

# **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**María Luisa Morea Rodríguez**

**Juan Carlos Huerta Rodríguez**

# **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

## **MÓDULOS**

### **TEORÍA**

- Conceptos SIG básicos.
- Conceptos cartográficos básicos
- Tipos de SIG
- Ventajas de su uso

### **PRÁCTICA**

- Datos geográficos
- Selecciones
- Análisis

### **OBJETIVOS**

- Conocimiento de la utilidad del SIG en un marco de planificación territorial.
- Conocimiento de los condicionantes para la elección de los datos geográficos, alfanuméricos, procedimientos y sistemas en un proyecto SIG
- Visualización de proyectos SIG relacionados con la planificación territorial.

## ÍNDICE

1. Sistemas de Información geográfica
  - 1.1 Definiciones
  - 1.2 Estructura de un sistema de información de apoyo a la decisión
  - 1.3 Funciones de un SIG
  - 1.4 Situación actual de los SIG en España
  
2. Conceptos geográficos básicos
  - 2.1 Datos Geográficos
  - 2.2 Topología
  - 2.3 Tipos de análisis
  - 2.4 Mapas. Definición y clasificación. Escalas de medida. Características espaciales de los datos.
  
3. Representación digital de los datos espaciales.
  - 3.1 Información analógica - analítica.
  - 3.2 Geocodificación de los objetos cartográficos. Directa o indirecta.
  - 3.3 SIG vectorial
    - 3.3.1 Definición
    - 3.3.2 Estructura Arco-nodo. Tablas
    - 3.3.3 Bases de datos espacial y temática
    - 3.3.4 Sistemas de gestión de bases de datos
      - 3.3.4.a Modelo entidad-atributo-relación
      - 3.3.4.b Organización de los datos de la base temática
  
  - 3.4. SIG ráster
    - 3.4.1 Definición
    - 3.4.2 Estructuración ráster de los datos
    - 3.4.3 El tamaño del píxel como condicionante
  
4. Diseño de un Sistema de Información Geográfica
  - 4.1. Nomenclatura
  - 4.2. Introducción
  - 4.3. Modelo semántico, lógico y físico
  - 4.4. Objetivo del diseño
  
5. Ventajas de los usos de los SIG.
  
6. El SIG en el Planeamiento urbanístico
  
7. Algunas aplicaciones prácticas. (Comunicaciones presentadas en la conferencia de usuarios de ARC/INFO).
  - 7.1 Avances municipales en el campo cartográfico. Adaptación a las nuevas tecnologías. Ayuntamiento de Valladolid y Organismo autónomo CIRA.
  - 7.2 Apuntes para una nueva visión del planeamiento urbano. Antonio Hoyuela Jayo.
  - 7.3 AZIMUT: Sistema de información territorial para la Administración Pública. SITESA-ESRI.

8. Norma de la cartografía Catastral Urbana convencional e informatizada.
9. Base de datos para el inventario del Patrimonio Natural para el Plan Nacional de Cartografía temática Ambiental.
10. Bibliografía.

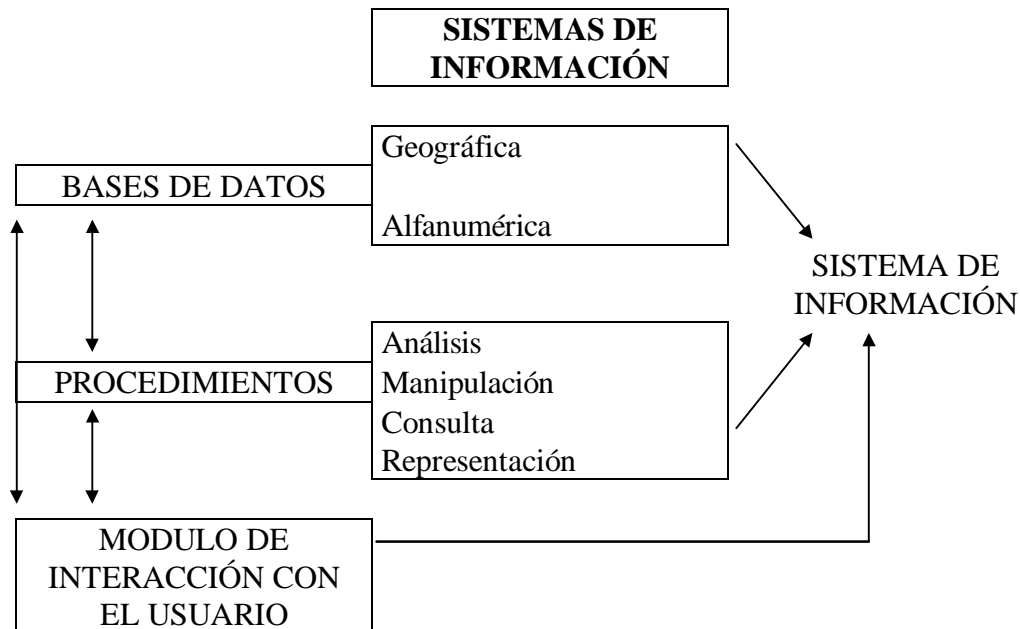
# 1. - SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

## 1.1.- DEFINICIONES

- Base de datos computerizada que contiene información espacial.
- Tecnología informática para gestionar y analizar información espacial.
- Conjunto de herramientas para reunir, introducir en el ordenador, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos.
  - Tipo especializado de base de datos con capacidad de manejar datos geográficos (espacialmente referenciados) y que se pueden representar como imágenes.
  - Sistema 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.
  - Conjunto de mapas de la misma porción del territorio donde un lugar concreto tiene la misma localización en todos los mapas incluidos en el sistema, sobre la que se aplica una tecnología para resolver problemas territoriales.

## 1.2.- ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE APOYO A LA DECISIÓN

Los Sistemas de información geográfica están inmersos en los mas genéricos “Sistemas de información” cuyo objetivo es dar respuesta a preguntas no predefinidas de antemano.



Íntimamente unido al sistema de información se contempla la utilidad del SIG como sistema de apoyo a la decisión, en donde el propio sistema se estructura como elemento de ayuda a la toma de decisiones mediante distintas hipótesis de simulación que desembocan en diferentes resultados en función de los datos y procedimientos elegidos. La tecnología aplicada en los SIG multiplica el valor añadido del sistema de apoyo a la decisión al poder manejar un gran número de datos interrelacionados, con un elevado, y cada día más complejo, nivel de análisis territorial.

### 1.3.- FUNCIONES DE UN SIG

**A.- Incorporación de la información.** Se incluye aquí no solo el paso de datos geográficos a una forma analítica (digitalización), sino también la integración en el sistema de las bases de datos. Previamente, hay que realizar un análisis lo más exhaustivo posible de la información necesaria para su correcta estructuración en función de las necesidades del proyecto.

**B.- Gestión de la información.** Toda la información incorporada debe poder ser gestionada por el sistema realizando búsquedas temáticas, espaciales y con capacidad de selección multicondicionadas para su posterior análisis. La gestión se refiere tanto a datos geográficos como alfanuméricos.

**C.- Análisis de la información.** Esta función es la específica de los SIG y es su elemento característico. A partir de la preparación de los datos (apartados A y B) se utilizan procedimientos de análisis territorial para la obtención de resultados. En realidad son modelos resultantes del tratamiento inteligente de la información, condicionados por las hipótesis contempladas. Los resultados pueden ser más o menos reales en función de la bondad de los datos y de la veracidad de las hipótesis utilizadas.

**D.- Interrelación con el usuario.** Los puntos anteriores deben tener su finalización en un relación práctica e intuitiva con el usuario del sistema, de tal forma que pueda elegir la salida más adecuada de los datos utilizados y de los resultados obtenidos en relación con los fines perseguidos. Un SIG debe tener capacidad para ofrecer salidas tales como mapas, gráficos, tablas resumen y en cualquier soporte (papel, pantalla, exportación de datos. etc.).

### 1.4.- SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SIG EN ESPAÑA.

#### 1.4.1.- Relación con el Diseño Asistido por Ordenador (CAD) y los Desktop MAPPING (DM)

El término SIG (Sistema de Información Geográfica) engloba sistemas muy variados. Definimos SIG propiamente dicho al sistema informático que gestiona completamente una base de datos geográficos. Un SIG es un gran sistema informático cuya implantación en una organización es siempre gradual y costosa. Se requieren trabajos de programación y recopilación de los datos necesarios (suministrados por otras organizaciones o introducidos por el cliente). No suelen ser herramientas de usuario final, es una herramienta de una organización y no una herramienta personal.

Recientemente han ido apareciendo aplicaciones sencillas de visualización, consulta y análisis de datos con componente espacial para sistemas microordenadores mucho más baratos. Su denominación en inglés es **Desktop MAPPING (DM)** “Cartografía de escritorio”.

Estas herramientas permiten el uso de datos espaciales (posiblemente creados y estructurados en un SIG) pero que se manejan de una forma muy sencilla por las aplicaciones desarrolladas para tal fin. Los DM permiten ver, actualizar, manipular, calcular.. los atributos de la componente espacial y de esta forma generar nuevos datos cartográficos. Sobre estas aplicaciones por medio de programaciones relativamente sencillas se pueden realizar desarrollos concretos que trabajen con datos espaciales, como pueden ser desarrollos para el seguimiento y control de ambulancias, aplicaciones verticales para banca...

Este tipo de programas tiene un mercado más amplio que el propio SIG ya que sí es una herramienta de cliente final, para profesionales, para directivos, analistas... ya que permite crear un modelo geográfico del funcionamiento de un negocio, organización, parque natural... El hecho de que aproximadamente un 80% de las bases de datos ya existentes contengan una componente geográfica permite que los DM muestren patrones, relaciones, tendencias, que de otra manera sería difícil englobar.

En cuanto al uso de un DM como complemento de un SIG hacemos notar que algunos trabajan directamente con los mismos tipos de datos que un SIG, mientras que otros tienen formatos propios de datos, por lo que habría que transformar estos datos. Estos programas son en muchas ocasiones los puestos de trabajos que complementan al SIG ya que permiten a éste que haya mucha más gente que acceda a su forma de trabajo sin que tengan que ser especialistas.

Las principales características de un DM deben ser (José Antonio Báguena):

- Pueden combinar datos alfanuméricos con cualquier objeto espacial.
- Deben permitir la geocodificación de los datos alfanuméricos que contengan información geográfica (como son direcciones, códigos postales, coordenadas...)
- Deben tener la posibilidad de importar datos de los formatos más habituales dentro de los formatos cartográficos como son: DXF, DGN, Export de ARC/INFO, DBF (dBase), ASCII delimitado...
- Ser capaz de representar distintos conjuntos de datos de forma superpuesta como capas.
- Debe contar con un gestor de bases de datos.
- Tiene que permitir la representación temática de los datos en la forma más flexible. Una función básica es la determinación de la simbología en función de cualquier expresión de los atributos y/o geometría.

- El sistema debe permitir diferentes vistas de los mismos datos: en forma de mapas que los incorporen como una capa, en forma de tabla, gráfico, composición cartográfica...
- Debe tener facilidades para la preparación de documentos integrados, generando salidas gráficas con calidad de presentación.
- Debe funcionar sobre plataformas como DOS, Windows, Mac, NT, OS/2, Unix, ...
- Debe haber una buena disponibilidad de mapas y datos en el formato de la aplicación.
- Debe contar con un buen lenguaje de desarrollo.
- El lenguaje de desarrollo debe posibilitar el uso de mecanismos de comunicación entre aplicaciones que la plataforma provea: DDE, OLE, DLL en Windows, Apple events y Publish & Subscribe en Mac, RCP en Unix, etc.
- También es importante un lenguaje de consulta que combine operaciones espaciales con las tradicionales de bases de datos.
- Debe tener utilidades de análisis geográfico
- Una utilidad muy interesante es la posibilidad de superponer imágenes (estructuras tipo ráster) a los datos cartográficos vectoriales.

Alguna de las limitaciones de los DM con respecto a los SIG son:

- No pueden realizar nuevos mapas por digitalización, escaneado y vectorización, o incorporación de datos geométricos no estructurados, ya que no suelen tener capacidades de detección, corrección y creación de topología.
- No pueden generar nuevos datos geográficos partiendo de combinación y análisis de superposición de otros datos.
- No pueden gestionar datos tridimensionales como son la creación de vistas, perspectivas, análisis de visibilidad. etc.
- No suelen manejar bien datos provenientes de teledetección, que requieren capacidad de proceso de grandes cantidades de datos ráster. Sí que es posible la utilización de productos de la teledetección.
- Tampoco tienen las capacidades más avanzadas de los SIG como son: Metadatos, segmentación dinámica, variabilidad temporal de los datos, y en las plataformas que no son Unix la capacidad de manejar grandes volúmenes de datos de una vez.



**CAD Mapping Systems.** Son productos derivados del CAD en los que se ha enlazado un CAD (Diseño Asistido por Ordenador) y un RDBMS (Relational Database Management System ó Sistema de gestión de bases de datos relacional). De esta forma los datos alfanuméricos contenidos en las bases de datos se asocian con elementos gráficos de un archivo o dibujo CAD.

Las *diferencias entre un SIG y un CAD* son:

- Tienen propósitos diferentes, el SIG es un reflejo de la realidad y el CAD diseña algo que todavía no existe.

- La forma de representación es diferente, ya que los grados de precisión y escala que se manejan son distintos.

- El CAD segmenta los datos en archivos independientes que no comparten un espacio de coordenadas global. En el SIG los datos conforman un conjunto continuo en el espacio, lo que implica distintas formas de acceso y problemas de concurrencia.

- La información de un SIG es al menos un orden de magnitud mayor. Los objetos son mucho más complejos.

- Los CAD habitualmente permiten el enlace con base de datos pero no un enlace lo suficientemente dinámico para responder preguntas que combinen criterios alfanuméricos y espaciales.

- Los CAD no suelen gestionar datos ráster georreferenciados y con atributos como los de la teledetección o Modelos Digitales del Terreno.

- Un CAD separa las entidades geométricas en capas o niveles. En un SIG tal partición no debería existir pues complica mucho el mantenimiento de los datos.

Es importante conocer las diferencias entre SIG, DM y CAD ya que es corriente el error de elegir la aplicación que no se ajusta a las necesidades últimas . El error puede venir tanto por exceso (comprar un SIG cuando lo que se necesita es un DM ya que nunca se va a generar cartografía), como por defecto (comprar un CAD o DM cuando lo que se necesita es un SIG ya que tanto el volumen de datos a manejar como la complicación de los análisis espaciales nos van superar). En definitiva, el DM permite a los profesionales utilizar en su trabajo y analizar bases de datos geográficas que probablemente se hayan creado en un SIG. Así el DM sirve para proporcionar el acceso a los datos que se producen en un SIG, bien dentro de una misma organización o fuera de ella. Es una herramienta muy útil para acompañar a proyectos que se hayan realizado con un SIG, ya que permitirán al responsable último acceder a todos los datos del estudio.

CAD y SIG pueden coexistir en un misma organización pero normalmente los harán en departamentos diferentes o el CAD como complemento del SIG ya que sus herramientas para la captura de datos por digitalización y la corrección de datos gráficos suele ser más amigables. Por ejemplo un departamento de planeamiento usará SIG para

determinar la localización de un nuevo hospital y el departamento de arquitectura usará CAD para diseñarlo.

#### **1.4.2.- Disponibilidad de cartografía digital y bases de datos.**

La toma de decisiones en el mundo empresarial y en el de los servicios públicos se realiza en base a grandes volúmenes de información que proporcionan modelos de la realidad social o económica. Hoy en día no es suficiente con tener estadísticas públicas o datos de venta, es necesario analizar donde se producen y como se distribuyen. La cartografía digital se hace por tanto necesaria. Debido a la creciente demanda de este tipo de información, los organismos públicos responsables están poniendo a disposición de la sociedad la información básica ya en formatos digitales, de forma que sean de fácil integración en los sistemas de los usuarios.

Alguno de los organismos con producción cartográfica digital son:

**Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG):** que comercializa la cartografía y datos geográficos básicos elaborados por el Instituto Geográfico Nacional:

- Base cartográfica numérica BCN-1000 que contiene información a escala 1:1.000.000 de las redes viarias generales y red hidrográfica principal.

- Base cartográfica numérica BCN-200, cartografía con mayor detalle que se puede consultar a nivel autonómico o provincial, y que contiene las vías de comunicación, núcleos de población y divisiones administrativas.

- Base cartográfica numérica BCN-25 verdadero inventario del territorio español en el que además de la red de comunicaciones, red hidrográfica, divisiones administrativas, también se proporciona la altimetría.

- Modelos digitales del terreno MDT-200 que cubre todo el territorio, con una malla cuadrada de 200 metros de ancho y MDT-25 con un paso de malla de 25 metros.

**Servicio Geográfico del Ejército**, que está trabajando en una serie del *Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000* del todo el territorio español en formato digital.

**Instituto Tecnológico Geominero de España.** Está elaborando el *proyecto MAGNA*, cartografía geológica a escala 1:50.000 en formato digital de toda España. También está con las bases metodológicas en fase de proyecto piloto del *Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental PNCTA* para un trabajo conjunto entre el Ministerio de Medio Ambiente y las CCAA, que se realizará de toda España a escalas 1:50.000 y 1:25.000 según la Comunidad Autónoma y que contempla los siguientes mapas temáticos: mapa litológico, mapa geomorfológico, mapa de suelos, mapa de vegetación actual y potencial, mapa de patrimonio natural y mapa de paisaje.

En todas las **Comunidades Autónomas** existen departamentos con distinto nombre que tienen entre otras funciones confeccionar cartografías en formato digital y de uso público que sirvan como base a trabajos que se desarrollen en la Comunidad. Así por ejemplo la Comunidad de Andalucía ha realizado una cartografía topográfica a escala 1:10.000 con un alto grado de detalle que puede servir para trabajos de planificación y ordenación. Podemos tener ejemplos en todas las CCAA y en distintos departamentos de las mismas; en la Comunidad Autónoma de Madrid se realiza cartografía automatizada en la Consejería de Política Territorial (Planeamiento a escala 1:25.000) y en la antigua Agencia de Medio Ambiente.

El **Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria** está realizando el llamado catastro de rústica de todo el territorio Nacional con una cartografía digital a escala 1:5.000 y en las zonas muy parceladas a escala 1:2.000. Así mismo el Catastro de urbana también se está elaborando con cartografía digital y que maneja escalas 1:1.000 y 1:500 de todos los núcleos urbanos.

El **Instituto Nacional de Estadística** está desarrollando un proyecto de cartografía digitalizada de las secciones censales para que sirvan de soporte a las estadísticas y censos que realiza a nivel nacional.

Los **Ayuntamientos** están generando gran cantidad de información digital en diversos formatos, dependiendo del sistema que tiene cada uno.

#### **1.4.3.- Prospectiva a corto plazo.**

El sector SIG abarca, en nuestra opinión, un amplio aspecto de actividades y productos, que va ensanchándose con el tiempo. El crecimiento del sector SIG se cifra en un 20% anual, cifrándose como volumen de ventas en unos 7.000 millones de pesetas al año.

Las dificultades económicas han hecho que la implantación de estos sistemas en las Administraciones públicas como herramientas de planificación se haya ralentizado en estos últimos años, pero se ve que poco a poco, incluso los Ayuntamientos de tamaño medio van introduciéndose, al haber firmado muchos de ellos convenios de colaboración con el Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria por la que se responsabilizan del mantenimiento del Catastro, tanto de los datos alfanuméricos como de la cartografía digitalizada, que ellos pueden aprovechar para sus diferentes departamentos.

Haciendo un repaso por los diferentes pliegos de condiciones de trabajos y estudios en los que de alguna manera entra la componente geográfica, se ha visto que ya en su mayoría se pide esta información en formato digital, cuando no ya integrada en un proyecto SIG.

La demanda de productos y de datos está centrada en las Administraciones Públicas con una cuota del 80%, y dentro de ellas el cliente más importante es el de las CCAA, representando un 60% de la demanda de las administraciones públicas. Las empresas de servicios públicos (agua, teléfono, electricidad) proveen al mercado con una

demanda cifrada en el 12%. El resto se reparte entre Universidades y negocios (banca, seguros, marketing general, distribución y transporte, productos multimedia...)

## 2.- CONCEPTOS CARTOGRÁFICOS BÁSICOS.

### 2.1.- DATOS CARTOGRÁFICOS

Un dato es el “antecedente necesario para el conocimiento exacto de una cuestión”. El atributo geográfico le dota de un componente espacial indicando su localización y su valor cualitativo y/o cuantitativo en una porción del territorio.

La entidad “dato geográfico” se puede descomponer en dos partes bien diferenciadas:

- **SOPORTE:** unidad de observación con unas características tipológicas, geométricas y de situación determinadas. Pudiéndose clasificar en puntos, líneas, polígonos o volúmenes.
- **VARIABLE:** es la información cuantitativa y/o cualitativa que está encima del soporte y que le atribuye un valor diferenciado a cada uno de ellos. Son propiedades intrínsecas que se pueden medir constituyendo el atributo o atributos del dato.

**Ejemplo:** en un plano parcelario de un casco urbano, los soportes serían parcela, manzana, calle, distrito... y las variables serían propiedad, alturas, edificabilidad, servicios urbanos (pavimentación, agua, alcantarillado, electricidad...).

### 2.2.- TOPOLOGÍA:

Es muy importante contemplar los datos geográficos a partir de sus relaciones topológicas como concepto fundamental en un SIG. Para entender bien este término, es preciso distinguir en la entidad geográfica dos tipos distintos de localización:

- **Absoluta.** Coordenadas de la entidad geográfica en un sistema de referencia externo. El elemento queda definido en exclusividad y no mantiene relaciones de orden con otros elementos salvo las puramente geométricas.

- **Relativa.** El soporte mantiene con los demás elementos de su entorno una relación topológica cualitativa. Esta relación de orden es la que va a permitir interactuar entre ellos para poder hacer análisis territoriales. Las relaciones que comentamos son del tipo “junto a”, “a la derecha de”, “detrás de”, “dentro de”, a partir del reconocimiento del orden entre los elementos geográficos.

Las relaciones topológicas entre los datos geográficos son básicas en un SIG puesto que son el punto de partida de todo tipo de análisis territoriales.

En definitiva, el reconocimiento de las relaciones topológicas entre elementos geográficos junto con sus relaciones geométricas (localización absoluta), más la posibilidad de manejar las características temáticas (atributos) asociadas a cada soporte, conforman un todo interactuante que el SIG debe gestionar mediante procedimientos adecuados para producir resultados territoriales no predeterminados.

### 2.3.- ANALÍTICA

Una vez conocidos los componentes de un SIG en sus aspectos básicos, podemos distinguir los posibles análisis que se pueden abordar con la información y los procedimientos disponibles en el sistema.

En primer lugar podemos contemplar solamente los datos temáticos (bases de datos alfanuméricas) y trabajar con ellos sin introducir la variable espacial. En esta perspectiva el análisis se inscribe en la solución a través de procedimientos de análisis de datos alfanuméricos o puramente estadísticos. Son trabajos comunes con otros sistemas no espaciales que se aplican a los SIG.

En segundo lugar, si nos ceñimos exclusivamente a la componente espacial, estudiaremos solo sus características geométricas, sin tener en cuenta las variables temáticas con lo que conseguiremos análisis espaciales puros.

Por último y entrando de lleno en los análisis SIG, al abordar conjuntamente los dos aspectos anteriores, la aproximación a la problemática es desde un todo territorial, estudiando en su interacción, varias variables temáticas sobre sus distintos soportes geográficos.

### 2.4.- MAPAS

Una definición genérica sería : despliegue gráfico de elementos espacialmente distribuidos, llamados datos, objetos o elementos que se corresponden con entidades geográficas en el mundo real.

Tradicionalmente, los mapas en soporte papel han respondido a la necesidad de sintetizar una parte de la información total del terreno, almacenando los datos de una manera económica y lo más explícita posible. Los datos geográficos tienen las dos componentes ya mencionadas, soporte y variable, y en función del objetivo cartográfico se seleccionan elementos de la realidad, asignando a cada uno de ellos atributos que definen sus características.

Así, existen dos tipos de cartografía; **la básica y la temática**. La primera de ellas se caracteriza por la representación de elementos geográficos concretos, lo más variado posible y con unos atributos temáticos muy generalistas y extensivos. Por contra la cartografía temática se centra en la representación de uno o varios atributos sobre uno o varios tipos de soportes. La cartografía básica busca unas relaciones geométricas precisas entre los elementos, siendo estos muy variados, lo que permite mediante una selección de los que nos interesan añadirles las variables cualitativas ó cuantitativas para producir una cartografía temática que nos facilite el conocimiento de la estructura espacial de la variable representada.

En una cartografía temática, atendiendo a las características del soporte y de las variables, hemos de diferenciar además dos hechos que condicionan el mapa final; las escalas de medida y las características espaciales de los datos.

**A.- Escalas de medida.** El hecho de incorporar a un elemento geográfico determinado una característica temática, implica un proceso de medida de la variable que establezca una relación de orden comparativa entre los distintos elementos, asignando a cada uno un símbolo (generalmente un número), que representa el valor de una cualidad del mismo.

Como consecuencia de la diferencia entre el mundo real, tremendamente complejo y heterogéneo, y el mapa que es un esfuerzo de síntesis de parte de esa realidad, es necesario contemplar la variable según su tipología y por ello se utilizan diversas escalas de medida:

1.- Escala nominal: Las características que se pueden clasificar según este sistema son las que ofrecen una variable con una relación “igual o distinto”. La observación de la característica en dos objetos nos lleva exclusivamente a constatar que son iguales o diferentes. Los valores utilizados son únicos en cada caso. Por ejemplo, la característica “sexo” produce dos valores (hombre ó mujer); “nacionalidad” asigna a cada elemento la variable de Estado a que pertenece; “mobiliario urbano” representa cada objeto con una característica determinada (farola, banco, alcorque, boca de riego...) de carácter cualitativo mediante un símbolo.

2.- Escala ordinal: Además de la relación igual/distinto entre los objetos geográficos, podemos introducir también la relación mayor/menor, a la que denominamos escala ordinal porque además de la diferenciación cuantitativa sumamos una gradación de orden aunque no de manera cuantitativa. Ejemplos de una clasificación ordinal serían la gradación de los distintos tipos de carreteras según su importancia ó la representación simbólica de las ciudades según su relevancia administrativa.

3.- Escala de intervalos: Si a las dos escalas anteriores se les añade una posibilidad de cuantificar la variable de tal manera que permita establecer diferencias entre las medidas de las características, hemos introducido otra relación que nos permite abordar otro tipo de clasificaciones. Es necesario en primer lugar, establecer una unidad de medida y poder contabilizar cuantas unidades existen entre dos modalidades de la variable. Ejemplos de una escala de intervalos serían muchas de las medidas que se realizan en las ciencias experimentales en donde arbitrariamente se elegía un cero de referencia y una unidad de medida (Temperaturas en grados Celsius y Fahrenheit) y sistemas de referencia basados en coordenadas.

4.- Escala de razón: Esta escala se adapta a variables de la realidad que tienen la posibilidad de determinar la distancia entre lo medido y un origen absoluto. Mientras que en el caso de la escala de intervalos no podríamos comparar cuantas veces era mayor una unidad que otra, en la escala de razón, al existir un origen concreto esto sí se puede establecer. Ejemplos serían distancias lineales, población y en general todo tipo de variables que sean contables.

**B.- Características espaciales de los datos.** Antes de considerar los distintos tipos de soporte en función de su geometría, conviene aclarar un concepto básico en todo tipo de cartografía: **la escala**. La obtención de la información está condicionada por la relación existente entre la unidad real de medida y la unidad en que se transforma en el

mapa. Cuando observamos que la escala es 1:2.000 interpretamos que cada unidad medida en el mapa (por ejemplo 1 mm.) es en realidad 2.000 mm, es decir 2 m. La escala establece la relación entre la distancia real entre dos puntos y la representada en el mapa. En cualquier proyecto SIG, la elección de la escala de trabajo, es una de las primeras decisiones que se debe tomar en función de los objetivos deseados.

Los datos geográficos pueden ser de diversas dimensiones, los puntos no tienen dimensiones topológicas. las líneas están definidas por una dimensión, los planos por dos dimensiones y los volúmenes por tres. Siempre debemos pensar que son representaciones de objetos reales y que en función de la escala, en el mapa el mismo dato se puede representar como entidades distintas. Por ejemplo una ciudad a una escala 1:5.000 se puede representar como un polígono pero a escala 1:1.000.000 se representa como un punto.

Es importante señalar el diferente tipo de análisis que se puede efectuar sobre los objetos cartográficos en función de sus características geométricas, lo que evidentemente condicionará los resultados que se pueden obtener. Pensemos que si por ejemplo el objetivo perseguido, es hallar la superficie de suelo urbano en una Comunidad Autónoma, si tenemos las ciudades representadas como puntos en ningún caso podremos obtener los resultados apetecidos.



### **3.- REPRESENTACIÓN DIGITAL DE LOS DATOS ESPACIALES.**

#### **3.1.- INFORMACIÓN ANALÓGICA - ANALÍTICA**

La información cartográfica tradicional se presenta siempre en forma analógica, es decir representa la realidad de manera continua, mientras que la información cartográfica, necesaria para implementarla en un SIG debe ser analítica, es decir en formato digital de manera discreta. Por ello, las primeras fases del proyecto SIG están dirigidas a la obtención de cartografía digital debiendo cumplir dos requisitos fundamentales:

- Los datos digitales deben estar georreferenciados, de tal forma que cada objeto geográfico (punto, línea, polígono o volumen) tiene una etiqueta que define su posición espacial en un marco de referencia, siendo esta ubicación única y exclusiva para cada uno de ellos. (Geocodificación directa o indirecta).

- Las características espaciales del objeto geográfico se describen en términos digitales mediante relaciones topológicas creando un modelo de datos que simplifica la realidad existente incorporando solo aquellas propiedades que son relevantes a la aplicación de interés en cada caso. Los modelos de datos dan lugar a distintos tipos de SIG: Vectorial, ráster, jerárquico-recursivo ó modelo digital del terreno.

#### **3.2.- GEOCODIFICACIÓN DE LOS OBJETOS CARTOGRÁFICOS.**

##### **3.2.1.- Geocodificación directa.**

Para cada dato geográfico se determinará su localización espacial absoluta con respecto a un sistema de ejes de coordenadas. Los ejes de coordenadas son ortogonales y cada objeto está definido por su distancia a cada uno de los ejes y por los signos + ó - según estén a un lado u otro de los mismos, quedando el objeto geográfico biunívocamente relacionado con un par de coordenadas X e Y. Los sistemas más utilizados son los de coordenadas planas para porciones reducidas de la superficie terrestre, como por ejemplo el territorio español, y entre ellos mencionamos el sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) que forma un sistema cartesiano con dos ejes perpendiculares X e Y y coordenadas en metros tomando como ejes de referencia la línea del ecuador y la de un meridiano central. Los meridianos van definiendo Husos (conforman como los gajos de una naranja) sobre toda la superficie terrestre con la finalidad de que las coordenadas no sean números demasiado grandes (pensemos que son metros y que la longitud del meridiano de la tierra es de 40.000 km. aproximadamente.)

##### **3.2.2.- Geocodificación indirecta.**

Generalmente se define la geocodificación indirecta como la posibilidad de localizar geográficamente los elementos a partir de los valores de un atributo de una entidad. El atributo puede ser una dirección, el código postal, el código de municipio, distritos censales... Pensemos en la gran cantidad de bases de datos públicas y privadas que mantienen campos susceptibles de geocodificarse de una manera indirecta y nos daremos cuenta de la enorme importancia que tiene esta posibilidad, ya que si tenemos una base cartográfica preparada para ello se podrán posicionar geográficamente todos sus

registros con lo que podremos realizar análisis geográficos. De esta forma se abren muchas posibilidades de aplicaciones urbanísticas, informativas y de marketing geográfico en general a partir de información sin naturaleza geográfica.

### 3.3.- SIG VECTORIAL

#### 3.3.1.- Definición

Con este modelo se persigue la representación vectorial de la información espacial. Es preciso recordar el concepto de vector como segmento definido por dos puntos, uno inicial y otro final que definen su tamaño, su dirección y su sentido. Así, podemos aproximarnos a la estructura vectorial pensando que cada punto de la realidad queda definido por unas coordenadas X e Y y pertenece siempre a un elemento geográfico (punto, línea o polígono).

Los objetos quedan definidos de la siguiente manera:

- **Punto**; vector con el mismo punto inicial y final, sin distancia y con dimensión topológica 0.
- **Línea**; sucesión de vectores en donde el punto final de cada uno corresponde exactamente con el punto inicial del siguiente, y con dimensión topológica 1.
- **Polígono**; sucesión de vectores con la misma relación que una línea pero donde el punto inicial del primer vector coincide con el punto final del último vector, definiendo un área interior y con dimensión topológica 2.

Existen diversas maneras de estructurar datos en el SIG vectorial pero nos centraremos en la estructura arco-nodo por ser la más completa y extendida en los SIG más utilizados.

#### 3.3.2.- Estructura Arco - nodo.

Los elementos fundamentales en este tipo de estructura son:

- **Arco**; sucesión de segmentos rectos que tienen la misma topología.
- **Nodo**; vértice donde se juntan tres o más arcos o punto donde empieza o termina un arco.

En base a estos elementos se estructura toda la información mediante una codificación específica. Los polígonos se codifican según los arcos perimetrales, los arcos indicando el nodo inicial y final junto con los polígonos a derecha e izquierda y los puntos según sus coordenadas tanto si son nodos como si son vértices intermedios.

Así, se generan básicamente cuatro tablas donde se estructura la información:

A. Coordenadas de puntos singulares (nodos y vértices). Los campos que componen la tabla son el identificador de cada arco, el identificador del nodo origen y final, las coordenadas del nodo origen y final, el indicador de cada vértice y sus coordenadas. Esta tabla nos define las características geométricas de todos los puntos representantes de elementos geográficos y su topología. Por ejemplo un polígono aislado sería igual que un punto, pero se distingue al tener vértices intermedios y el resto de los arcos quedan definidos por sus nodos iniciales. Tengamos presente que al indicar si el nodo es inicial ó final, estamos explícitamente definiendo el sentido de un arco (importante cuando se está hablando por ejemplo del sentido de circulación de una calle, sentido del agua en una tubería...)

B. Topología de nodos. En esta tabla con solo dos campos se determinan los arcos que confluyen en el, almacenándose el identificador del arco y del nodo.

C. Topología de arcos. Se define el arco con el campo de su identificador y se añaden los dos campos de los identificadores del nodo inicial y del nodo final y se completa con otros dos campos donde se guarda el identificador del polígono por la derecha y por la izquierda.. Así queda claramente especificada la relación topológica entre todos y cada uno de los elementos geográficos.

D. Topología de polígonos. La última tabla se estructura asignando a cada polígono, registrado por su identificador, todos y cada uno de los arcos que conforman su perímetro y en orden. Si dentro del polígono existiera otro polígono, un arco o un punto, también se registraría pero con un signo - para diferenciarlo del resto.

Las cuatro tablas almacenan toda la información referente a la geometría, utilizando los arcos y nodos de forma ordenada para que mediante relaciones entre las tablas se estructuren las relaciones topológicas entre todos y cada uno de los elementos geográficos, base para todo tipo de análisis geográfico que queramos efectuar.

### **3.3.3.- Base de datos espacial y temática**

Además de la descripción digital de sus características espaciales, un sistema de información geográfica debe llevar asociado todas las variables temáticas necesarias para poder trabajar en el análisis territorial, De esta manera, junto a la base de datos topológica del soporte de cada uno de los elementos geográficos del mapa, tiene que convivir otra base de datos temáticos que asigna información en forma de atributos a cada uno de los soportes. Para ello existen varias soluciones resumidas en dos filosofías:

- Utilización de una base de datos mixta que incluye los dos tipos de datos reuniendo las características del soporte y de la variable.
- La unión de las dos bases de datos independientes, la temática y la topológica mediante un identificador unívoco del elemento residente en las dos bases lo que le otorga la posibilidad de reflejar automáticamente en una de las bases cualquier cambio producido en la otra.

### 3.3.4.- Sistema de gestión de base de datos

En este apartado vamos a aproximarnos de una manera muy somera a la componente temática de un SIG, representada por la base de datos de los atributos temáticos.

Definimos una base de datos como “un conjunto de datos reunidos en uno o más ficheros que se almacenan de forma no redundante y que pueden ser utilizados por un sistema de gestión”. El sistema de gestión de la base de datos es un conjunto de procedimientos para la recuperación y manejo lógico de los datos de la base. La base de datos temáticos y su sistema de gestión deben estar diseñados y estructurados de tal manera, que por un lado estén correctamente relacionados con la base de datos geográfica mediante un identificador interno, y por otro mantengan un orden lógico entre sus elementos internos con el fin de poder gestionarlos según el fin que se persiga con el SIG. Por ello, la labor analítica del diseño de la base de datos temática es un paso importante en un proyecto de análisis territorial. Este análisis se realiza en la mayoría de los SIG según el modelo de *entidad-atributo-relación con una organización relacional de los datos*.

A.- Modelo entidad-atributo-relación. Las partes en que se estructura este modelo de bases de datos son tres:

- **Entidades:** Es el conjunto de datos geográficos interesantes para el proyecto SIG. Se definen según el objetivo del proyecto. Corresponde al soporte del dato geográfico.

- **Atributos:** una vez elegidos los elementos sobre los que se va a actuar, se definen las características asociadas a cada uno de ellos. Tanto en elementos y atributos debemos planificar su obtención cuidadosamente pues aún cuando muchas bases de datos son públicas y otras las tienen los Ayuntamientos, suele resultar bastante gravoso la obtención de los datos de manera directa.

- **Relaciones:** son los procedimientos que nos permiten establecer relaciones entre las distintas entidades. Este tipo de relaciones pueden ser por ejemplo “pertenecer a”, “intersecta con”, “tiene su centro en”, “está completamente incluido en”...

La interacción de los tres elementos supone el sistema de gestión más empleado para la resolución de problemas territoriales siempre que se definan de la manera más exacta posible en función de nuestras necesidades.

#### B. Organización de los datos de la base temática.

Existen varias maneras de organizar los datos para gestionarlos según el modelo descrito; mediante un solo **fichero simple** (cada dato geográfico es un registro en una sola tabla), de manera **jerárquica** (estructuración mediante un árbol jerárquico en donde cada tipo de dato solo se relaciona con otro de tipo inferior y/o superior a él), y **relacional u orientada a objeto** que se comenta a continuación.

- **Relacional.** Este tipo de organización de los datos ha sido el más usado por los SIG hasta ahora debido a que mantiene la independencia de los programas del usuario de la propia base. Aquí, los datos se almacenan formando relaciones (tablas de filas y columnas ó registros y campos ó soportes y atributos). En cada tabla existe un campo que define al identificador de cada entidad ó soporte siendo único para cada uno de ellos y además no redundante. Es mediante este campo por el que se relacionan todos los registros de cada una de las tablas realizando uniones entre los mismos a partir del reconocimiento del identificador interno. El mecanismo para buscar un dato ó un conjunto de datos es fijándose en una columna de una tabla y a partir de aquí se busca en otra tabla la columna cuyos valores coinciden con la primera y así sucesivamente. El procedimiento general está basado en operaciones de álgebra booleana.

Aparte de flexibilidad y su fácil implementación, tiene la gran ventaja, de la capacidad de incrementar la información al añadir nuevas tablas que tengan campos comunes con las ya existentes mediante el procedimiento ya descrito.

- **Orientadas a objeto.** Según J. Bosque Sendra (1.992) “Un objeto se puede definir como una entidad que tiene una situación representada por los valores de las variables y por un conjunto de operaciones que actúan sobre ella”. Se incluyen en la definición de un objeto concreto además de sus variables temáticas, los métodos u operadores que la afectan. Por otro lado, los objetos pertenecen a clases, las cuales pueden tener igualmente variables afectadas a ellas como un todo. Finalmente, cada clase de objetos puede pertenecer a una superclase, de la cual puede heredar tanto variables temáticas como operaciones de análisis.

### 3.4.- SIG RASTER

#### 3.4.1.- Definición.

Consiste en conjunto de mapas individuales sobre el mismo territorio que se representan utilizando una rejilla de rectángulos regulares con el mismo tamaño, en donde por cada rectángulo ó píxel es asignado un número representativo del valor de la variable temática cartografiada. Superponemos el mapa analógico origen a la rejilla de rectángulos quedando definido en cada píxel el valor de la característica estudiada.

Así, definimos el píxel mediante el tamaño de la unidad regular de la rejilla (normalmente rectángulos aunque también pueden ser triángulos o hexágonos), proporcionado por la longitud de los lados de la cuadrícula. De esta forma, el tamaño del píxel nos da la escala del mapa ráster. Otro aspecto a tener en cuenta en la información ráster es que la topología viene implícita por la estructura regular de la rejilla y ya están definidos los vecinos de cada píxel por su situación, así como las distancias de uno a otro. De todas maneras debemos tener en cuenta que la información ráster digital es discreta puesto que el valor es asignado a cada píxel y las posiciones de los objetos no se establecen con total exactitud

### 3.4.2.- Estructuración ráster de los datos.

A.- Enumeración exhaustiva. Todas y cada una de las unidades de la rejilla tienen un valor asignado. Esto supone una gran cantidad de información puesto que todos los píxel están presentes, siendo la misma información reiterativa puesto que por ejemplo para el caso de polígonos, todos los píxel de la misma clase y contiguos tienen el mismo valor del atributo temático asignado.

B.- Codificación run-length. Es un procedimiento que sirve para compactar la información del mapa aprovechando los píxel contiguos de una misma fila ó columna con igual valor. Así, dentro de una fila, recogemos el valor de la variable que aparezca en primer lugar indicando su columna inicial y final, a continuación el valor de la segunda variable que aparezca hasta que se completa la fila. De esta manera solo se almacena directamente la información de los píxel extremos, resultando un ahorro de espacio importante.

Otro aspecto a tener en cuenta es la organización de los ficheros en la base de datos. Normalmente su estructuración es más simple que en el caso vectorial puesto que los datos del soporte y los datos temáticos están registrados de modo simultáneo. Por ello, lo clásico es organizar la información mediante **ficheros simples** en donde cada campo temático está asignado a un fichero y todos ellos mantienen el mismo tamaño de píxel, número de filas y de columnas. También se puede organizar la información en un **fichero único** que contenga todos los campos temáticos conservando la información por píxel en los que se registra su valor temático existente en cada mapa. Por último, se utiliza en algunas ocasiones el almacenar la información por valores de cada uno de los atributos. Es decir para cada una de las variantes se registran los píxels donde aparece un determinado valor.

### 3.4.3.- El tamaño del píxel como condicionante.

La característica esencial en un mapa ráster es el tamaño del píxel y como consecuencia directa el número de filas y columnas que se generan. Se tiene que llegar a un compromiso entre dos claros objetivos: lograr la máxima precisión teniendo en cuenta los elementos geográficos más pequeños y obtener el mínimo de información para almacenar. Por tanto, debemos definir para cada mapa el tamaño correcto del píxel buscando el equilibrio antes mencionado. El criterio básico utilizado (Star y Estes, 1.990) es calcular la longitud del píxel como la mitad de la longitud del elemento geográfico más pequeño a cartografiar. Por ejemplo en un mapa de polígonos, el más pequeño tiene un diámetro mínimo de 20 m.y el píxel tendrá que definirse de 10 m.

## 4.- DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO

### 4.1.- NOMENCLATURA

**Entidad (geográfica):** fenómeno, ente del mundo real que no puede ser descompuesto en otros de la misma clase.

**Objeto:** representación digital de toda o parte de una entidad.

**Evento:** El conjunto formado por una entidad definida y su representación como objeto.

**Atributo:** Característica o propiedad asignada a una entidad y que cumple una función adjetiva respecto del objeto correspondiente.

**Objeto de dimensión cero:** objeto puntual, punto de texto, centroide, punto o coordenada.

**Objeto de dimensión uno:** objeto lineal, tramo o segmento, arco, curva.

**Objeto de dimensión dos:**

Contorno: conjunto de tramos que dibujan una línea poligonal cerrada. Puede definir un objeto o parte.

Polígono: objeto superficial en el que lo sustantivo es el límite que encierra el área, el contorno. Excluye el contenido.

Área abierta: objeto superficial que incluye el área y excluye el contorno que la define.

Área cerrada: objeto superficial que incluye tanto el área encerrada como su contorno.

Área simple: área definida por un único contorno.

Área compleja: área descrita por más de un contorno en forma de anejos y enclavados.

Objeto superficial: puede estar definido como un polígono, un área abierta o cerrada y como área simple o compleja.

Objeto compuesto: objeto formado por adición de otros objetos, a los que incluye jerárquicamente.

Otros objetos: textos, símbolos, cuadrículas de referencia, rejillas, etc.

## 4.2.- INTRODUCCIÓN

El diseño es el trabajo de buscar y realizar la estructura óptima para todo el sistema de gestión, teniendo que ser ésta la más eficaz y a la vez la más sencilla de manejar, ya que se van a manejar grandes cantidades de datos con unos algoritmos complejos.

Existen métodos y reglas que permiten tomar decisiones con criterios objetivos, e incluso existen herramientas CASE (Computer Assisted System Engineering) que permiten realizar diagramas, mantener diccionarios de datos, generar modelos y administrar proyectos.

Un buen diseño debe solucionar los problemas de gestión que puedan aparecer a posteriori, por lo que a más tiempo empleado en el diseño más eficaz y rápida será luego la puesta en marcha de la aplicación.

## 4.3.- MODELO SEMÁNTICO, LÓGICO, Y FÍSICO.

Los tres modelos cubren de modo consecutivo los pasos que se han de realizar para pasar de la idea en el mundo real a un sistema informático concreto.

### 4.3.1.- Diseño semántico.

Es una tarea de comprensión y entendimiento en la que se debe realizar los siguientes *pasos*:

- Fijar los objetivos del SIG.
- Establecer la lista de consultas y peticiones que se van a realizar.
- Especificar en que condiciones se van a establecer las consultas.
- Se tiene que realizar una lista exhaustiva de las entidades, los atributos y las relaciones entre los elementos.
- Ha de realizarse un diccionario de entidades.
- Dibujar un diagrama conceptual.

Durante el diseño semántico lo más importante son los datos que se manejan, siempre atendiendo a las necesidades del usuario recogidas anteriormente. Hay que aplicar el sentido común y saber ponerse con la visión del usuario.

En el modelo Entidad-atributo-relación que deberemos desarrollar, lo primero será *identificar las entidades*. Por lo que habrá que realizar:

- Lista de entidades (incluyendo entidades geográficas puntos, líneas y áreas, nodos, coordenadas...)
- Diccionario de objetos.
- Lista de los atributos (teniendo en cuenta que hay que definir las cualidades y las propiedades mensurables y en lo posible definir así mismo los rangos de valores o los valores discretos que se puedan adoptar).



- Lista de relaciones.

#### 4.3.2. - Diseño lógico.

Es una tarea esencialmente lógica, ya que hay que plasmar las ideas en un diagrama lógico. En este paso:

- Se diseñan los ficheros.
- Se deciden las claves (primarias y secundarias).
- Se normalizan los ficheros.
- Se consideran los flujos de información.

Codificación: lo usual es codificar las entidades geográficas, e incluso los atributos ya que es poco práctico repetir un mismo nombre, generando información redundante y aumentando la posibilidad de error tanto en el momento de introducir los datos, como en las actualizaciones y consultas.

Se suele codificar numéricamente, eligiendo un número de dígitos tal que permita la codificación de todas las entidades actuales y permita incluir más en el futuro. Es así mismo muy útil incluir en el código un concepto jerárquico como por ejemplo el que podemos ver en el caso de la codificación empleada en el Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria que ha desarrollado una codificación estándar con la forma siguiente:

##### Grupo 1 . Divisiones administrativas

Tramos:	Código	Descripción
	010101	límite municipal
	010201	límite provincial
	010301	límite de autonomía
	010401	límite de nación

##### Grupo 2. Relieve

Tramos:	Código	Descripción
	020200	curva de nivel (normal)
	020400	curva de nivel (maestra)
	020600	curva de depresión (normal)
	020800	curva de depresión (maestra)

y así con los demás grupos de información (hidrografía, vías de comunicación, red geodésica y topográfica, delimitaciones catastrales urbanísticas y estadísticas, información catastral rústica, información catastral urbana, infraestructura y mobiliario, y textos y rotulación).

### **Reglas para formar ficheros:**

- No deben existir dos registros iguales.
- El orden de los registros no importa.
- No debe haber dos ficheros con la misma clave principal, si lo hubiera deben unirse en uno solo.
- El valor de la clave principal debe identificar el registro.
- La clave principal no debe tomar nunca valores nulos.

Otra manera de formar ficheros es generar un fichero por cada tipo de entidades y otro por cada relación y después ir eliminando los que sobran.

Se han de cumplir **las 3 formas normales** en cualquier diseño:

- 1 - No deben existir grupos repetitivos
- 2 - Los campos deben depender de toda la clave principal y nunca de parte
- 3 - No debe haber dependencia funcional entre campos (lo que significa que no debe haber atributos que dependan de otros).

### **4.3.3.- Diseño físico.**

Este es el momento de la implementación. El proceso dependerá del hardware y el software de que se disponga.

- Se adaptan los ficheros al gestor de bases de datos.
- Se optimiza el sistema.

Lo esencial en este paso son los **procesos** que se ejecutan con los datos. Como esta fase depende mucho del sistema elegido, solo se pueden dar reglas generales como la de revisar las claves definidas, colocar la clave principal como primer campo del fichero seguido del resto de las claves y es aconsejable cargar el fichero ordenado por la clave principal seguido de las otras claves y de los atributos.

Hay una serie de funciones que se realizan en muchos casos y que en alguno, da problemas en el mantenimiento, pero que mejoran el rendimiento general. Se pueden señalar:

- Partir una base de datos verticalmente repitiendo la clave principal en ambas (hay que tener mucho cuidado con el mantenimiento de la clave principal).
- Partir horizontalmente la base para mejorar el rendimiento (por ejemplo dividir una base de municipios de toda España en ficheros por Comunidades Autónomas).
- Fusionar campos que siempre se consultan juntos.
- Crear ficheros auxiliares que guardan la descripción literal de los código utilizados en los atributos.

Habrá que tener en cuenta algunas **características y limitaciones del gestor** de la base de datos:

- Número máximo de ficheros por base de datos.
- Número máximo de registros por fichero.
- Número máximo de campos por registros.
- Número máximo de caracteres por campo.

A la hora de almacenar características descriptivas de algunos elementos en campos de la base de datos hay que tener en cuenta que campos con una longitud mayor de 70 u 80 deben ser considerados como campos MEMO, y si hay muchos campos de este tipo habrá que elegir una base de datos documental que maneja la información de otra forma. Existen casos en que lo que se quiere almacenar asociado a una entidad geográfica es una imagen (como puede ser la fotografía de un edificio, o una imagen escaneada de una escritura o plan de la casa), esto es posible sin dificultades, pero hay que tener en cuenta que este tipo de archivos ocupan mucha memoria y por lo general ralentizan mucho los procesos de búsqueda y de manejo de los datos.

#### Procedimientos:

- *Análisis de los requerimientos en:*

- \* Captura.
- \* Tratamiento.
- \* Explotación.
- \* Actualización.
- \* Consulta.

- *Elección de un formato de intercambio.*

Debe ser capaz de contener y describir adecuadamente toda la información y estructura del SIG y ser transparente.

#### 4.4.- OBJETIVO DEL DISEÑO.

- Que la base de datos sea completa.
- Que no contenga información redundante si no es absolutamente necesaria.
- El número de ficheros ha de ser el mínimo.
- La base de datos ha de ser capaz de manejar de las aplicaciones y actualizaciones.
- Ha de permitir los cambios de estructura con la máxima versatilidad posible.
- Se ha de mantener la integridad de la base aunque falle el sistema.

## 5.- VENTAJAS DEL USO DE LOS SIG.

### 5.1.- VENTAJAS

Un sistema automatizado de tratamiento de la información presenta una serie de *ventajas* (Dangermond, 1984, FAO, 1987; Díaz, 1988).

- La información se mantiene físicamente compacta, evitándose su deterioro o pérdida.
- La información cartográfica de base se mantiene en forma centralizada y rápidamente accesible.
- Los datos pueden ser extraídos o mantenidos a un bajo coste por unidad de información manipulada.
- La búsqueda y recuperación de información se realiza con gran rapidez.
- El sistema, a partir de programas incorporados permite:
  - a.- realizar mediciones en los mapas,
  - b.- realizar operaciones de superposición de mapas,
  - c.- realizar transformaciones de la información,
  - d.- manipulación de la base de datos,
  - e.- diseño y dibujo de los mapas de salida.
- La información temática gráfica puede ser mejorada en forma simultánea.
- Pueden realizarse diferentes mapas complejos (modelación cartográfica).
- Realizar el análisis de la dinámica de los fenómenos geográficos.
  - Algunas formas de análisis de datos espaciales se realizan a un costo muchas veces más bajo que si fueran realizadas manualmente (cálculo de pendientes, modelos tridimensionales del terreno, etc.).
- Los análisis espaciales y la toma de decisión pueden integrarse de manera conjunta con los bancos de datos.
- El diseño y el dibujo automático de los mapas en el sistema puede aplicarse a las técnicas de diseño y producción cartográfica.

### 5.2 .- CARACTERÍSTICAS ACTUALES

Frank. A. M. et la. (1994) señala como *características actuales de los SIG*, los siguientes:

- El número de las instalaciones de sistemas se ha duplicado cada dos años.
- El mercado SIG crece a razón de un 35% anual.
- Las cifras de ventas de ciertos vendedores de SIG crecen a razón de un 100% y más.
- Se celebran un número creciente de eventos regionales, nacionales e internacionales centrando su atención tanto en los elementos teóricos de los SIG, como en sus aplicaciones.
- Crecen el número de revistas profesionales dedicadas al tema.
- Se enfatiza el uso de SIG en muchas disciplinas como Urbanismo, Geografía, Geología, Ingeniería, Forestales, e Informática.
- Muchas universidades introducen cursos de SIG.

### 5.3.- NUEVOS MERCADOS

La información geográfica tiene ya un valor cierto para su utilización como **instrumento de marketing en las actividades de la pequeña y mediana empresa** como soporte necesario para mejorar la toma de decisiones, en áreas como las siguientes (Ramón M. Lorenzo Martínez, 1995):

- *Sector del transporte*: planificación y optimización de rutas. Gestión de flotas.
- *Sector de la distribución*: determinación de la ubicación de centros distribuidores. Posicionamiento de puntos de venta y análisis de itinerarios de suministro de productos. Racionalización de redes como las gasolineras.
- *PYMES*: selección de redes de comercialización, Determinación de áreas de influencia de cada punto de venta. Situación de clientes e interrelación con los puntos de venta. Seguimiento de la distribución geográfica y de la productividad del personal de ventas.
- *Estudios de mercado*: plasmación del ámbito geográfico de los mercados en relación con la distribución territorial de la población y de sus características socioeconómicas. Estudios de segmentación de mercado.
- *Sector de las telecomunicaciones*: gestión del espectro radioeléctrico sobre modelos digitales del terreno con integración de entidades de población , mapas de usos de suelo, modelos digitales del terreno, características de los edificios en cuanto material, altura, y uso. Planificación de redes de telefonía móvil. Televisión por cable.
- *Sector bancario*: localización de la red de sucursales en función de las características de la población, de sus niveles de renta y capacidad adquisitiva. Estudio

de modelo de mercado potencial. Seguimiento de la inversión y de los resultados del mercado bancario en su dimensión territorial. Estudios de riesgos en la gestión de seguros.

- *Sector sanitario*: distribución geográfica de los estados sanitarios de la población. Seguimiento de la evolución de determinadas enfermedades infecto-contagiosas. Planificación de la red de asistencia sanitaria en relación con la distribución de la población que recibe la correspondiente prestación.

- *Sector de la comunicación*: plasmación en mapas de la información sectorial para su transmisión gráfica hacia los sectores deseados de la opinión pública. Conocimiento de las respuestas y efectos de las campañas de publicidad y promoción en los distintos territorios afectados.

- *Servicios de la información*: Actividades de ocio y tiempo libre. Educación a distancia. Teletrabajo.

- *Sector de seguros*: categorizar el territorio según índice de accidentes de tráfico. Localización rápida de los asegurados y de los recursos de asistencia. Mejora de la información al cliente en cuanto a recursos.

## 6.- EL SIG EN EL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

### 6.1.- APLICACIONES EN AYUNTAMIENTOS

Una idea de la gran expansión de la tecnología SIG en el mundo de los Ayuntamientos españoles la da la gran participación en las jornadas de Ayuntamientos Usuarios de tecnología SIG organizadas por el Servicio de Planeamiento del Área de Urbanismo y el Centro Municipal de Informática del Excelentísimo Ayuntamiento de Valencia. Se contó con la participación de 110 Ayuntamientos, 19 Diputaciones provinciales y Cabildos, 9 Comunidades Autónomas, 7 Organismos de la Administración Central del estado, 5 Universidades y 20 empresas de servicios.

Algunos de los **proyectos en gestión municipal** que se están desarrollando en estos momentos y que fueron presentados en la Iª jornadas de Ayuntamientos Usuarios de tecnología S.I.G. son:

- *El Proyecto ASIA* (Asistencia Integral a Ayuntamientos). Desarrollado por la Conselleria de Administració Pública de la Generalitat Valenciana. Tiene como objetivo asistir a las Administraciones Locales valencianas en las tareas de informatización, comunicaciones, contabilidad, organización y función pública. Dentro de este proyecto general se encuentra el desarrollado para urbanismo (SIG, expedientes de licencias de obras, etc.).

- *Implantación de un SIG en un municipio de 10.000 habitantes*. Ayuntamiento de Calpe (Alicante), con problemas específicos por ser un municipio turístico, con dificultades de tratar el callejero como calle y número y con la problemática principal de falta de medios humanos.

- *Mantenimiento y distribución de la cartografía digital. El modelo organizativo de la ciudad de Terrasa*. Trabajos de mantenimiento de la cartografía digital de la ciudad actualmente en marcha. Programa de consultas de las diversas series cartográficas disponibles tanto a nivel interno (Ayuntamiento) como externo, la actualización de la cartografía como base de las aplicaciones de SIG.

- *En SIG en las redes de distribución*. Se pretende alcanzar una óptima gestión en el suministro y distribución de agua potable, en la red de saneamiento. El SIG proporciona una base inteligente de datos para la planificación del trabajo y el inventariado del material.

- *El SIG de El Puerto de Santa María*. Desarrollo de un módulo SIG destinado a la gestión municipal y relacionado con el P.G.O.U. La base de datos geográfica utilizada es la proporcionada por el Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria, y se han desarrollado aplicaciones para el censo, P.G.O.U, registro de solares, Patrimonio, etc.

- *El servicio de información geográfica en el Ayuntamiento de Fuenlabrada*. Elaboración del Callejero Municipal en formato digital. Sobre esta cartografía se puede establecer información de tipo censal, electoral, estadístico.. Así mismo el callejero

permite la publicación de guías municipales digitales. El establecimiento de un SIG conectado con la base de datos del Municipio incluyendo una codificación con las direcciones y los domicilios permitió detectar un alto grado de inconsistencias,. Estos errores según se detectaban disparaban un proceso en el SIG que producía un plano a escala de la zona para poderlo subsanar.

- *Sistemas de información Territorial del Ayuntamiento de Vitoria - Gasteiz.* En el año 1993 se decidió implantar un SIG como soporte técnico para conseguir una mejor gestión territorial del municipio, con lo que se pretendía unificar la acción de los distintos departamentos que actúan sobre el territorio, no duplicando esfuerzos en el desarrollo de la cartografía, disponer de un método adecuado de actualización y mantenimiento de la misma, permitir una óptima gestión urbanística y en definitiva una mejora en la producción administrativa de cara al ciudadano.

- *Informatización del Servicio de Patrimonio del Ayuntamiento de Valencia.* Se ha desarrollado una aplicación simple en entorno de PC lo que redundaba en una gran simplicidad de manejo para los usuarios y en una reducción considerable de los gastos en equipos y programas.

- *Avances Municipales en el campo cartográfico, adaptación a las nuevas tecnologías. Ayuntamiento de Valladolid.* Este Ayuntamiento en colaboración con el Organismo Autónomo CIRA, está llevando a cabo la informatización de la cartografía digital del municipio y su mantenimiento. Integrándose posteriormente mediante un SIG con datos alfanuméricos de gestión procedentes de otras bases de datos, con lo que se intenta tener una información pública lo más actualizada posible para el ciudadano a para los servicios técnicos del propio Ayuntamiento.

- *Un SIG para la dirección, La EITEL.* La iniciativa del proyecto surge en la Sociedad de Informática de la Diputación de Sevilla, INPRO, ante el aumento y dispersión de la cartografía digitalizada en los distintos servicios de la Diputación, y se plantea los siguientes objetivos:

- Inventariar y recopilar la información existente.
- Instalar un servidor corporativo donde almacenar la información recopilada.
- Diseñar un sistema de comunicaciones local y remoto que permita a cualquier técnico de la Diputación y/o Ayuntamientos acceder a la información del servidor.
- Integrar la información gráfica existente con la información alfanumérica de las aplicaciones informáticas en explotación.
- Diseñar una interfaz sencilla para que el personal directivo pueda acceder a la información gráfica y alfanumérica sin necesidad de asistir a cursos específicos.



- *El registro fiscal de la riqueza territorial de Navarra.* El origen se encuentra en el deseo de crear un Banco de Datos regional y posteriormente evolucionó hacia la realización de los denominados Nuevos Catastros, para finalmente acometer el Registro Fiscal de la Riqueza Territorial con vocación de servicio o múltiples usos como puede ser los catastros municipales como instrumento para recaudar la contribución territorial rústica y urbana.. El modelo desarrollado no es cerrado y está sucesivamente en evolución debido a la constante incorporación de nuevos usos y usuarios, por lo que se ha desarrollado ya la base de un Sistema de Información Territorial.

- *Gestión de obras en vía pública. Área Metropolitana de Barcelona.* Se está desarrollando un módulo sobre las aplicaciones ya existentes SIGEM que cubre toda la gestión territorial de ámbito municipal. Este módulo nuevo abarca la gestión de las obras que se realizan en la vía pública, permitiendo realizar las funciones siguientes: tramitación de licencias, generación de informes técnicos para la aprobación/denegación de las licencias, planificación conjunta de las obras previstas en un periodo de tiempo y seguimiento de las obras.

- *La cartografía en el I.N.E. Instituto Nacional de estadística..* Se está desarrollando un Sistema de Información Geográfica desarrollado por la Unidad de Cartografía Digital, utilizando la información geográfica digitalizada producida por otros organismos de la Administración a la que se añade la información geográfica específicamente estadística como son las Secciones Censales, permitiendo su conexión con la información alfanumérica de las bases de datos estadísticas

- *El programa “Hipodamos de gestión urbanística municipal”.* La subdirección del Urbanismo del antiguo M.O.T.M.A. ha desarrollado una completa herramienta informática de Gestión Urbanística con soporte SIG a la que se ha bautizado como “Hipodamos”, el programa controla de forma dinámica la evolución del desarrollo del planeamiento a partir de plazos preestablecidos y de las indicaciones de los técnicos urbanísticos. También controla los posibles incumplimientos con la generación de los correspondientes registros. El programa está diseñado de tal forma que admite cualquier situación o combinación de situaciones legalmente admisibles en el seno de una misma parcela. La cédula urbanística facilita información para cada una de las subparcelas urbanísticas.

- *Explotación urbanística de las bases de datos cartográficas. Ayuntamiento de Zaragoza.* Partiendo de la constatación de que la elaboración de mapas y planos, a lo largo de la historia, se ha acometido con planteamientos, directrices y objetivos distintos de los urbanísticos (razones militares en un tiempo y fiscales después y aún ahora) se pretenden exponer las dificultades que, en el caso de Zaragoza, se ha sufrido en el proceso de reutilización de una base de datos cartográficos de alta calidad y precisión para su uso con fines estrictamente urbanísticos (planeamiento, información urbanística, licencias de obras), que no se corresponden con aquellos que justificaron su elaboración (soporte cartográficos del Catastro Urbano).

- *El sistema de información geográfico catastral (SIGCA) y la colaboración con los sistemas de información territorial municipales.* Se ha desarrollado un inventario Catastral organizado como un Sistema de Información Catastral orientado a realizar la Gestión Catastral y a proporcionar información territorial elaborada sobre los bienes

inmuebles. Hay una línea de colaboración establecida con los Ayuntamientos, así como en difundir, en general, la información desde el sistema.

- *SIGVAL un SIG de carácter local. Ayuntamiento de Valencia.* Se ha incorporado por el equipo Municipal responsable un SIG en la estructura Municipal, como herramienta eficaz de gestión interna y de Atención al ciudadano. Las principales características son:

1.- El área de estudio y el análisis de la implantación se realiza desde la conveniencia de trabajar sobre un plano único que englobe todo el término municipal (13.501 Ha.).

2.- Análisis de la problemática municipal en el área urbanística, utilizando planteamientos de macroproyecto, pero centrando el estudio en la solución de aplicaciones concretas como núcleo de implantación. Carga del P.G.O.U. (Certificado de Circunstancias Urbanísticas, Fijación de Alineaciones).

3.- Aplicaciones para otros servicios municipales:

- \* Control de accidentes de tráfico.
- \* Actualización continua del callejero municipal.
- \* Conectividad en red con los distintos usuarios municipales mediante aplicaciones específicas.
- \* Control de obras en vía pública.
- \* Control de uso del suelo.

4.- Nuevos desarrollos: Infraestructura urbana, Medio ambiente, etc.

## 6.2.- CARTOGRAFÍA DIGITAL

Vamos a ver algunos casos de aplicaciones de un SIG y de la cartografía digital como elemento necesario para la gestión en la Administración Local y compañías de servicios.

Cualquier mejora en las tareas municipales pueden tener gran repercusión sobre el ciudadano.

Una ciudad desde nuestro punto de vista está compuesta como un esquema arterial (Transporte, Energía, Comunicación, Agua, Saneamiento...) sobre un cuerpo complejo (suelo urbano, distritos, manzanas, parcelas...). Una información actualizada permite un conocimiento urbanístico detallado que permitirá una mejora en la gestión municipal.

En un *primer análisis* de la cartografía existente en un municipio hay que tener en cuenta:

- Referencias geodésicas y cartográficas.
- Tipo de coordenadas.
- Escalas utilizadas.

- Métodos de obtención de la información.
- Contenido.
- Precisión de los datos.
- Cobertura de las áreas de influencia.
- Procedimiento de actualización.

También hay que tener en cuenta la calidad y formato de las cartografías que poseen los organismos públicos del entorno, las empresas de servicios, empresas del sector involucradas...

Dentro de un Ayuntamiento la cartografía y el uso de un SIG común atañen a diferentes **usuarios potenciales** como son:

- Departamento de urbanismo
- Departamento de hacienda
- Departamento de sanidad
- Policía
- Bomberos
- Departamentos de Servicios Generales (limpieza viaria, gestión de vertederos...)

Alguno de los **beneficios directos** derivados de un Sistema de Información Geográfico bien estructurado y actualizado son:

- Planificación del subsuelo, evitando posibles accidentes.
- Gestión integrada de las redes de distribución, con la posibilidad de coordinar averías, obras, aviso a los usuarios afectados...
- Optimización en el uso de recursos limitados como son los servicios de limpieza, recogida de basura, gestión y control de vertidos sólidos urbanos...
- Conocimiento exacto de del suelo vacante, promociones inmobiliarias, dotaciones...
- Gestión del patrimonio público.
- Recaudación más justa. Control del I.B.I.
- Control de licencias de obras.
- Inventariado y mantenimiento del mobiliario urbano.
- Control de tráfico.

### 6.3.- APLICACIÓN PRÁCTICA. SISTEMA DE GESTIÓN URBANÍSTICA.

Existen ya diversas aplicaciones comerciales para la gestión urbanística desarrolladas tanto por empresas comercializadoras de SIG, como por empresas consultoras. En este caso vamos a analizar una aplicación comercial desarrollada por la empresa Geogis, S.A. llamada SIU.

El objetivo de un Sistema de Gestión urbanística se basa en la operatividad de una aplicación en el entorno de los SIG con capacidad para facilitar la gestión y el acceso a la información urbanística asociada a las fincas urbanas y a los edificios.

Esta información procederá del estudio y volcado de los documentos de un Plan General o Normas subsidiarias (Documentos gráficos y alfanuméricos) sobre una cartografía de base (Normalmente la proporcionada por el Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria mucha de la cual ya está en formato digital, y si existiera habría que elaborar una nueva cartografía en la que debería estar hasta el nivel de parcela y subparcelas que componen cada propiedad, las edificaciones y todos los elementos urbanos necesarios para todos los departamentos que vayan a usar una cartografía ).

Esta aplicación es capaz de permitir al usuario, de manera sencilla y eficiente, el acceso a la información urbanística disponible en cada momento, de las entidades básicas que van a componer el sistema, las fincas urbanas y las edificaciones.

Dicha información deberá estar compuesta por los siguientes atributos, comunes a la mayoría de los planeamientos:

- Datos de *clasificación*:

- Clase de suelo.
- Área de reparto.
- Aprovechamiento tipo.

- Datos de *calificación*:

- Morfotipología:
  - Morfología.
  - Intensidad.
- Usos:
  - Característico.
  - Permitidos.
- Beneficios / cargas.
- Programación temporal.
- Calificación operativa.

- *Aprovechamientos*:

- Materializado.
- Materializable.

- Susceptible.
- Vigente..

*- Repertorio normativo*

Las consultas a esta información podrán realizarse a través de varios métodos:

- Reproducción del Plan General o Normas Subsidiarias con clasificaciones, zonificaciones, áreas de reparto, alineaciones.

- Visualización y consulta en el propio ordenador de datos gráficos y alfanuméricos.

- Impresión de cédulas urbanísticas

Los datos básicos sobre los que vamos a tener información asociada son de varios tipos:

- Viales.
- Fincas urbanísticas.
- Edificaciones.

Como entidades espaciales de asignación se han considerado las siguientes:

- Áreas de clasificación del suelo.
- Áreas de reparto.
- Áreas de zonificación.
- Alineaciones exteriores e interiores.

Entidades referenciales y complementarias:

- Hidrografía.
- Ejes de calle.
- Mobiliario e infraestructuras.
- Altimetría.

Como información alfanumérica se tienen diversas bases de datos relacionadas con la información asociada a cada una de las entidades básicas y que almacenarán básicamente:

- Datos urbanísticos.
- Datos de las fincas catastrales y unidades constructivas existentes.
- Diccionarios de usos, intensidades, coeficientes de homogeneización.
- Catálogos de protección.

## Carga de la información

Los pasos necesarios para dejar preparada cualquier aplicación de gestión urbanística serán:

- Preparación de la cartografía base, verificando la bondad de la cartografía ya existente para los requisitos que vayamos a fijar en cuanto a precisión de los datos, antigüedad de los mismos, grado de detalle,...

- Definición de las entidades espaciales básicas. Atendiendo a las necesidades posteriores habrá que identificar el suelo urbano constituido por las fincas urbanísticas con líneas de manzana y parcelas del plano parcelario, identificar el suelo urbanizable y no urbanizable cuyo límite suele coincidir con límites naturales como son caminos, cursos de agua...

- Mecanización de los documentos gráficos del Plan General. Se realiza la interpretación y captura de los documentos gráficos que delimitan los diferentes tipos de suelo, las áreas de reparto, la zonificación, etc., del ámbito territorial abarcado por el Plan. También se capturan los distintos elementos reguladores referidos a las edificaciones: alineaciones exteriores, alineaciones interiores, retranqueos, etc., así como aquellas porciones de suelo que deben cederse al suelo público.

En ocasiones no existe el documento gráfico, solo su descripción literal en el texto normativo que hay que interpretar y representar gráficamente para su posterior captura.

- Mecanización del texto normativo. Habrá que interpretar el texto de forma que extraigamos los datos necesarios para categorizar la base de datos normativa que pueda ser enlazada con las entidades espaciales básicas que se pretenden regular.

Asignación de atributos a las entidades espaciales. A cada entidad espacial básica se le asocian mediante la base de datos los atributos urbanísticos de clasificación y calificación que heredarán por inclusión en las entidades de asignación (clasificación, áreas de reparto, zonificación...).

Existen algunos atributos de calificación que deben ser asignados a las entidades espaciales de forma individualizada (número de alturas permitidas, grados de protección, condiciones estéticas...), por ser éstas, características que no siempre se deducen por su inclusión en un ámbito de asignación determinado.

También hay algunos atributos que no vienen representados en el documento gráfico, sino que se han de extraer del texto normativo que una vez interpretado correctamente nos permita identificar gráficamente los elementos espaciales a los que se refiere cada una de las características interpretadas.

- Cálculo de superficies, aprovechamientos e intensidades. Integrando mediante operaciones booleanas las fincas, edificaciones, alineaciones, cesiones y anexiones se calcula para cada finca la superficie bruta y neta, la superficie edificada, la edificable, la no edificable, la que está pendiente de cesión o adquisición...

Una vez calculado el desglose de superficies, del texto normativo se extraen las fórmulas de cálculo a emplear en cada caso para deducir los valores de aprovechamientos e intensidad.

- Enlace con el texto normativo. Ya solo queda el enlace de las entidades con el texto normativo. Cada finca urbanística, en función de su pertenencia a una clase de suelo, área de reparto, zona... estará regulada por un conjunto concreto de normas.

Las **principales aplicaciones** de cualquier programa de este tipo son:

- *Generación de cédulas urbanísticas.* Se identifica gráfica o lógicamente la finca, y la aplicación recopila todos los datos generándose automáticamente una vista con el croquis de la situación de la finca, sus edificaciones, las alineaciones y las cesiones / adquisiciones. Si tuviéramos una fotografía ya almacenada de la finca, se asociaría automáticamente. Da la posibilidad de elección del tipo de cédula y se genera una composición en la que se incluye el croquis gráfico y el resto de los datos urbanísticos de interés: desglose de superficies, clasificación, calificación, aprovechamientos, cargas, programación temporal, y se pueden editar en papel.

- *Elaboración de planos temáticos.* Permite realizar planos temáticos para tener una representación gráfica de la distribución espacial de cualquiera de los atributos urbanísticos contemplados o por una combinación de ellos.. Se pueden producir de forma muy sencilla documentos gráficos que representan los elementos del Plan General. Para ello, basta establecer una o varias condiciones lógicas que permitan seleccionar un conjunto de entidades que se van representar con una simbología que será función de los datos asociados a esa entidad. Las condiciones de selección pueden ser sencillas “fincas situadas en suelo urbano” o más complejas “fincas con protección especial situadas en casco histórico y que están en estado ruinoso”.

Las composiciones resultantes se pueden editar para añadir cualquier elemento complementario o cambiar la composición. Todos los elementos están enlazados dinámicamente de forma que cualquier cambio en la base de datos se refleja automáticamente en el resto de los documentos gráficos en los que esté referenciada la base de datos sin tener que volver a repetir todo el proceso de composición del mapa.

- *Ordenación de cargas y programación temporal.* Se tiene la posibilidad de comprobar qué fincas tienen pendiente una obligación de cesión, urbanización, equidistribución, petición de licencias de construcción o derribo... que no se ha hecho efectiva dentro del plazo establecido por el Plan, y que como consecuencia de ello pueden ser objeto de expropiación, descalificación u otro tipo de sanciones. Se presenta un listado con todas las referencias de las fincas, su dirección postal, fecha de fin de plazo y tipo de carga pendiente.

- *Análisis espacial.* Es posible examinar la localización de entidades sin tener su referencia alfanumérica, por conceptos de proximidad, inclusión total o parcial, distancia... Por ejemplo, se pueden detectar las fincas que pueden verse afectadas por el derribo de una construcción próxima, qué distribución de alturas máximas permitidas

propone el Plan en un determinado entorno monumental, cual será el aspecto que presenten las fincas afectadas por el ensanche de una calle..

- *Normativa.* Para desplegar el conjunto de normas urbanísticas que regulan las actuaciones sobre una finca, basta con seleccionar la finca, y se escoge qué aspecto de la normativa se pretende consultar: normativas relativas a usos, a intensidades, a morfología, aprovechamientos....



**7.- ALGUNAS APLICACIONES PRÁCTICAS. (Comunicaciones presentadas en la Conferencia de usuarios de ARC/INFO). Ver Anexo nº 1.**

## **8. - LA BASE DE DATOS CARTOGRÁFICA CATASTRAL**

El Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria (CGCCT) ha desarrollado una metodología para generar, actualizar y mantener el conjunto de datos gráfico-alfanumérico de forma coordinada en las 65 Gerencias Territoriales, para mantener la integridad de la Base de datos.

De cualquier proyecto Gis el 75 % del coste total corresponde a la adquisición de datos, ya sean externos o de elaboración propia. Por esta razón es tan importante el esfuerzo realizado en los catastros de rústica y urbana como generador de datos digitales que puedan servir a todas aquellas instituciones de carácter privado o público que lo deseen.

En el modelo de diseño de la base de datos se ha optado por un modelo orientado a facilitar la consulta y a la posible integración en otros sistemas. El modelo de intercambio de datos es un formato abierto, que ya muchos de los paquetes comerciales incorporan como posibilidad para la exportación e importación de datos. Así mismo ahora también permite el intercambio de datos con el formato MIGRA, desarrollado como estándar a incorporar por todas las administraciones.

### **Modelo de datos:**

Los datos se estructuran en capas agrupados en 4 apartados:

- Cartografía catastral rústica.
- Cartografía catastral urbana.
- Cartografía base.
- Planeamiento y urbanismo.

Nos ha parecido interesante incorporar un listado de todos aquellos elementos que componen la cartografía y sus codificaciones, ya que son uno de los mejores ejemplos de SIG estructurado que lleva varios años en marcha y con el que colaboran empresas privadas en la renovación de la información y la generación de la cartografía digital y las Administraciones locales como usuarios finales y como mantenedores de la misma, ajustándose todos ellos a la misma normativa técnica.

Ver Anexo nº 2.

**9.- BASE DE DATOS PARA EL INVENTARIO DEL PATRIMONIO NATURAL  
PARA EL PLAN NACIONAL DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA AMBIENTAL.  
Ver Anexo nº 3.**

## **10.- BIBLIOGRAFÍA.**

### REVISTAS

- NOVATICA XVIII nº 95. Enero 1992.  
Número monográfico dedicado a dar un repaso divulgativo a los distintos métodos de diseño de Sistemas de Información.

- MAPPING. Diversos números años 1995,1996,1997 y 1998.

### LIBROS

- “Introducción al diseño de bases de datos relacionales”. G.A.Jackson, 203 pág.  
ANAYA

- “Diseño y análisis de Sistemas de Información”. James A. Senn 1992, 942 pág.  
MCGRAW-HILL

- “Una introducción a los Sistemas de Bases de Datos”. C. J. Date, 1986.

- “Sistemas de Información Geográfica”. Joaquín Bosque Sendra, 1992. RIALP.

-”Geographical Information Systems. Principles and Applications”. Gail Langran,  
1992. LONGMAN SCIENTIFIC & TECHNICAL.

- “Sistemas de Información Geográfica: Prácticas con Pc ARC/INFO e IDRISI”.  
Joaquín Bosque, Fco. Javier Escobar, Ernesto García y Mª Jesús Salado. 1994. RA-MA.

## **ANEXO N° 1**

## **ANEXO N° 2**

## **ANEXO N° 3**