreto 141/2006, de 18 de julio, por el que se ordena la actividad cartográfica en la Comunidad Autónoma de Andalucía).

Después de un análisis técnico del MTA10, se llega a la conclusión de que todas estas características, aunque suficientes para contar con una base cartográfica adecuada para Andalucía, son mejorables sustancialmente si se define un entorno de producción que, al igual que se planteó veinte años atrás, aproveche las ventajas de la tecnología actual.

Esta ha sido la razón por la cual se aborda el proyecto del **Mapa Base de Andalucía** (MBA). El objetivo es construir una nueva base cartográfica más rica en precisión y contenido que complemente al MTA10. El MBA no es un mapa al estilo tradicional, sino todo un complejo sistema de información integrado que permite generar desde una base de datos única, múltiples mapas de salida en distintos formatos.

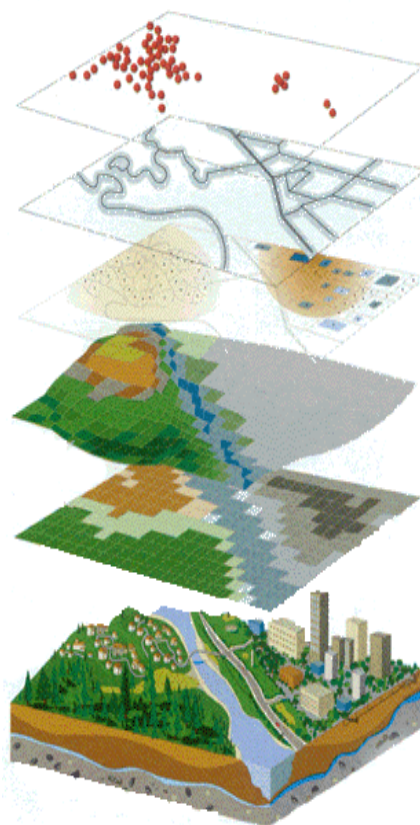


Figura 1. Organización conceptual de la información por temas

## RIQUEZA DE FENÓMENOS Y ORIENTACIÓN A OBJETOS

El Mapa Base de Andalucía contiene más de quinientos fenómenos, que se estructuran en diferentes **temáticas**: relieve, geodesia, transporte, conducciones, usos de suelo, hidrografía, edificación, divisiones administrativas, nombres geográficos y otros elementos propios del mapa. (Fig. 1).

Estos **fenómenos** y sus características asociadas se capturan y mantienen a unos niveles de detalle que se corresponden al rango de escalas propias de cartografía territorial de 1:10.000 a 1:5.000.

Los elementos se almacenan en un modelo de datos orientado a objetos, lo cual supone una serie de ventajas, entre las que destaca un comportamiento más parecido a la realidad.

En concreto, para cada conjunto de objetos del mapa que comparten estructura y comportamiento, se define una **clase** común (o superclase). De ésta dependen jerárquicamente otras clases que comprenden cada uno de los subtipos de la superclase anterior, que heredan sus características e incorporan a su vez características propias que los diferencian de las clases de su mismo nivel jerárquico.

Por ejemplo de la temática hidrología, dependiendo de la superclase "*elementos lineales de hidrología*" dependen clases tales como "*línea de costa*", "*cauce*" o "*rambla*". Estos elementos comparten la **estructura** de ciertas tablas y atributos por depender de la misma superclase y, además, cada uno de ellos tiene una estructura de atributos propia, que los distinguen unos de otros.

Otro ejemplo puede ser que dentro de la temática transporte, de la superclase "*vías de comunicación*", dependen las clases de objetos "*camino-senda*", "*carretera*", "*eje de carretera*" o "*vial urbano*".

A las clases, independientemente del nivel que ocupen en la jerarquía del modelo, se asocian los denominados, en orientación a objetos, **métodos**. Estos son desarrollos software que tienen efecto sobre elementos de dichas clases. Los métodos, al igual que las estructuras de datos, se comparten por los objetos de la misma clase y se heredan de las superclases.

Un ejemplo de método puede ser la rutina "*enlaza con*". Este método podemos programarlo según las necesidades del sistema. Así podemos programarlo, por ejemplo, para aplicarlo a la superclase "*vías de comunicación*". En ese caso permitiría que, cumpliendo unas reglas topológicas, por supuesto, el eje de cualquier tipo de vía de comunicación enlazara con el eje de cualquier tipo de vía de comunicación. En cambio, si restringimos el funcionamiento del método a "*carretera*" y "*vial urbano*", hijas de aquella, sólo permitiría que, cumpliendo también unas reglas topológicas, un eje de carretera o de vial urbano enlazara con un eje de carretera o de vial urbano y no con el de las otras clases dependientes de la superclase "*vías de comunicación*".

## RIQUEZA TOPOLÓGICA

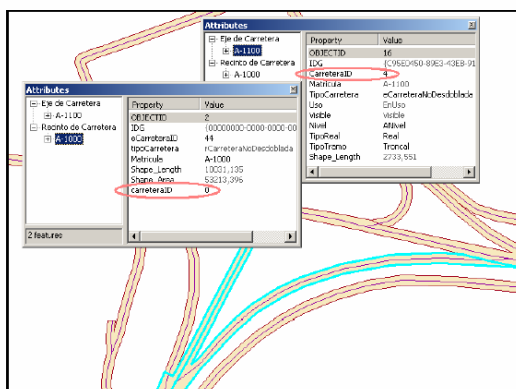
Como hemos comentado con anteriormente, en el Mapa Base de Andalucía se modelizan los fenómenos de la naturaleza respetando las **relaciones espaciales** que presentan con otros en su mismo entorno. Dicha modelización supone una definición de doble vertiente en la que se definen entidades para representar aquellos elementos identificables en la naturaleza (p.e.: *carreteras*, *edificios* o *embalses*), pero también otra serie de elementos que, no siendo visibles o palpables, posibilitan la consecución de una representación precisa de la realidad (*curvas de nivel*, *puntos de cota* o *límites administrativos*).

En esta nueva concepción de cartografía las relaciones topológicas se pueden entender desde distintos puntos de vista. Sin olvidar que la topología es, básicamente, la forma de relacionarse espacialmente los objetos entre sí, hay relaciones topológicas traspasadas directamente **del mundo real** mientras que otras se han establecido forzosamente como resultado del entorno de trabajo elegido y **del modelo de datos** diseñado.

Por otro lado, las relaciones topológicas pueden ser resultado de relaciones jerárquicas (*superficie cartografiada - manzana cartográfica*) o de relaciones entre iguales (*recinto vial - edificación*).

Para entender las **relaciones jerárquicas** es necesario dar unas breves pinceladas de cómo se ha estructurado topológicamente el territorio y la información contenida en él en nuestro modelo cartográfico. De esta manera conseguimos organizar y priorizar el orden con el que los elementos se perciben y trasladan de la realidad al modelo. Todo el territorio a cartografiar, entendido como toda la comunidad autónoma o como la unidad de trabajo (hoja), debe catalogarse como *recinto estructurante* o como *manzana cartográfica*. Los primeros son recintos (*vías de comunicación*, *hidrología*...) que articulan y vertebran el territorio. El espacio no cubierto por estos recintos, no estructurantes, responden a dos posibles tipologías: *suelo rústico* o *urbano*. Cualquier otro fenómeno a cartografiar queda "superpuesto" sobre esta base. Pueden existir también elementos a los que no se les exigen relaciones espaciales con otros fenómenos geográficos, aunque sí entre ellos mismos por ser fenómenos no tangibles sobre el territorio, como es el caso de las *divisiones administrativas*.

Las **relaciones entre iguales** son mucho más numerosas, de hecho se establecen más de cien. Como ya se ha indicado algunas de estas reglas son trasposición de la realidad, por ejemplo que un "*tramo oculto de carretera*" esté debajo de un "*tramo de carretera en puente*"; mientras que otras vienen establecidas y forzadas por el modelo cartográfico definido, éste es el caso de que un "*eje de vial urbano*" se corresponda con un "*recinto de vial urbano*". (Fig. 2).



Coherencia de atributos en clases dependientes incorrecta.

Figura 2. Ejemplo de incumplimiento de regla topológica.

También conviene señalar que estas relaciones topológicas quedan recogidas en el diseño del modelo del MBA de muy diferentes maneras. Unas están implícitas en los propios elementos como resultado de las condiciones de restitución establecidas; por tanto, una vez comprobado en las fases iniciales que dichos elementos se han capturado como debían esa relación topológica se da por supuesta y no queda plasmada explícitamente en el modelo. Este es el caso de las “*curvas de nivel*” que no pueden cruzarse entre sí o la imposibilidad de construcciones en el interior de una “*masa de agua*”. En otros casos, estas relaciones pueden ser más complejas, pueden tener más excepciones o es necesario que el usuario sea conciente de ellas en todo momento para poder explotarlas adecuadamente; por tanto, estas relaciones serán accesibles y visibles en cualquiera de plataformas software sobre las que trabaje, ya sean CAD o GIS.

Un caso peculiar son las reglas de solape: para que todo el territorio quede cartografiado adecuadamente no puede quedar superficie sin información pero tampoco pueden solaparse, es decir, sigue el patrón tradicional de las clases de equivalencia.

## ENTORNO DE PRODUCCIÓN CAD

El sistema se concibe conceptualmente como un modelo central, cuya definición recoge qué información de la realidad se quiere almacenar en el sistema, es decir, qué fenómenos, y qué características es interesante que se asocie a cada uno de ellos, es decir, qué atributos se les asignan.

Una vez definido esto, que es el corazón de cualquier sistema de información, se estructura la información a almacenar siguiendo la lógica de modelado de la orientación a objetos, técnica, que, como ya se ha apuntado, permite un modelo más parecido a la realidad gracias a relaciones de jerarquía, herencia, comportamiento y relaciones topológicas muy completas.

Con el modelo conceptual estructurado y una vez realizado el análisis, en gran medida, del resto de componentes del sistema a desarrollar, se decide la plataforma de almacenamiento y de desarrollo y se opta por un entorno GIS en geodatabase.

Hasta este momento el sistema se compondría, de una forma muy somera, de un modelo conceptual donde se recogen jerárquicamente los fenómenos en forma de clases de objetos, de un conjunto muy extenso de relaciones topológicas entre los objetos, de un exhaustivo conjunto de rutinas de calidad a cumplir por los elementos del sistema, de un entorno de producción y de salidas del sistema donde se extraen vistas de la información y traducción a distintos formatos, de un entorno colaborativo para el propio desarrollo del proyecto MBA y toda la documentación asociada.

Para comenzar la producción del Mapa se abordan los trabajos de producción necesarios, realización de vuelos fotogramétricos, apoyo, aerotriangulación, restitución, edición, ..., conformando un complicado engranaje de trabajos encadenados, algunos de los cuales se realizan con la colaboración de agentes externos. En este sentido se inicia un conjunto de concursos públicos para contratar a empresas del sector que quieran participar en la producción del

MBA. Centrándonos en dos de las fases fundamentales de la producción del MBA, la edición y la restitución, se presentan como candidatas las empresas con mayor experiencia en España en elaboración de cartografía. Prácticamente todas ellas cuentan con entornos tecnológicos de producción en CAD y solamente algunas aportan también la posibilidad de restituir en geodatabase, pero acreditando como experiencia previa trabajos realizados en áreas reducidas. (Fig. 3).

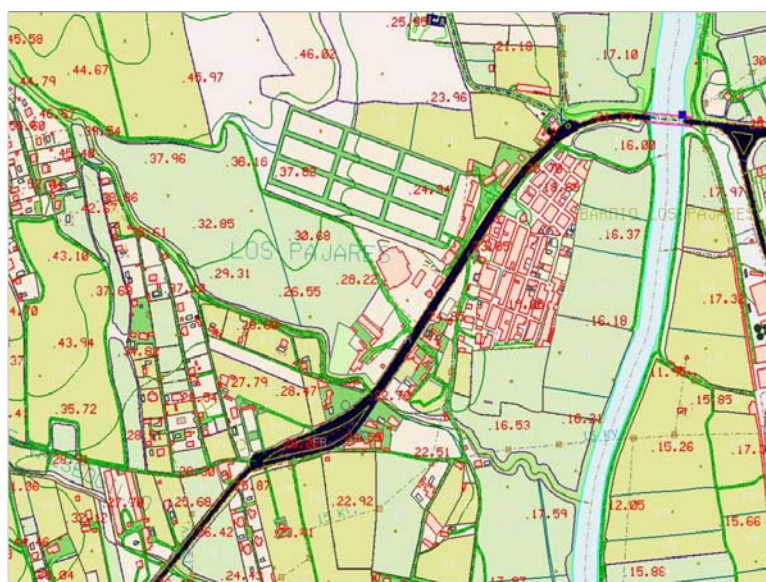


Figura 3. Entorno de restitución en CAD

Esta es una de las mayores complicaciones del proyecto: hay que implementar una versión del sistema en CAD que incluya, al menos, posibilidad de restitución, edición, relaciones topológicas y control de calidad, además de desarrollar un subsistema de migración de un modelo a otro, de CAD a GIS. Para esta segunda implementación se elige .DGN, por ser uno de los formatos más habituales en el sector para este tipo de trabajos. (Fig. 4).

Así, el modelo de entrada de datos es .DGN y el modelo de explotación es geodatabase. Los productos de salida se ofrecen en distintos formatos estándar.

La complejidad que mencionamos no solamente es de programación y modelado, la verdadera dificultad del sistema es el diseño de un mismo modelo conceptual, que recoge la realidad que queremos modelar, en dos entornos lógicamente muy diferentes. Es totalmente distinta la forma de almacenar los fenómenos y sus atributos y, lo que es aún más complicado, las relaciones entre ellos. Todas estas cuestiones hay que tenerlas en cuenta tanto en la construcción del sistema CAD, como en la herramienta de migración de un sistema a otro.

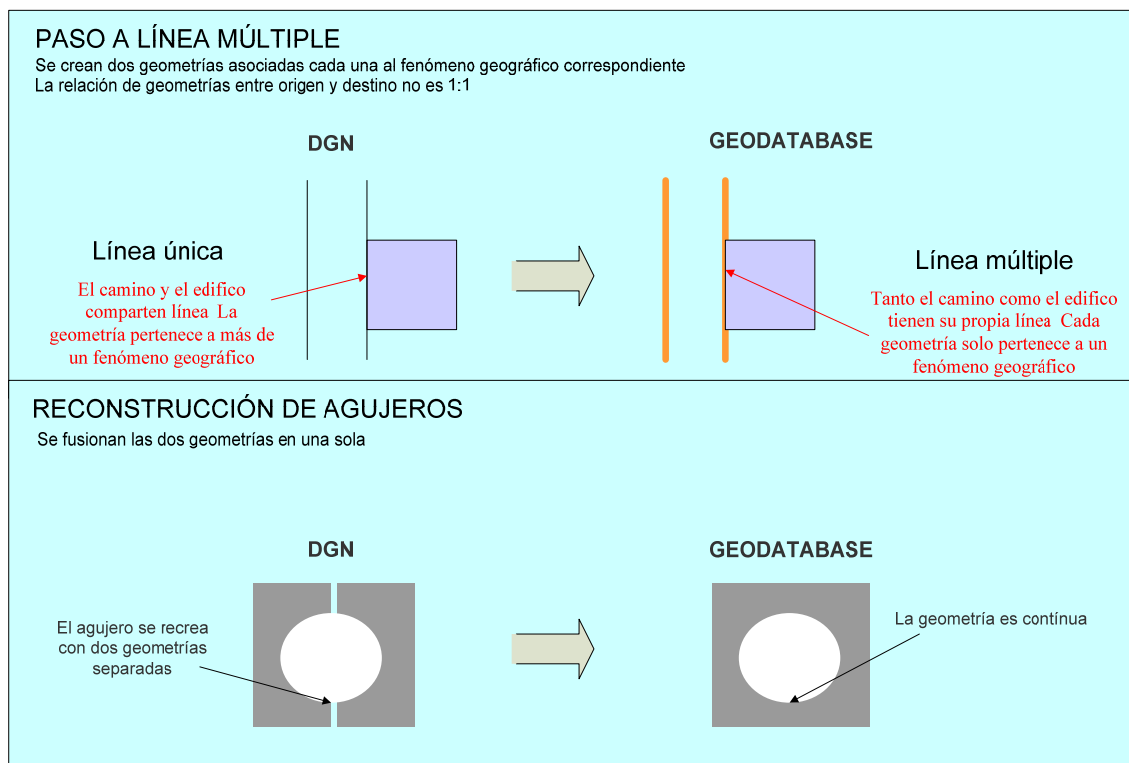


Figura 4. Ejemplos de acciones a tener en cuenta en la migración del modelo CAD al GIS

## CONTROLES DE CALIDAD.

La fase de control de calidad es fundamental en cualquier proyecto de estas características, en el que han participado unas veinte empresas, cada una de ellas con su propio sistema de producción. Dado que supone un esfuerzo muy significativo dentro de los costes del mismo, es importante establecer unos protocolos claros y sencillos que permitan automatizar el mayor número de procesos posible.

Una vez que se llega a la conclusión de que en esta primera etapa del MBA la captura inicial de los datos va a realizarse sobre un entorno tradicional, restitución sobre DGN, se dedica un esfuerzo considerable a decidir qué se quiere controlar, en términos de calidad, y cómo. En un esfuerzo por definir procesos y estándares alcanzables se parte de una serie de premisas: se asume que cada zona cartografiada va a experimentar varias revisiones, por lo que es fundamental realizar un seguimiento muy estricto del proyecto, así como poder asegurar la trazabilidad de cada hoja y documentar cada paso; también se considera fundamental que las empresas participantes conozcan desde el primer momento a qué controles se va a someter la información que produzcan y cómo va a articularse el subsistema de control de calidad, por lo que se les facilitan los desarrollos realizados, así como amplia documentación complementaria sobre los mismos. De cada control de calidad realizado se envía a la empresa un shapefile en el que se marca la ubicación exacta de los errores y un pdf donde se describe qué tipo de error y cómo deben corregirlo.

Con el objetivo de obtener altos niveles de productividad se desarrollan varias herramientas que permiten, como hemos dicho anteriormente, automatizar procesos y documentar cada fase. Se diseña una cadena de tareas en la que si un control no superaba el umbral establecido, la hoja se devuelve a la empresa productora.

El protocolo de calidad se articula en torno a cuatro conjuntos de controles fundamentales:

- De exactitud geométrica
- De compleción
- De consistencia lógica
- De exactitud temática

En el primer grupo, **exactitud geométrica**, se ha analizado la exactitud absoluta de dos formas distintas: una básicamente cualitativa basada en una revisión visual y otra cuantitativa aplicando EMAS y NSSDA. Para ello se utiliza la Red de Puntos de Apoyo generada a partir de los puntos observados en otros proyectos realizados por el ICA de los que previamente nos habíamos asegurado que cumplían los requisitos necesarios para una cartografía 1:5.000/1:10.000. Esta densa red permite realizar un análisis posicional en función de los elementos cartografiados, con especial atención a aquellos elementos considerados clave.

Respecto a la **compleción** se revisa cualitativamente el grado de omisión/comisión en todos los elementos capturados. En función de la importancia asignada a ese elemento, el umbral de aceptación es más o menos exigente. Un paso importante en este apartado es la formación del mapa a la manera clásica para permitir, además de su uso vectorial, su posterior edición en papel; se ha logrado así un punto de vista complementario en que ha sido fundamental el saber hacer cartográfico del equipo humano: una experiencia acumulada de valor incalculable.

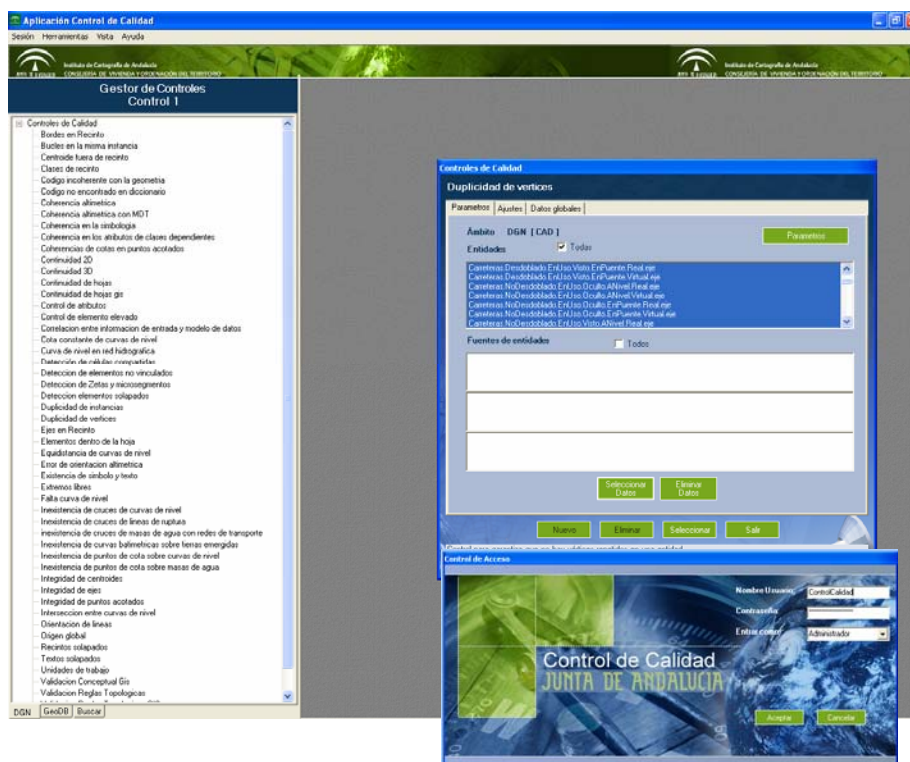


Figura 5. Ejemplo de pantalla del metamodelo de calidad.

En los procesos de control de **consistencia lógica** se realiza un número considerablemente mayor de desarrollos con el objetivo de reducir los tiempos de revisión a la vez que se trata de controlar el mayor número de casos posibles. Para ello se definen más de cincuenta controles de validación que verifican las reglas topológicas del modelo, la estructura de datos, de atributos y de relaciones. Así se diseñan controles específicos que detectan bucles en una instancia, errores de coherencia alimétrica o validación de las reglas topológicas definidas.

Dentro del conjunto de **exactitud temática** se da una relevancia muy especial a la toponimia. Se parte de un trabajo previo (el MTA10) muy importante que se quiere no sólo conservar sino completar en la medida de lo posible. Como es esperable, dentro de este tipo de controles se revisa que las distintas entidades se clasifican como deben y siempre dentro del catálogo establecido. Se diseñan validaciones para comprobar si existe algún código no incluido en el diccionario o las clases de recinto.

El subsistema de calidad se construye de forma que se reutilice todo el código posible. En este sentido se desarrolla una gran cantidad de rutinas, de acuerdo con la clasificación que hemos ido detallando anteriormente, cada una de las cuales realiza un control de calidad concreto, y que se aplican, con pequeñas variaciones en algunos ca-

tos, sobre los distintos fenómenos. Estas rutinas forman parte del denominado “metamodelo de calidad” (fig. 5), que tiene como componentes principales: el conjunto de rutinas mencionado, el catálogo completo de tipos de elementos del sistema, es decir, la lista de clases, y unas reglas que vamos construyendo según las necesidades del sistema y cuyo objetivo es asociar cada rutina a las clases sobre las que se aplica en cada momento. Esta asociación que, como hemos dicho es flexible, hace que las cadenas que enlazan sobre un elemento los controles de calidad a aplicar sean totalmente adaptables a necesidades cambiantes en el sistema.

## SALIDAS

Dentro de la complejidad del proyecto nunca se ha perdido de vista que lo más importante del MBA es la difusión y el uso profesional y público de su contenido, por lo que se contempla un gran número de formatos y estándares que aseguren la interoperabilidad y satisfagan los requisitos del espectro de posibles usuarios.

En este sentido, se ha mantenido la generación de DGN por hoja 10.000 que garantiza su uso por un sector más convencional en cuanto a software de base, pero generalmente muy exigente en exactitud geométrica y posicional.

Por otra parte, las salidas en distintos formatos GIS, de los que la geodatabase completa para usuarios muy avanzados también está disponible, da respuesta a un grupo de usuarios que, sin perder de vista la exactitud geométrica, buscan mayor versatilidad e interoperabilidad a la hora de integrar información de distintas temáticas. Además, para facilitar su explotación, la geodatabase a difundir tiene incorporada la simbología generada de manera que su uso sea lo más ágil posible. Aquí tenemos la posibilidad de exportación de la información a formatos abiertos, como postGIS.

Particularmente interesantes son los pdf por capas tanto en color como en blanco y negro. Estos ficheros tienen diseñada una carátula fija para toda la serie mientras que la leyenda es variable en función de los elementos que aparecen en dicha hoja. (Fig. 6).

Tanto para unas salidas como para las otras se asegura un nivel de calidad exhaustivo y el cumplimiento de los estándares de calidad existentes, de forma que pueden integrarse con información de otras fuentes externas, que, a su vez, cumplan también los estándares exigidos.

De acuerdo con esta última idea se están generando salidas en formato compatible con la Base Topográfica Armonizada (BTA), modelo de datos mínimo que se establece por la Comisión de Normas Cartográficas del Consejo Superior Geográfico y que persigue conseguir una cartografía topográfica continua con un modelo común para toda España.

Finalmente y aunque no se puede considerar salida como tal, es importante señalar el gran volumen de documentación generada sobre el modelo de datos, la forma de capturar las entidades, las reglas topológicas y de conexión, los procesos de control de calidad, etc. que se han puesto a disposición no sólo de las empresas participantes sino de todos aquellos usuarios que tengan un interés más profundo en el proyecto y en las muchas conclusiones y aprendizajes que de él se pueden extraer.



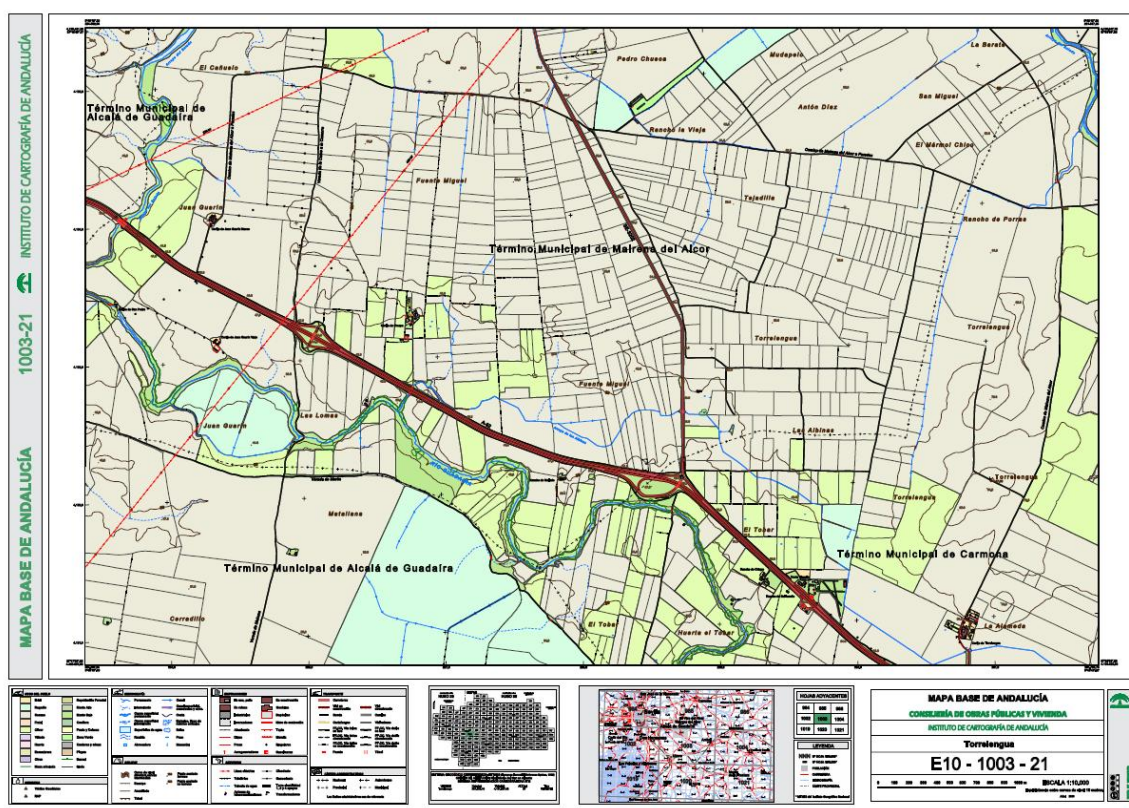


Figura 6. Ejemplo de salida en PDF

## CONCLUSIONES

La producción del Mapa Base de Andalucía ha supuesto la definición y construcción de un entorno de trabajo muy complejo, donde sus múltiples componentes se aúnan en un objetivo común: la puesta en marcha de un sistema informático, con los consiguientes desarrollos de software para controles de calidad, desarrollo del entorno de migración del modelo CAD a GIS, desarrollo del subsistema de salidas y software de seguimiento del proyecto y comunicación y envíos con todos los agentes participantes en el proyecto; la formación de los efectivos participantes en los trabajos, tanto del personal de la administración como de empresas participantes; la tramitación de distintos expedientes administrativos para abordar las tareas a externalizar; así como la generación de toda la documentación técnica de los trabajos.

Como ya hemos mencionado el entorno de producción de cartografía topográfica de las empresas del sector nos ha obligado a realizar un doble diseño y construcción del sistema correspondiente al modelo conceptual concebido para el MBA: uno de ellos sobre entorno GIS, concretamente geodatabase, que es el entorno de explotación elegido desde el principio para el modelo y el otro sobre CAD, en concreto .DGN, como estándar elegido de entre las posibilidades de producción masiva que ofrecen las empresas de cartografía.

Esto, como se puede ver, ha supuesto una mayor complejidad en el sistema y la necesidad de diseñar, construir y producir cartografía a caballo entre dos entornos de trabajos diametralmente opuestos, el consiguiente aumento en el consumo previsto de recursos.

Si unimos el hecho de que sea un sistema costoso en la producción a la escasez de recursos económicos que afecta la Administración Pública actualmente, la elaboración de una primera versión del MBA completo para toda Andalucía y sus posteriores actualizaciones se dilataría excesivamente en el tiempo. Por ello desde el Instituto de Cartografía se están abordando trabajos I+D+i para impulsar el desarrollo de herramientas que permitan la restitución

ción y edición masiva de elementos directamente en entornos GIS. Con ese tipo de herramientas podría reducirse el coste en la producción notablemente y adaptarse al escenario económico actual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hermosilla, Caturla y Panero. (2008). La experiencia de Andalucía en la producción de cartografía inteligente: el Mapa Base de Andalucía. *El XIII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*. Sesión de pósters. Gran Canaria.

Hermosilla. (2007). La nueva base cartográfica de Andalucía. *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra (Mapping)*. Monográfico: Nuevos Horizontes para la Cartografía Andaluza: principales líneas de trabajo del Instituto de Cartografía de Andalucía.

Normas técnicas y documentación del proyecto MBA.

Conceptos generales del MBA. Equipo de producción del ICA. 2008.

Condiciones de restitución y edición. Equipo de producción del ICA. 2008.

Descripción del modelo de datos CAD v.16. Equipo de producción del ICA. 2008.

Incidencias generales de revisión visual. Equipo de producción del ICA. 2008.

Manual de validaciones. Controles de calidad. Equipo de producción del ICA. 2008.

Normas básicas para la toponimia del MBA. Equipo de producción del ICA. 2008.

Reglas de conexión. Equipo de producción del ICA. 2008.

Reglas topológicas y de solapamiento entre elementos. Equipo de producción del ICA. 2008.

Tolerancias geométricas de los controles de calidad. Equipo de producción del ICA. 2009.