

Integración de los programas de CAD en los Sistemas de Información Geográfica

M. F. Marey Pérez, J. R. Rodríguez Pérez, D. Miranda Barrós
Departamento de Ingeniería Agroforestal
Universidad de Santiago de Compostela
Escola Politécnica Superior. Campus Universitario
E-mail: epspep@lugo.usc.es; Tfno.: 982 252 231 (Ext.: 23292); Fax.: 982 241 835;

1. Resumen

La amplia difusión de los programas de Diseño Asistido por Ordenador (*Computer-Aided Design: CAD*), ha contribuido a la utilización de los mismos para muy diversos fines, entre los que cabe destacar la generación de cartografía a grandes escalas.

Sin embargo, los programas de CAD carecen de capacidad de análisis de la información contenida en los mapas temáticos. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) utilizan la tecnología informática para analizar y gestionar información espacial.

Por tanto la integración o utilización conjunta de ambos sistemas contribuye a conseguir mejores resultados de cartografía digital ya que, por un lado se agiliza la fase de *digitalización* de los mapas utilizando los programas de CAD de amplia difusión, y por otro lado se incorpora la capacidad de analizar la información georreferenciada.

En esta comunicación se expone una metodología que integra los sistemas CAD y SIG para la obtención de cartografía temática. Concretamente se menciona un ejemplo aplicado a estudios de concentración parcelaria.

2. Introducción

2.1. Antecedentes

A lo largo de las últimas décadas, se ha producido una evolución informática en todos los campos del conocimiento. El diseño gráfico, así como el análisis territorial, han visto aumentadas sus potencialidades por medio de la informática, tanto en el aspecto práctico del manejo, como en los resultados obtenidos.

Los sistemas de CAD nacieron para diseñar y dibujar nuevos objetos y enseguida se adaptaron para crear cartografía digital estructurada en capas temáticas, lo que mejoró notablemente el proceso de producción cartográfica [3]. Sin embargo, la gran limitación de los sistemas CAD es que no cuentan con capacidad de análisis ni superposición de mapas; este problema los solucionan los SIG.

Cada vez son más numerosas las aplicaciones a los programas informáticos de CAD y a los SIG. Dichos programas, se encuentran al alcance de más usuarios y empresas dedicadas a proyectos que afectan al medio físico. La combinación de ambos tipos de programas proporcionará soluciones a muchos problemas de cara al futuro, además del aprovechamiento de recursos, dado que en la actualidad hay mucha información cartográfica generada con CAD.

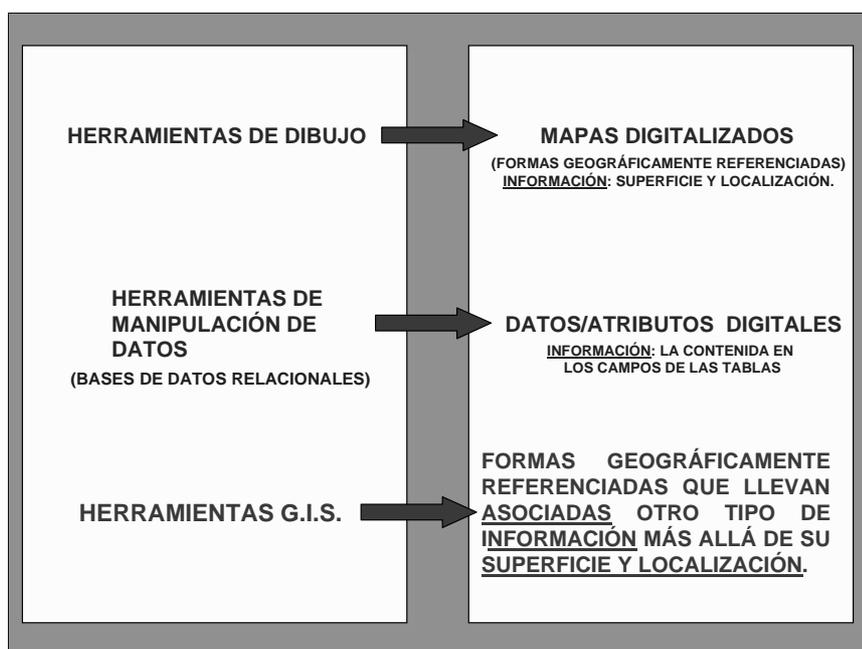


Fig. 1 – Diferenciación entre software de gestión de bases de datos, CAD y SIG

En la figura 1, se muestran de forma esquemática las características fundamentales de los sistemas CAD aplicados a la información geográfica y los SIG, relacionados a través de las bases de datos relacionales. Se puede apreciar que básicamente un SIG integra las capacidades de un CAD y un sistema de gestión de bases de datos, es decir, que además de poder presentar con gran calidad los datos geográficos, puede realizar diversos análisis con la información temática almacenada.

2.2. Entrada de datos en un Sistema de Información Geográfica

La primera fase para la creación de un proyecto de SIG es la entrada de datos. La captura de esta información geográfica es distinta según se pretendan introducir en un sistema ráster o vectorial, aunque siempre es posible intercambiar la información de un sistema a otro (*rasterización* de información vectorial o *vectorización* de

información ráster). La introducción manual de los datos es una posibilidad común a ambos sistemas, pero se suele descartar por la escasa eficiencia del método.

En un SIG ráster se puede incorporar información contenida en mapas analógicos por medio de un barredor óptico (*scanner*); importando directamente ficheros ráster con igual o distinto formato al reconocido por el SIG (importación de imágenes de satélite), o bien, *rasterizar* ficheros vectoriales [3].

Para la introducción de datos en un sistema vectorial, se pueden presentar dos casos: que exista información digital o que sólo se cuente con cartografía analógica. En el primer caso, la información geográfica se importa gracias a módulos especiales que los SIG destinan a este fin, tanto para la *vectorización* como para la conversión de formatos reconocibles por el sistema. Para generar información digital e introducirla en el sistema, se puede usar una *tableta digitalizadora* mediante la cual se señalen las coordenadas de elementos de un territorio en base a ortofotos y mapas analógicos, o bien se pueden introducir los datos tomados directamente en el campo a través de un receptor GPS (*Global Positioning System*) [1].

La tendencia actual es a la incorporación de información digital a través del escaneado de cartografía convencional existente, o bien introducción directa de datos e imágenes de satélites (o de receptores GPS). Los sistemas de escaneado están muy perfeccionados, sin embargo la transformación de esas imágenes ráster a vectoriales (*vectorización*), es un proceso que aun no está resuelto de forma definitiva. Por tanto, la forma más precisa para la obtención de información cartográfica informática, es la digitalización de cartografía convencional a través de un tablero digitalizador.

2.3. Objetivos

Dentro del equipo del Laboratorio de SIG, del Departamento de Ingeniería Agroforestal de la EPS (Universidad de Santiago de Compostela), se realizan trabajos de investigación sobre Ordenación del Territorio. El desarrollo de esta línea investigadora, hace preciso generar una metodología que permita integrar de forma rápida y eficiente la información cartográfica con la que se cuenta, para su posterior análisis mediante Sistemas de Información Geográfica. Dicha metodología ha sido desarrollada a partir de la utilización combinada de software específico de CAD, con los programas de SIG.

En la presente ponencia se expone la metodología empleada en el mencionado departamento, para la entrada de datos geográficos al SIG. Concretamente se describirá el proceso seguido para la introducción de la información geográfica en un estudio de efectividad de la concentración parcelaria que se llevó a cabo en una zona de concentración de la parroquia de Vilaformán (Lugo).

3. Material

Para la descripción del presente trabajo se partirá de información cartográfica (planos de Bases Definitivas y Proyecto de Concentración), que sirvió de base para la introducción de la información digital al sistema por el método que posteriormente se expondrá. A continuación se menciona cuales son las principales fuentes de información.

3.1. Cartografía

Planos de bases definitivas y acuerdo de concentración parcelaria de la zona Parroquia de Vilaformán (Lugo).
Planos del IGN de la zona escala 1:25.000 del año 1994, en formato papel.
Planos de la Consellería de Ordenación del Territorio (Xunta de Galicia) a escala 1:10.000 del año 1990, en formato papel.

3.2. Programas informáticos

Los programas que se combinan para el trabajo son los relacionados con la introducción de la información digital, concretamente se ha utilizado el programa de diseño asistido por ordenador de AUTODESK® AutoCAD™.

Una vez introducida la información en formato digital, se analiza dentro de un sistema del que forman parte los siguientes SIG: ArcView™ 3.0, ARC/INFO™ v-7.0.4. de ESRI® (en formato vectorial). También se cuenta con el sistema Idrisi™, programa desarrollado por Clark University (formato ráster), pero su utilidad no se tratará en esta comunicación.

3.3. Material Informático: tablero digitalizador

En la figura 2 se muestran cuales deben ser los elementos imprescindibles en un puesto de digitalización. El dispositivo más destacado es el tablero digitalizador.

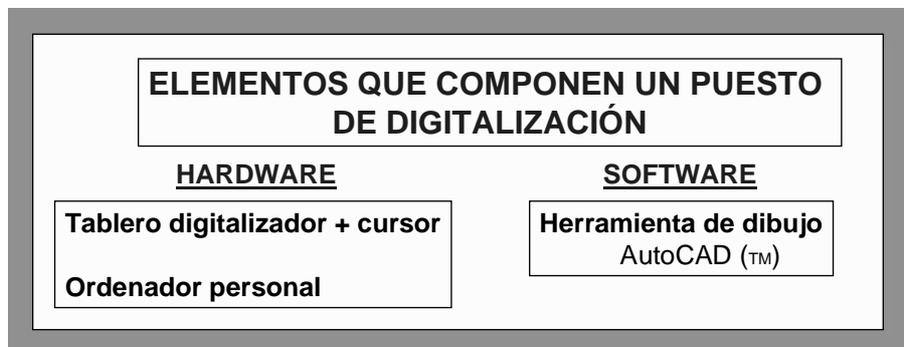


Fig. 2 – Elementos asociados al tablero digitalizador

El tablero digitalizador es el periférico que se va a utilizar como medio de entrada de datos cartográficos en el SIG. Se trata de un tablero plano que en su interior tiene una malla tupida de hilos metálicos que detectan el impulso electrónico que emite un cursor situado en su superficie y que actúa de manera semejante al *ratón* (figura 3).

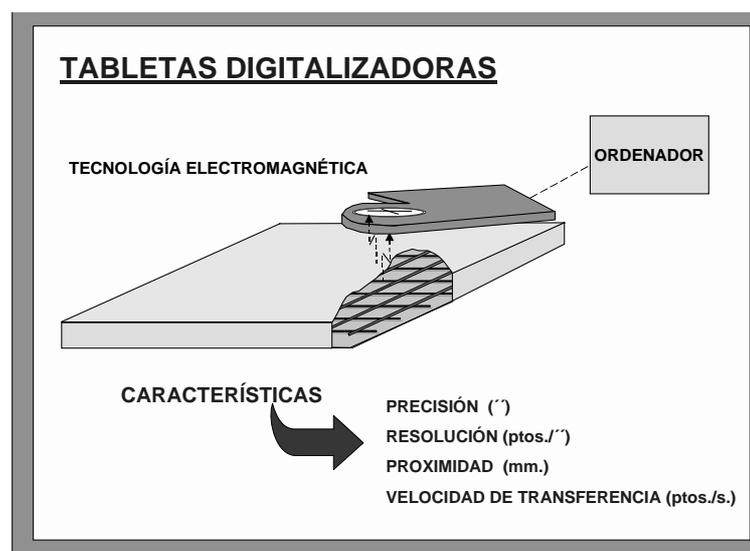


Fig. 3 - Estructura y características de un tablero digitalizador

El tablero utilizado para este Trabajo es de la marca CALCOMP DRAWING BOARD® (modelo 33480 User), con área activa 36x48" (tamaño A0) y soportado por AutoCAD™.

Este cursor, manejable con una sola mano, consta de un visor con punto de mira. Para digitalizar se repasan los contornos de los objetos cartográficos a través de ese punto de mira, haciendo *click* en puntos aislados, o en aquellos que definan líneas (tantos más cuanto más pronunciadas sean las curvas), utilizando las funciones de los botones del cursor. Esto es así porque se optó por el *modelo discontinuo* de digitalización. A través de impulsos electrónicos, el cursor proyecta la posición del punto de mira desde el tablero y, por lo tanto, desde el documento cartográfico a digitalizar colocado sobre la tableta, hacia una de las intersecciones de la malla de hilos interna.

4. Metodología

En este apartado se definirán con detalle todas las etapas que se ha seguido para la introducción al SIG de información cartográfica en formato analógico. Para hacer más comprensible el método, se ha tomado como ejemplo el proceso seguido en la digitalización de planos de concentración parcelaria, que es una de las líneas de investigación en la que han profundizado los autores. En la figura 3 se señalan cuales son las fases de la digitalización.



Fig. 4 - Esquema metodológico en la digitalización

4.1. Colocación del plano sobre el tablero

Un paso previo al inicio del proceso en sí es colocar el plano a digitalizar sobre el tablero, dentro del área activa del tablero, sujetándolo con papel adhesivo para su completa fijación al tablero.

4.2. Calibrado de la tableta

Cada vez que se inicia una sesión de digitalización, se debe calibrar el tablero. Para ello se emplea la orden *TABLERO CAL*, de AutoCAD™, que define los límites del área activa de trabajo mediante las coordenadas x , y de los puntos correspondientes a los vértices inferior izquierdo y superior derecho de dicho área. Para el formato de tablero A0, a escala 1:1.000, las coordenadas de estos puntos son $(0,0)$ y $(1.200,900)$ respectivamente. Para obtener las coordenadas referidas a otras escalas solo hay que realizar una sencilla operación: por ejemplo, para aquellos planos que están a otro tipo de escala por ejemplo 1:5.000, las coordenadas serían $(0,0)$ y $(6.000,4.500)$.

Una vez realizada y contrastada la configuración del tablero, y después de tener incorporado al programa el menú del cursor (*DIGIT*), se procede al inicio de la digitalización. Este menú puede modificarse mediante cualquier editor de textos para darle funcionalidad a los 14 botones que posee el cursor. En la tabla 1 se define la función de cada botón del cursor, para este ejemplo concreto.

Nº	Orden ejecutada
0	ejecuta las órdenes que establecen el resto de los botones (<i>enter</i>)
1	inicio de <i>polilínea</i>
2	inicio de <i>polilínea</i> desde el punto cercano
3	copia los objetos señalados en la capa activa
4	inicio de <i>polilínea</i> desde el final de otra o desde una intersección
5	cambia los objetos a la capa deseada
6	orden <i>fin</i> : en el caso de estar realizando una <i>polilínea</i> , termina la misma uniéndose al final de otra o a una intersección; de no ser así, al ejecutar esta orden se sale del programa.
7	inserta etiquetas en un recinto
A	termina la <i>polilínea</i> en un punto de un polígono o de otra <i>polilínea</i>
B	muestra la imagen anterior
C	inserta textos
D	ajusta el tamaño de la visualización (<i>zoom</i>)
E	redibuja
F	cambia de menú <i>DIGIT</i> (empleado para digitalizar) a menú <i>ACAD</i>

Tabla 1 - Descripción de las funciones del cursos del tablero digitalizador

4.3. Creación de los *TICS*

A continuación se trazan en las esquinas de cada plano unas pequeñas crucetas (*TICS*), que se digitalizan como puntos de referencia para obtener sus coordenadas mediante los comandos *MARCAR TICS* y *LIST* (listar *TICS*). Esto garantiza la exacta localización del plano en el tablero y permite desplegarlo y volver a fijarlo, tantas veces como sea necesario. Además, estos puntos de control también se emplean para realizar *uniones* entre diferentes planos contiguos que se encuentren en distintos formatos de papel.

4.4. Definición de las capas de información

Los programas CAD permiten almacenar información en diferentes *capas* [2]. Cada capa permite almacenar componentes del dibujo de características comunes, con lo cual se permite almacenar la información temática en diferentes capas que más tarde se podrán superponer. Para poder almacenar cada tipo de dato en una capa diferente, es necesario tener definidas con anterioridad las capas a emplear. El número de capas así como el tipo de información a almacenar en cada una, dependerá del proyecto SIG que se pretenda desarrollar. En este ejemplo aplicado a la concentración parcelaria, se han definido las capas en función de la información relevante para el proceso de concentración parcelaria (delimitación de las parcelas, trazado de caminos, edificaciones, etc.). Éstas se mencionan en la tabla 2.

Capa	Datos	Capa	Datos
M001	masas	060138	caminos de concentración
P001	parcelas y subparcelas	050146	casas
C001	clases de suelo	050157	iglesia
H001	huecos (dentro de las masas)	050159	cementerio
A001	etiquetas de parcela	040126	muros
B001	etiquetas de clase	030127	río
TICS	tics o puntos de control	ARRENDAMIENTO	arrendamientos
0605	servidumbres	PRIVATIVO	privativos y gananciales
06013	caminos		

Tabla 2 – Información almacenada en cada capa

4.5. Digitalización de entidades del plano: puntos y líneas

En el caso de los planos del Proyecto de concentración parcelaria del ejemplo (Bases Definitivas y Acuerdo), se realizan los siguientes pasos en su digitalización:

Digitalización de las líneas de masa: se define como masa un recinto territorial cerrado por caminos, carreteras, ríos y en general, cualquier obstáculo que impida establecer una propiedad continua [4]. Para cada una de ellas se digitaliza su contorno como una *polilínea* (en la capa *M001*), observando que quede completamente cerrada. Cuando una línea es común a varias capas de información se deben combinar los comandos *COPIA* y *CAMBIA* (de capa la entidad copiada), con objeto de que ambas entidades tengan las mismas coordenadas. Este hecho ocurre en los bordes de fincas que dan a un camino, en los bordes de masa delimitados por un río o camino, etc.

Digitalización de huecos: los huecos son aquellos recintos interiores a las masas, que comprenden zonas no superficiales y que pueden ser edificaciones, ribazos, zonas excluidas, etc. Estos recintos se almacenan en la capa *H001*, independientemente de que luego se digitalicen en su capa correspondiente.

Digitalización de las clases de suelo: para cada una de las masas, se digitalizan los recintos correspondientes a las distintas clases de suelo existentes en ella. Las divisiones entre las clases se digitalizan en la capa *C001* como *polilíneas*, siempre que no coincidan con límite de masa o hueco. En el caso de coincidir un límite de clase con un límite de parcela, se divide la *polilínea* en tantas unidades como veces coincidan o dejen de coincidir ambos límites, lo que permite realizar una copia de los tramos coincidentes para luego cambiarlos a la capa de parcelas. Hay que comprobar que toda *polilínea* correspondiente a un límite de clase se cierra sobre sí misma, sobre otra *polilínea* de límite de masa o hueco, o sobre otra entidad de límite de clase de la misma masa.

Digitalización de parcelas: para cada una de las masas, se digitalizan los recintos correspondientes a las distintas parcelas mediante *polilíneas* en la capa *P001*, siempre que no coincidan con límite de masa o hueco.

Digitalización de los restantes elementos cartográficos: se procede a la digitalización del resto de los elementos que aparecen en los planos de concentración (caminos, casas...), en su capa.

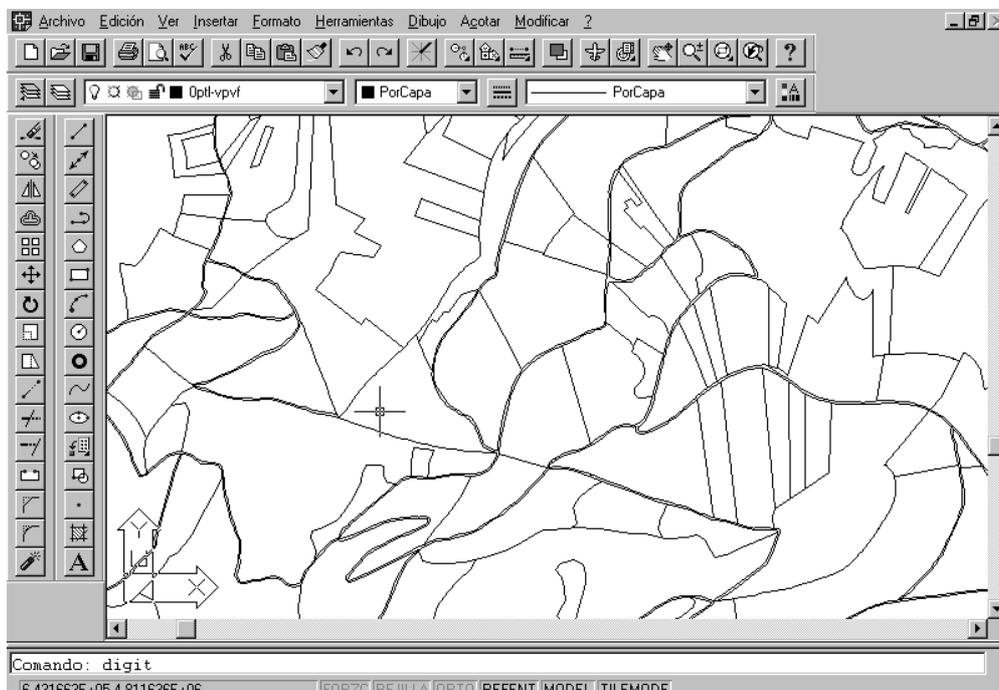


Fig. 5 – Proceso de digitalización en AutoCAD™

4.6. Etiquetado de los recintos digitalizados

Una vez finalizada la digitalización propiamente dicha, se puede proceder a la introducción de información alfanumérica en cada uno de los recintos digitalizados, es decir, *etiquetar* cada recinto de cada capa de información. Es una operación opcional, pues el etiquetado o codificación de cada recinto, se puede realizar de forma más cómoda, rápida y precisa en el programa de SIG (además es lo más recomendable). En este trabajo se realizó el etiquetado en el programa CAD, según se expone en los siguientes párrafos.

Etiquetado de las clases de suelo: para cada una de las masas, se codifican los recintos de las diferentes clases, almacenando las etiquetas en la capa *B001*, empleando para ello el *bloque CEN* (que contiene el atributo de clase y en el que se indica su clave alfanumérica). Hay que prestar especial atención a que no quede ningún recinto sin etiqueta o con más de una, así como comprobar que el valor asignado se corresponde con el original.

Etiquetado de las parcelas: para cada una de las masas, se codifican los recintos de las diferentes parcelas, almacenando los códigos en la capa *A001* empleando el *bloque ETI* (donde se introduce el número de parcela y de subparcela). Como en el etiquetado de clases, hay que cerciorarse de que el punto de inserción se sitúe siempre dentro del recinto a codificar y de que las etiquetas queden más o menos centradas dentro de sus correspondientes recintos.

4.7. Conversión del archivo CAD al formato DXF

Una vez terminada la digitalización se consigue tener la información digital en un archivo con formato de CAD. Utilizando el programa AutoCAD™ la información, perfectamente estructurada en capas y etiquetada, se almacena en ficheros con extensión *DWG*. Para que el SIG pueda reconocer esta información es preciso convertir el fichero *DWG* en otro con formato de intercambio, con una estructura que permita conservar toda la información en el proceso de conversión al formato SIG, como puede ser el *DXF*. En la figura 6 se hace referencia a las características del fichero *DXF*.

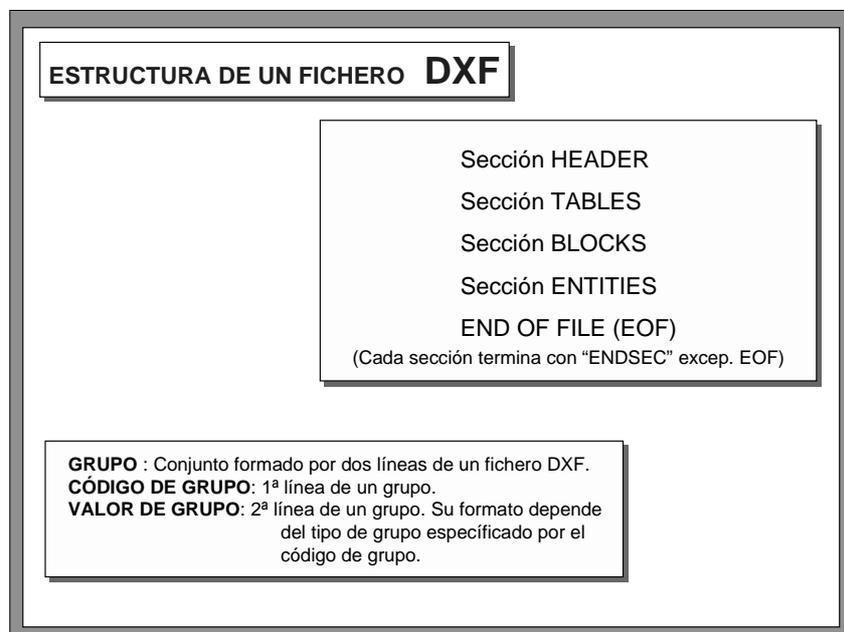


Fig. 6 - Estructura del formato *DXF*

5. Resultados

Una vez transformada la información analógica en digital, mediante la digitalización en el tablero, se procederá a la entrada de esa información al sistema, exportando el fichero de intercambio al SIG

En este caso los ficheros *DXF* se importaron desde ARC/INFO™. Este programa contiene módulos específicos para la conversión de ficheros a formatos reconocibles por el sistema.

Una vez introducida la información, se deben generar archivos gráficos con información alfanumérica georreferenciada. Empleando el SIG mencionado, se deben obtener *coberturas* para cada mapa temático. Una cobertura contiene información las variables que se estén estudiando además de su información geográfica.

Por tanto, las fases que seguirán a la entrada de datos al sistema, y previas al *análisis*, son la generación de *estructura topológica* y la *georreferenciación*. Se trata de aspectos que no se van a tratar en esta comunicación, aunque si se hará mención a la relación entre la calidad de la información digital y el proceso de generación de la *topología*. Cuando se genera la topología, se debe definir una *tolerancia*, que viene a ser la longitud de los arcos que se despreciarán en la generación de la cobertura. Pues bien, se puede afirmar que empleando esta metodología, las tolerancias pueden ser tan precisas como pretendamos y apenas se presentan errores de cierres de recintos (*dangles*), tal como se muestra en la figura 7.

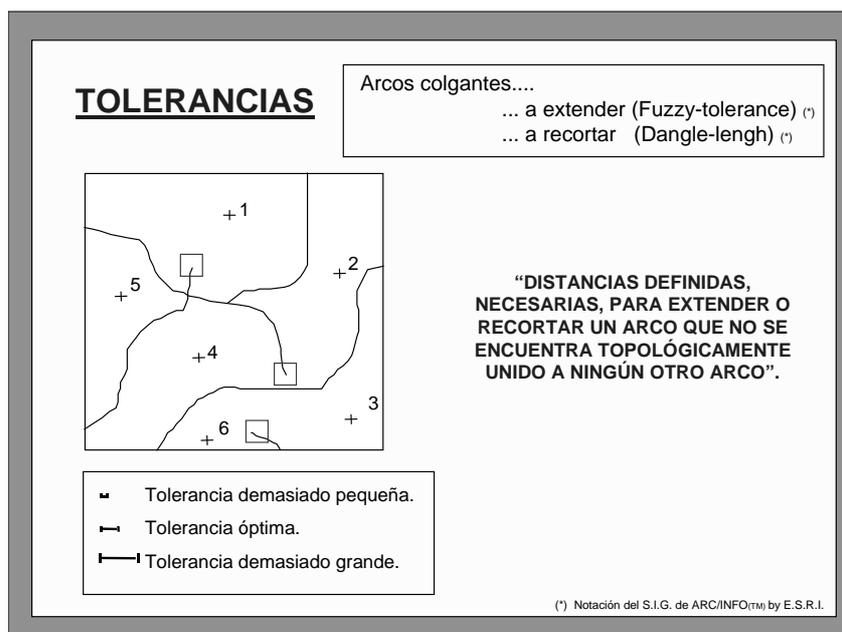


Fig. 7 - Importancia de la calidad de la información digital

6. Conclusiones

La complementariedad entre los programas de Diseño Asistido por Ordenador y los Sistemas de Información Geográfica es evidente, sobre todo en la fase de entrada de datos al SIG.

La digitalización directa en el SIG, ya sea a través del teclado, pantalla o mediante tablero digitalizador, suele presentar mayores dificultades que el mismo proceso realizado mediante software de CAD. Además existe información cartográfica digital en formato CAD que, mediante transformaciones de formato, puede ser aprovechada en los SIG.

La metodología expuesta, describe las fases a seguir para la entrada de información cartográfica analógica en un SIG utilizando el proceso de digitalización sobre un tablero soportado por AutoCAD™, demostrándose la eficacia del método, así como los buenos resultados obtenidos, respecto a la digitalización directa en el SIG.

Por último, en la figura 8 se muestra una de las coberturas generadas con ARC/INFO™, en forma de *vista* de ArcView™, en la que se aprecia la información gráfica y alfanumérica despues de todo el proceso de digitalización y etiquetado con AutoCAD™.

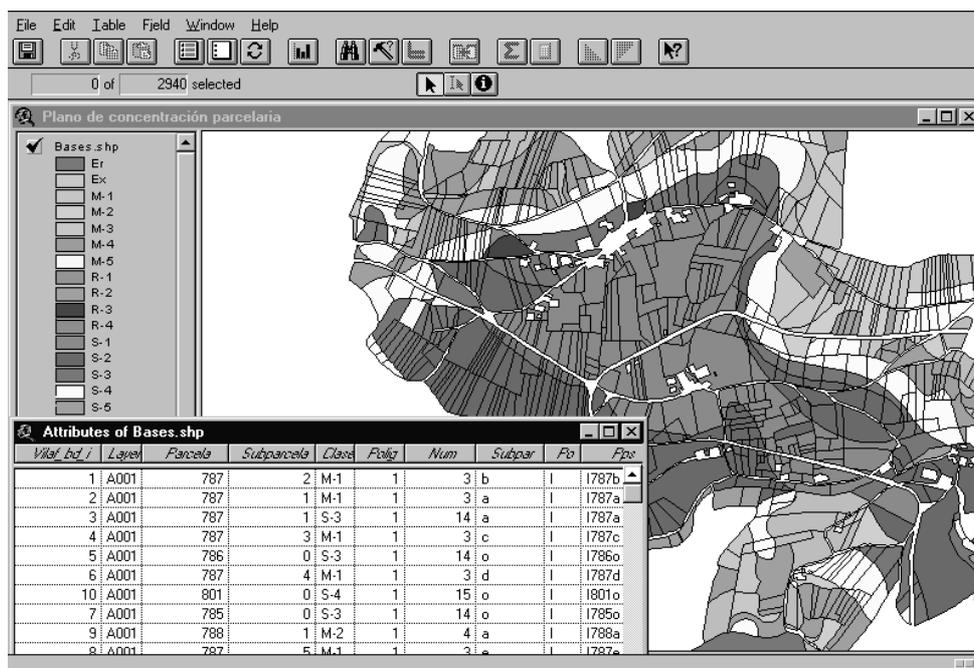


Fig. 8 – Plano e información de Bases Definitivas en concentración Parcelaria

7. Referencias Bibliográficas

- [1] Comas, D.; Ruiz, E.; “Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica”. Barcelona (España): Ariel, 1993. ISBN: 84-344-3452-0.
- [2] Cros I Ferrándiz, J.; “AutoCAD® 14: curso avanzado”. Barcelona (España): Inforbook, S.L, 1998. ISBN: 84-89700-83-4.
- [3] Gutiérrez Puebla, J.; Gould, M.; “SIG: sistemas de información geográfica”. Madrid (España): Síntesis, S.A., 1994. ISBN: 84-7738-246-8.
- [4] Martínez de Velasco, J. L.; “Antecedentes de la concentración parcelaria, su desarrollo en España y en Galicia. Resultados. Financiación. Perspectivas”. Lugo (España): El proceso de concentración parcelaria (ISBN: 84-605-6377-4), 1996. 1:9-19.