

Facultad de Ciencias Forestales

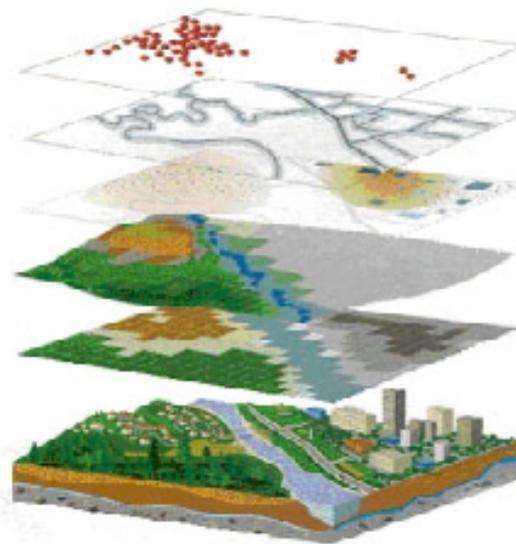
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO



CÁTEDRA DE
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Sistema de Información Geográfica (SIG)

Modelos - Datos - Información - Base de Datos



Ing. Ftal. ALFREDO FABIAN REUTER

Mayo de 2006

MODELOS – DATOS – INFORMACION - BASE DE DATOS

MODELADO ESPACIAL

Un modelo espacial es una abstracción manejable de la realidad. Un mapa es un modelo, un modelo permite estudiar las relaciones espaciales, como pueden ser la identificación de acuíferos como recursos naturales no renovables, y ver la posibilidad de conservarlos. Las ventajas de trabajar con un (SIG) es que permite la expansión de este modelo.

Un Modelado Espacial con un Sistema de Información Geográfica (SIG), combina mapas digitales en el orden de procesos que asisten a la toma de decisiones de acuerdo a los criterios de selección especificados por el usuario. Usando un (SIG) hace mas fácil la interpretación del modelo, el ajuste de variables y la metodología del mismo.

Con los modelos espaciales podemos hacer análisis de ubicación de áreas por medio de una serie de criterios de selección, por ejemplo:

- Localizar el tipo de vegetación predominante de un sitio
- Encontrar áreas susceptibles de extinción basadas por algunos fenómenos geográficos como son huracanes, temblores o por el hombre.
- Encontrar las causas probables del deterioro ciertos recursos naturales.

Estos modelos espaciales son desarrollados por expertos y son basados sobre búsquedas detalladas y análisis estadísticos. Un modelo espacial consiste de una serie de ecuaciones que pueden ser aplicadas a una base de datos de un (SIG).

Otros ejemplos:

Modelos de Aplicaciones Ambientales.

Modelos de extinción de las Especies de Flora y Fauna.

Modelos de detección de Acuíferos.

Modelos de conservación y restauración de Suelos.

Modelos de Aprovechamiento de recursos naturales.

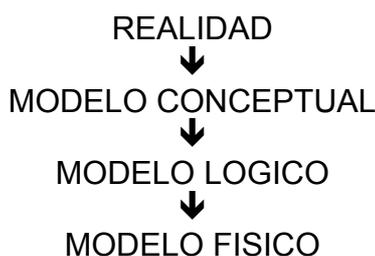
MODELOS DE DISEÑO DE UN SIG

La tecnología de los SIG, en la mayoría de los casos, se ha desarrollado sin una profundización teórica que sirva de base para su diseño e implementación; para sacar el mayor provecho de esta técnica es necesario ahondar en ciertos aspectos teóricos y prácticos que los especialistas no deben perder de vista. No se debe confundir SIG con digitalizar y teclear datos en una computadora.

El estudio inicial para diseñar un SIG, debe prever el manejo de objetos existentes en la realidad, que tienen características que los diferencien y guardan ciertas relaciones espaciales que se deben conservar. Es necesario recordar siempre que se va a desarrollar en la computadora un modelo de objetos y relaciones que se encuentran en el mundo real.

Para garantizar que el esquema anterior se pueda lograr, se construyen una serie de modelos que permitan representar los objetos tal como aparecen en la realidad, pudiendo representarlos y extraer información de los mismos.

Normalmente se llevan a cabo tres etapas para pasar de la realidad del terreno al nivel de abstracción que se representa en una computadora y que definen la estructura de los datos, de la cual dependerán los procesos y consultas que se efectuarán en la etapa de producción:



MODELO CONCEPTUAL

Es la conceptualización de la realidad por medio de la definición de objetos de la superficie de la tierra (entidades) con sus relaciones espaciales y características (atributos) que se representan en un esquema describiendo esos fenómenos del mundo real. Para obtener el modelo conceptual, el primer paso es

el análisis de la información y los datos que se usan y producen en la empresa que desarrolla el SIG; el siguiente paso es la determinación de las entidades y los atributos con las relaciones que aquellas guardan, de acuerdo con el flujo de información y los diferentes procesos que se llevan a cabo en la empresa.

Existen diversos métodos para desarrollar tanto el modelo conceptual como los demás modelos, por cuanto este es la base para obtenerlos; entre ellos tenemos:

- Entidad asociación (EA)
- Modelo Entidad Relación (MER)

En los SIG, sobre todo si tienen algo de complejidad, se debe pensar siempre en el MER que garantiza la organización de todas las entidades con sus relaciones en un solo esquema de representación de las cosas como son en la realidad. Con este modelo se obtiene un medio efectivo para mostrar los requerimientos de información, organización y documentación necesarios para desarrollar el SIG y las clases de datos que se estarán manipulando.

MODELO LÓGICO

Es el diseño detallado de las bases de datos que contendrán la información alfanumérica y los niveles de información gráfica que se capturarán, con los atributos que describen cada entidad, identificadores, conectores, tipo de dato (numérico o carácter) y su longitud; además, se define la geometría (punto, línea o área) de cada una de ellas.

Como se trata de manipular en el sistema los elementos del paisaje, se tienen que codificar para poder almacenarlos en el computador y luego manipularlos en forma digital y además, darles un símbolo para su representación gráfica en la pantalla o en el papel.

Es en esta etapa que se elaboran las estructuras en que se almacenarán todos los datos, tomando como base el modelo conceptual desarrollado anteriormente. Se trata de hacer una descripción detallada de las entidades, los procesos y análisis que se llevarán a cabo, los productos que se espera obtener y la preparación de los menús de consulta para los usuarios.

En esta parte de diseño del SIG se definen los diferentes tipos de análisis que se estarán llevando a cabo más adelante y las consultas que se vayan a realizar más frecuentemente, esto por cuanto de la estructura de las bases de datos (gráficas y alfanuméricas) dependen los resultados obtenidos al final; es por lo anterior, que en esta etapa, se hace un diseño detallado de lo que contendrá el SIG y de la presentación que tendrán los productos normalmente, definiendo los tipos de mapas con sus leyendas, contenido temático y demás, reportes o tablas que se espera satisfagan los principales requerimientos de los usuarios y clientes; con estos se agilizarán los procesos que envuelvan directamente a los usuarios, ya que la mayoría de sus consultas podrán ser respondidas inmediatamente mientras las no convencionales tomarán un poco más de tiempo.

No todas las posibles consultas estarán resueltas desde este momento, por cuanto muchos clientes tienen requerimientos específicos o particulares que no permiten que todas las consultas sean previsibles, principalmente en casos como el de catastro, en que debido a la gran variedad de información y de usuarios y clientes, los requerimientos diarios son muy diversos. No se trata de desarrollar un SIG cerrado que amarre a la gente a determinadas consultas, de lo que se trata es de ganar en eficiencia para satisfacer mejor y más rápido a los clientes.

Una vez definido el modelo conceptual y el lógico, se conoce cuáles mapas se han de digitalizar y qué información alfanumérica debe tenerse en cuenta.

Tanto el modelo conceptual como el lógico, son independientes de los programas y equipos que se vayan a utilizar y de su correcta concepción depende el éxito del SIG.

MODELO FÍSICO

Es la implementación de los anteriores modelos en el programa o software seleccionado y los equipos específicos en que se vaya a trabajar y por esto se realiza de acuerdo con sus propias especificaciones. El modelo físico determina en que forma se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y aprovechando las ventajas del sistema específico a utilizar.

Cuando se trabaja con tecnologías digitales, por ejemplo los SIG, el usuario no suele tener acceso a la representación digital de los datos, en su lugar se presentan una serie de vistas estructuradas de estos (mapas, gráficos, tablas, etc.). Por lo que respecta a la información espacial, existen múltiples formas de representación no siendo ninguna de ellas necesariamente mejor que las demás ya que los objetivos que persiguen los diferentes usuarios de los SIG pueden llegar a ser muy diferentes y, por tanto, necesitar diferentes formas de representación. En este tema se tratará la base teórica de la codificación de los diferentes elementos y atributos de la superficie terrestre en formato digital para su tratamiento con un programa SIG.

Partiendo de la definición de modelo como representación simplificada de la realidad, que refleja lo fundamental de esta ignorando los detalles accesorios; un modelo de datos sería el conjunto de reglas utilizadas para representar la variedad del mundo real como un conjunto finito de datos discretos y fácilmente manipulables con un ordenador. Pasar de la realidad a una representación o modelo digital supone un gran salto que se entiende mejor si consideramos la existencia de varios niveles de abstracción:

1. Realidad (montañas lagos y campos de cultivo). Nivel propio de los gestores preocupados por problemas de gestión y planificación del espacio.

2. Modelo conceptual (variables y objetos). Nivel de los científicos (geógrafos, geólogos, ecólogos, etc.) que desarrollan, verifican o aplican teorías e hipótesis sobre variables y procesos que tienen lugar en el espacio.

3. Modelo lógico (ráster y vectorial). Nivel de los técnicos en SIG que utilizan las herramientas del sistema para llevar a cabo, en el ordenador, las tareas requeridas por gestores o científicos.

4. Modelo digital (estructuras de datos y algoritmos). Nivel de informáticos, y desarrolladores de SIG cuya misión es ampliar el repertorio de herramientas para cumplir con el máximo número de necesidades.

La comunicación entre unos y otros se hace cada vez más difícil cuanto más alejados se encuentren en la anterior jerarquía, por tanto es necesario la existencia de especialistas de los diferentes niveles para el adecuado desarrollo de un proyecto, al mismo tiempo se requiere un diálogo constante entre los

mismos. No obstante suele darse el caso de personas que abarcan varios niveles de esta jerarquía.

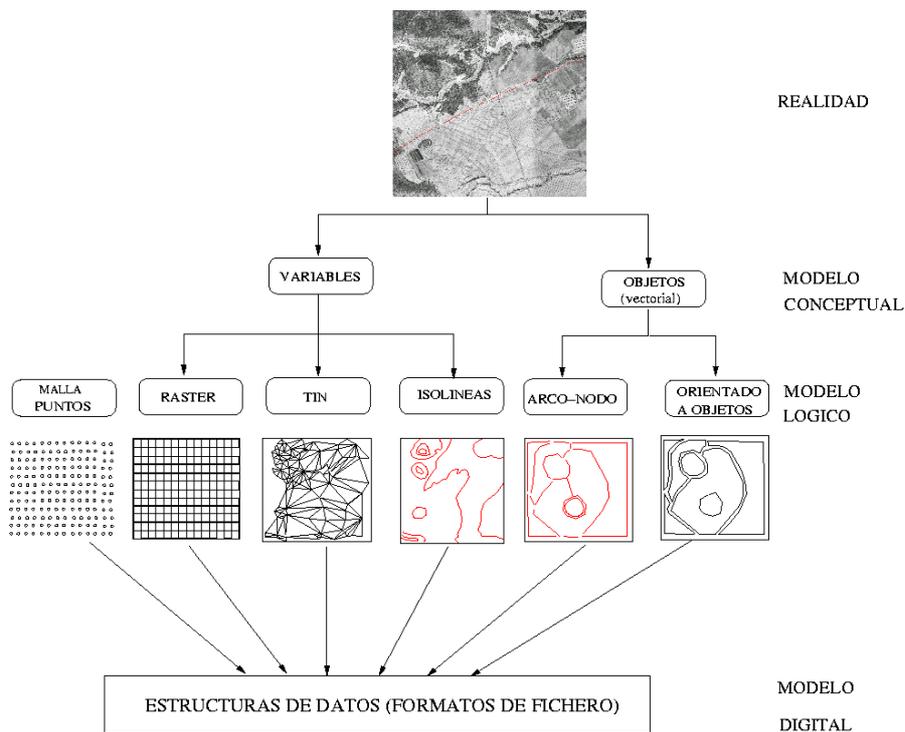
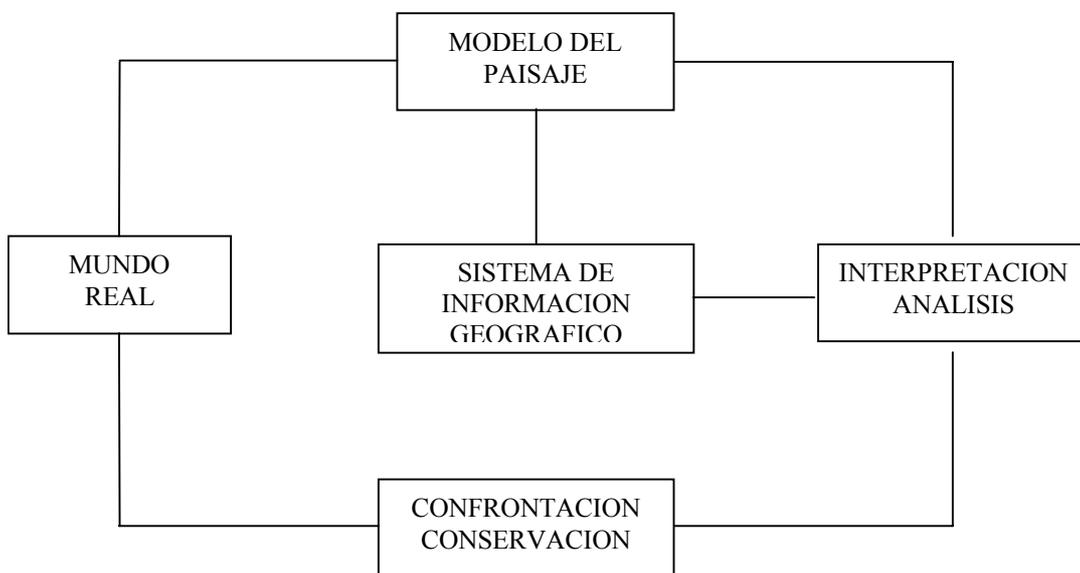


Figura 1: Modelado del Paisaje

Desde los años setenta ha ido formándose un cuerpo de métodos y reglas (como los métodos MERISE, Yourdon y Jackson, o el modelo de datos entidad-

relación) que constituyen lo que se llama el Análisis y Diseño de Sistemas de Información (SI), de los que un SIG es un caso particular. Si bien esta disciplina es todavía inmadura, ya que presenta falta de unanimidad de criterios, poca experiencia y formulaciones a veces poco rigurosas, sí proporciona suficientes herramientas para luchar asintóticamente contra la subjetividad y, por lo menos, acotarla.

Incluso ha aparecido una serie de aplicaciones, llamadas herramientas CASE (Computer Assisted System Engineering), que han hecho que el Diseño de Sistemas de Información Asistido por Ordenador sea una realidad ampliamente extendida.

Todo ello hace que, si bien no podemos decir siempre con seguridad que el problema de construir el SIG óptimo para un fin determinado sea de solución única, sí sepamos al menos que existe una familia, o dos a lo sumo, de soluciones, muy semejantes entre sí, que son las más eficaces.

EL PROBLEMA DE LA FORMACION

En la tecnología SIG confluye un conjunto de disciplinas, cuya esencia y principios fundamentales debería conocer en profundidad el técnico ideal que se dedicase profesionalmente a la materia. Una lista muy razonable, en la que seguramente cometeremos algún olvido, incluiría al menos:

- En cuanto a ciencias geográficas: Geodesia, Fotogrametría, Cartografía, Geografía, Topografía, Sistemas de Representación y Teledetección.

- En lo referente a Informática: Bases de Datos, Diseño Gráfico, CAO, Comunicaciones; dependiendo de cada caso, Diseño de SI, Ingeniería de Software, Métodos de Programación Estructurada o Auditoría Informática; y en función del tipo de SIG de que se trate, Inteligencia Artificial, Simulación o Métodos de análisis espacial.

- Respecto a la información en sí: Matemáticas, Física, Estadística y Documentación.

- Por añadidura, el campo concreto al que se va a aplicar el SIG, por ejemplo Arqueología, Botánica, Ecología, Catastro, Hidrología o Planificación Urbana.

Disciplinas todas ellas nada triviales, cada una con su problemática, filosofía y metodología propias y bien diferenciadas. Adquirir experiencia auténticamente profunda en cualquiera de ellas puede llevar del orden de cinco años, ya que se tarda por término medio ese tiempo en entender interiormente cualquier cuerpo teórico. Puesto que no se pueden invertir 15 años en formar a una persona, el problema de la formación de técnicos en SIG, capaces y polivalentes, es de muy difícil solución.

La situación se agrava por el hecho de que ningún programa de estudios, hasta hace pocos años, incluía la tecnología SIG. Por lo tanto no ha transcurrido aún el tiempo necesario de rodaje para adquirir la experiencia adecuada en la didáctica de este tema. Por añadidura, es un hecho el que la inmensa mayoría de los profesionales de la informática han sido autodidactas en gran medida, a pesar de existir Escuelas de Informática desde hace algunos años.

Por todo lo dicho, es aconsejable organizar equipos mixtos de trabajo, en los que colaboren informáticos, ingenieros topógrafos, y de otras especialidades, trabajando y aprendiendo juntos. Por otro lado, se deberían valorar en su justa medida la capacidad autodidacta y la rapidez en el aprendizaje de nuevos conceptos de cada individuo.

La falta de implantación de la tecnología SIG en las empresas y centros de trabajo donde podría ser útil, es otro factor más que hace que no sea esta disciplina suficientemente conocida. Esto genera la aparición de un círculo vicioso. A su vez, debido a la falta de difusión de los SIG, la mayoría de sus usuarios potenciales no se aprovechan de sus beneficios. Por ello los SIG no resultan tan rentables como pudieran ya que una de sus principales vías de amortización es el aprovechamiento de la información por clientes subsidiarios.

De ahí la importancia, de nuevo, de que la divulgación sea capaz de hacer ver que los SIG pueden servir para organizar viajes turísticos con transporte y alojamiento incluidos, realizar estudios de mercado, estudiar emplazamientos óptimos para un nuevo polígono industrial, prevenir los incendios forestales, descubrir yacimientos arqueológicos, prever los efectos de un agente contaminante y muchas cosas más. Prácticamente cualquier actividad humana puede ser planificada, organizada, coordinada, estudiada, explorada o prevista globalmente con la ayuda de un SIG.

DEFINICIONES: DATOS – INFORMACION - TOPOLOGIA

Definición: Los **DATOS GEOGRÁFICOS** son entidades espacio-temporales que cuantifican la distribución, el estado y los vínculos de los distintos fenómenos u objetos naturales o sociales.

Los datos espaciales refieren a entidades o fenómenos que cumplen los siguientes principios básicos:

- * Tienen posición absoluta: sobre un sistema de coordenadas (x, y, z)
- * Tienen una posición relativa: frente a otros elementos del paisaje (topología: incluido, adyacente, cruzado, etc.)
- * Tienen una figura geométrica que las representan (punto, línea, polígono)
- * Tienen atributos que lo describen (características del elemento o fenómeno)

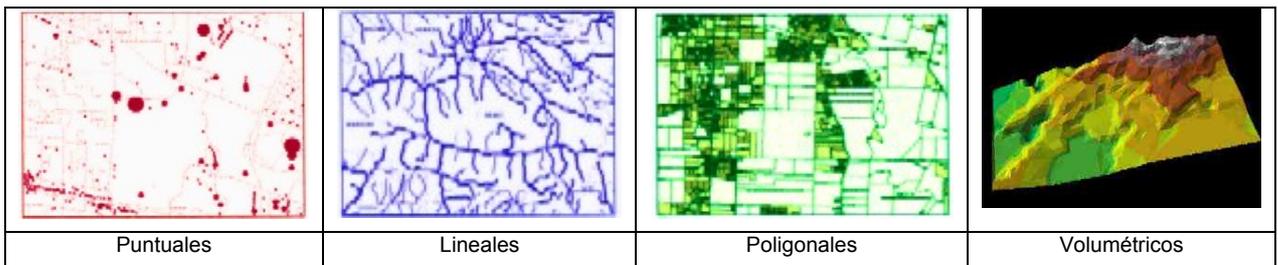


Figura 2: Tipos de Datos

Definición: Entendemos por **INFORMACIÓN** a una serie de datos organizados que han sufrido procesamiento o análisis, por lo que tienen valor agregado.

Probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfico es la información. Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los manejadores de base de datos más comunes para manejar la información geográfica.

A comienzos de los 70's se desarrollaron algoritmos que permitían generar las posiciones relativas mediante topología en capas o layers

Definición: La **TOPOLOGÍA** es la ciencia matemática que permite estudiar las figuras y sus relaciones entre sí.

Gracias a la topología ciertas relaciones espaciales se conservan así ocurra un cambio de escala, una rotación de las figuras o su suavizado de contornos.

La topología estructura las figuras desde los nodos, estos se unen para formar arcos y estos para formar polígonos.

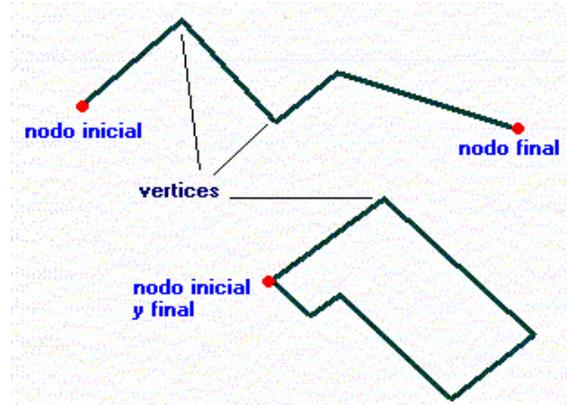


Figura 3: Topología de Líneas y Polígono

Las relaciones topológicas más importantes son:

- Adyacencia (entre polígonos)
- Contigüidad (entre línea y polígono)
- Pertenencia (arcos a polígonos)
- Conectividad (entre arcos, en redes)
- inclusión (punto en polígono, línea en polígono, polígono en polígono).

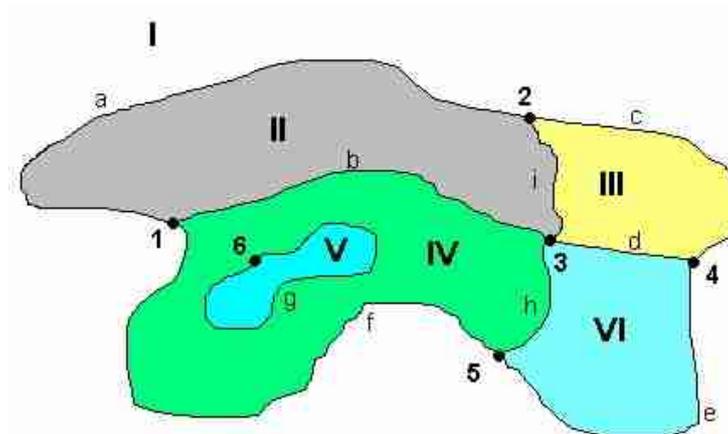


Figura 4: Relaciones topológicas

Entre las muchas relaciones topológicas entre las figuras de esta imagen están:

- * Adyacencia entre los polígonos II y III

- * Contigüidad entre el arco h y el polígono VI. (por ej. si h fuera un río que separa dos ciudades)
- * Pertenencia entre el arco b y el polígono II
- * Conectividad entre los arcos b, i, d y h (si fueran elementos de una red)
- * Inclusión del polígono V dentro del IV

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La información geográfica es a su vez el elemento diferenciador de un Sistema de Información Geográfica frente a otro tipo de Sistemas de Información; así, la particular naturaleza de este tipo de información contiene dos vertientes diferentes: por un lado está la vertiente espacial y por otro la vertiente temática de los datos.

Mientras otros Sistemas de Información (como por ejemplo puede ser el de un banco) contienen sólo datos alfanuméricos (nombres, direcciones, números de cuenta, etc.), las bases de datos de un SIG han de contener además la delimitación espacial de cada uno de los objetos geográficos.

Por ejemplo, un lago que tiene su correspondiente forma geométrica plasmada en un plano, tiene también otros datos asociados, como niveles de contaminación. .



Figura 5: Ejemplo de relación Entidad - Relación

Por tanto, el SIG tiene que trabajar a la vez con ambas partes de información: su forma perfectamente definida en plano y sus atributos temáticos asociados. Es decir, tiene que trabajar con cartografía y con bases de datos a la vez, uniendo ambas partes y constituyendo con todo ello una sola base de datos geográfica.

Esta capacidad de asociación de bases de datos temáticas junto con la descripción espacial precisa de objetos geográficos y las relaciones entre los mismos (topología) es lo que diferencia a un SIG de otros sistemas informáticos de gestión de información.

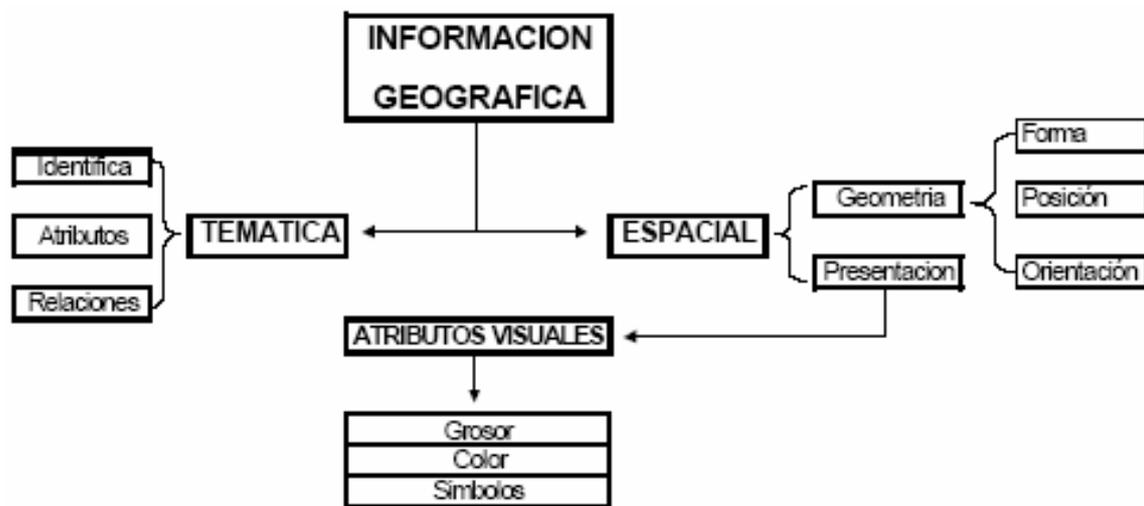


Figura 6: Tipos de Información Geográfica

La construcción e implementación de un SIG en cualquier organización es una tarea siempre progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios anteriores a la implantación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información; sin embargo, en los SIG hay que considerar las características especiales de los datos utilizados y sus correspondientes procesos de actualización.

Es indiscutible que los datos son el principal activo de cualquier sistema de información. Por ello el éxito y la eficacia de un SIG se miden por el tipo, la calidad y vigencia de los datos con los que opera.

Los esfuerzos y la inversión necesaria para crear las bases de datos y tener un SIG eficiente y funcional no son pequeños, aunque tampoco significa una

gran inversión. Es un esfuerzo permanente por ampliar y mejorar los datos almacenados, utilizando las herramientas más eficientes para tal propósito.

La información geográfica contiene una referencia territorial explícita como latitud y longitud o una referencia implícita como domicilio o código postal. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas mediante geocodificación.

- "La cobertura de tierras de coordenadas 4587250, 6875261 tiene un valor 8 en el archivo de datos", es un dato.

- "Las coberturas de tierras con valor 8 son de pendientes muy elevadas para desarrollo", es información.

Los datos: son registros de los atributos o propiedades de los fenómenos o los objetos que ocurren en la realidad a una escala espacio-temporal.

Datos + Proceso = Información

El usuario puede entrar datos en un SIG y obtener información. La información que el usuario desea derivar determina el tipo de datos que deben usarse en la entrada. Por ejemplo, si se está observando un lugar para situar un refugio apropiado para las águilas, los datos del código postal probablemente no se necesiten, mientras que los datos de cobertura terrestre pueden ser útiles.

El propósito principal de un SIG es convertir datos geográficos en información útil.

Al ingresar datos, se reúnen dentro de una base de datos las capas de datos necesarias. En la fase de análisis, estas capas son combinadas y manipuladas en cierto orden para crear nuevas capas para luego extraer información útil de ellas

NORMALIZACIÓN EN EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN

Uno de los obstáculos más importante en implementación de SIG es la falta de una red organizada para la distribución de datos espaciales y la falta de un formato estándar en los datos. Las agencias gubernamentales de un país pueden ser las que mejor están organizadas para obtener las capas de datos espaciales más básicas y posiblemente sin ningún costo adicional alguno. Aun,

muchas de estas agencias no tienen los recursos adecuados, la tecnología apropiada o la suficiente voluntad para distribuir efectivamente y gratuitamente sus datos.

Sin embargo, existen varios esfuerzos para distribuir bases de datos espaciales que podrían servir como modelo para otros. Internet (World wide web) se ha convertido en uno de los esfuerzos mas importantes a escala mundial para ofrecer ese tipo de información. Hay varios sitios en la Red que se han convertidos en los centros de conexión a los depositarios de información geográfica y que incluso cuentan con la herramienta de SIG disponible al público.

ORIGEN DE DATOS - MODELOS RÁSTER - VECTOR

Una de las particularidades dentro de los SIG reside en su capacidad de manejar los datos de diferentes tipos (Imágenes de satélite, fotografías aéreas, vectores topológicos, datos de terreno, sonidos, datos textuales, etc.).

Los datos son uno de los componentes más importantes de los SIG, puesto que sin ellos el sistema no podría realizar todas sus tareas o no proporcionaría la información correcta o actualizada.

Los datos son los más difíciles de adquirir, pues se requiere de largos y costosos procesos de fotogrametría, digitalización de mapas etc.

En el mundo de los sistemas de Información geográfica existen dos aproximaciones básicas a la cuestión de cómo modelizar el espacio, de los que resultan dos Modelos de Datos: Celular o ráster y Vectorial.

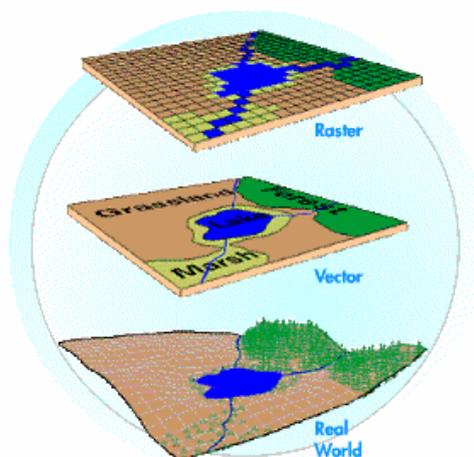


Figura 7: Abstracción de la Realidad

FORMATO RASTER (CELULAR)

El modelo ráster representa los datos de tipo gráficos por medio de una matriz de celdas o retículas de igual tamaño, El elemento menor indivisible es la celda (píxel en el caso de imágenes). Cada celda tiene definidas sus propiedades individuales pero su forma se mantiene generalmente cuadrada. A niveles gruesos de resolución los polígonos parecen formados por bloques y las líneas o curvas se ven como escaleras. A niveles más finos de resolución un ráster se parece bastante a un mapa pero los requerimientos de almacenamiento de datos se incrementan exponencialmente.

El número de celdas que conforman la malla en ambas direcciones define la resolución, siendo mejor cuando se tengan más celdas.

Un conjunto de celdas de igual valor se llama Zona.

Un conjunto de zonas se llama Clase.

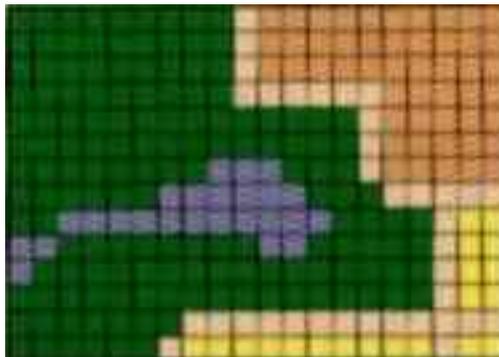


Figura 8: Datos Ráster

Los datos en formato ráster son muy simples y su consumo de memoria es proporcional sólo al tamaño de la matriz y no a la diversidad y distribución de los datos dentro de ella, lo que lo hace adecuado para representar características que varían suavemente en el espacio, como ocurren con las fotos digitalizadas, mapas de relieve, etc. Por otro lado, no son aptos para la manipulación pues pierden definición con las rotaciones o cambios de escala.

El modelo ráster cubre la totalidad del espacio. Este hecho supone una ventaja fundamental ya que puede obtenerse valores de forma inmediata para cualquier punto del espacio.

Los sistemas basados en ráster definen las relaciones espaciales entre variables más claramente que los basados en vectores, pero la inferior resolución por causa de la estructura celular reduce la exactitud espacial.

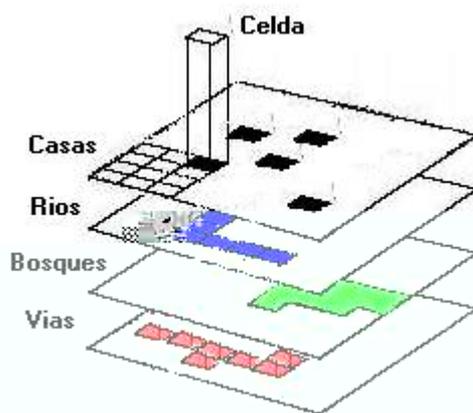


Figura 9: Celda Ráster en varias capas de información. Ej. Imagen de satélite.

En ráster la unidad es la celda. Un conjunto de celdas se denomina Tessela.

El formato ráster se obtiene cuando se "digitaliza" un mapa o una fotografía o cuando se obtienen imágenes digitales capturadas por satélites. En ambos casos se obtiene un archivo digital de esa información.

CODIFICACION RASTER

En un modelo ráster, el origen para la numeración de celdas es la esquina superior izquierda de la imagen.

Con la rasterización se asignan códigos a las celdas según tres tipos de muestreo:

1. Modal (lo más representativo en la celda)
2. Punto medio: (lo que represente el punto central de celda)
3. Lógico (si una entidad en cuestión aparece o no).

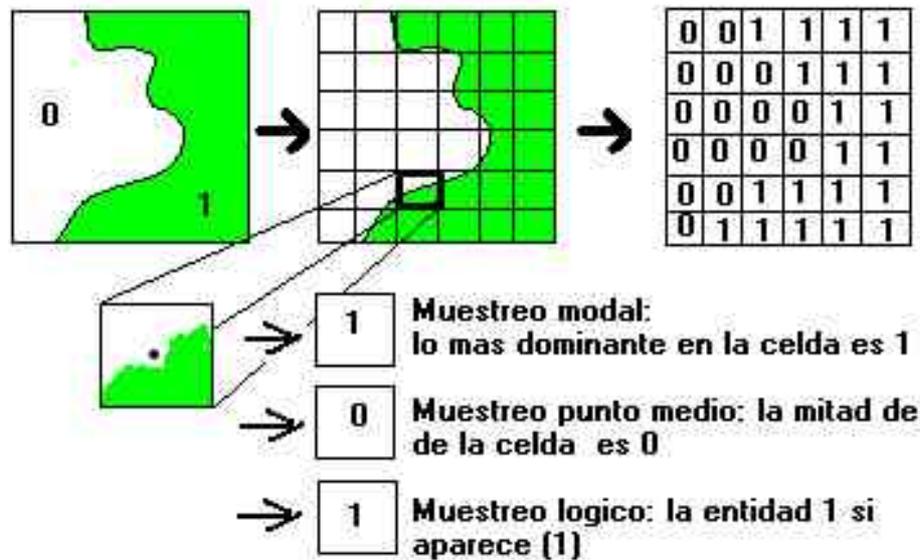


Figura 10: Codificación Ráster

ALMACENAMIENTO RASTER

Las celdas pueden tomar un valor entero (variables discretas) o reales (variables continuas). También puede haber celdas con valor nulo o desconocido (No data).

Una capa ráster es simplemente una lista de números sin ninguna georreferenciación explícita. Se necesita, por tanto, cierta información sobre esta matriz que permita al programa y al usuario ubicarla en el espacio, leer sus valores y entender su significado. Esta información incluye:

- Número de columnas (nc)
- Número de filas (nf)
- Coordenadas de las esquinas de la capa (e, w, s, n)
- Resolución o tamaño de píxel en latitud (nsres) o en longitud (ewres)

Hay una serie de convenciones acerca de la forma de representación. Así la primera columna en una capa ráster es la de la izquierda, mientras que la primera fila será la superior aumentando hacia abajo:

El número de celdas es $nc \times nf$.

Normalmente nsres y ewres son constantes y van a tener el mismo valor. En algunos casos no es así, por ejemplo en el caso de imágenes de satélite de baja resolución que se ven afectadas por la curvatura de la Tierra.

Los valores de las celdas se pueden almacenar en espacios de memoria
 La captura de la información en este formato se hace mediante los siguientes medios: scanners, imágenes de satélite, fotografía aérea, cámaras de video entre otros.

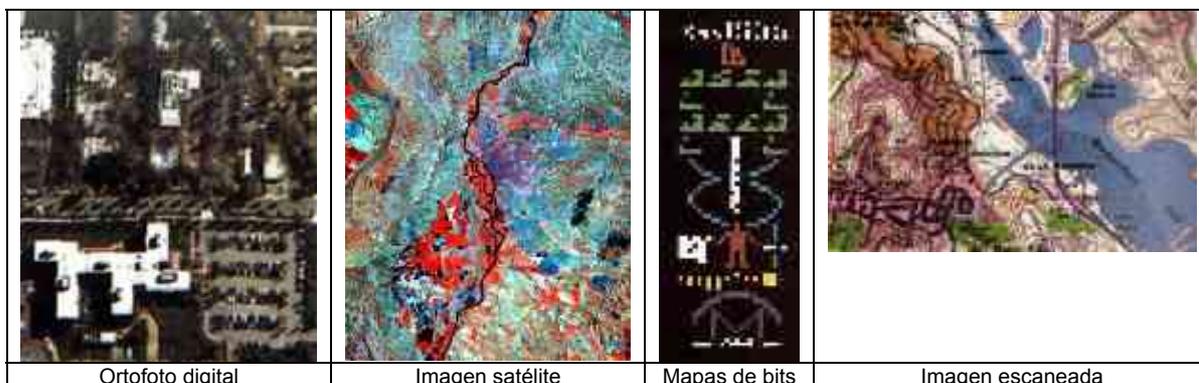


Figura 11: Fuentes de datos ráster

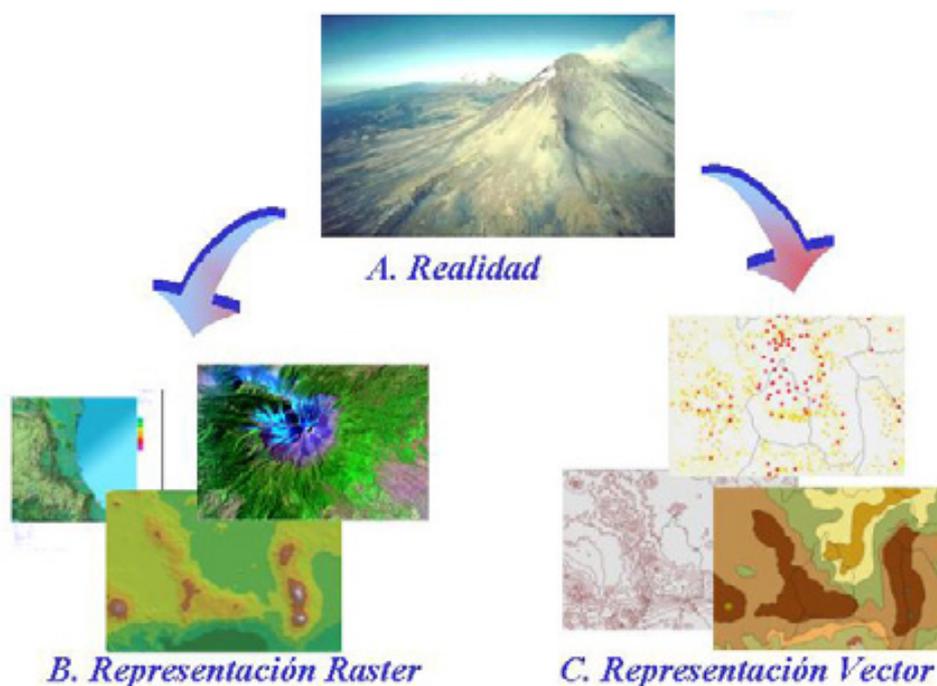


Figura12: Modelo de datos Ráster y Vectorial

FORMATO VECTORIAL

Los datos de vectores son una traducción más aproximada al mapa original. Estos sistemas refieren toda la información como puntos, rayas o polígonos y asignan un conjunto único de coordenadas X, Y a cada atributo.

Al inicio de cada elemento se encuentra un nodo, las líneas son definidas por dos nodos y las curvas por dos nodos y un vértice (punto) de inflexión. Los elementos pueden tener propiedades individuales contenidas en si mismos o por medio de una base de datos relacional. Este sistema es más eficiente para el almacenamiento de datos. También su uso en cartografía es preferible, ya que se mantiene la figura real del elemento

Las “Entidades” geográficas, son representadas por medio de “objetos”. Ej. Un lago (Entidad), se representa en un SIG mediante un Polígono, (Objeto). Las formas de representar las entidades varía en función de la Escala, así una ciudad, se grafica con un “Polígono” a escala 1: 20000, y como un “Punto” a escalas 1:1.000.000.

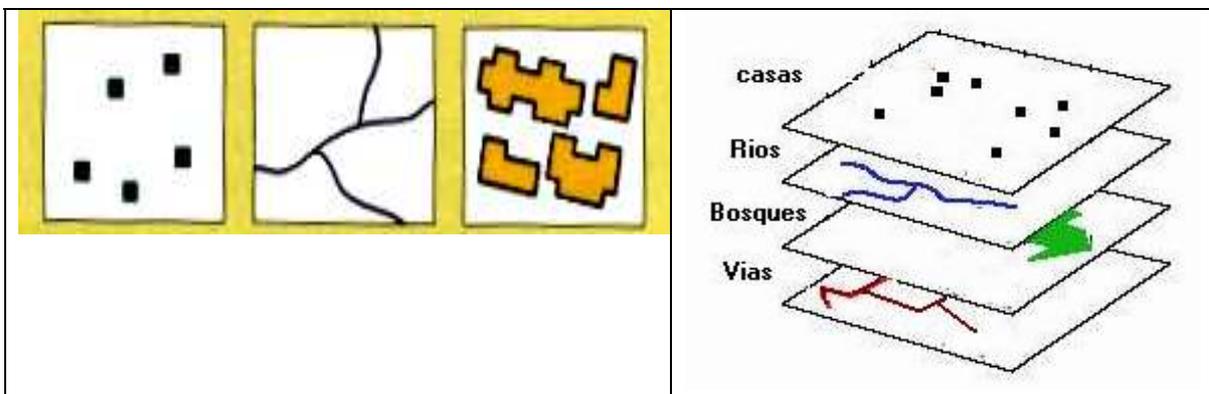


Figura 13: Datos Vectoriales y su representación

En el modelo vector las unidades son el punto, la línea y el polígono

El modelo vector es extremadamente útil para describir características discretas, además ocupa muy poco espacio de almacenamiento ya que la información entre dos pares de coordenadas se obtiene por interpolación.

La cantidad de memoria consumida es proporcional a la cantidad y complejidad de las entidades con que se trabajen; por ejemplo, la codificación de una curva requiere más memoria que una línea recta.

Los modelos vectoriales son utilizados con datos que poseen zonas bien diferenciadas o que pueden representarse con cierto grado de discretización mediante la identificación de polígonos que encierran áreas donde los valores representados se encuentran en un intervalo establecido.

Este formato resulta especialmente adecuado para la representación de objetos geométricos reales (carreteras, ríos, polígonos de usos del suelo).

Resulta fácil saber lo que hay en cada punto del territorio en un formato ráster pero no en un formato vectorial. Este hecho implica que los algoritmos utilizados para las operaciones de álgebra de mapas son completamente diferentes.

En general las operaciones son más difíciles y exigen mayor tiempo de computación para el formato vectorial.

Existen dos sub-modelos lógicos dentro del formato vectorial:

1. el modelo arco-nodo, es el formato utilizado por Arcinfo hasta la versión 8. Adecuado cuando los recursos informáticos son escasos para las tareas que se quiere ejecutar, sin embargo ralentiza o imposibilita algunas operaciones de análisis espacial. Cada línea se codifica una sola vez y los polígonos se construyen mediante la yuxtaposición de líneas

2. el modelo orientado a objetos, aparece en Arcinfo 8. soportado por algunos programas de análisis espacial

En el formato vectorial, además de codificar la posición de los objetos, necesitamos establecer las relaciones topológicas entre los mismos, especialmente en lo que se refiere a los mapas de polígonos.

Finalmente hay que tener en cuenta la necesidad de incorporar la información espacial o no espacial no extraíble directamente de la localización. Para ello se utiliza una base de datos temática asociada en las que una de las columnas corresponde al identificador de los objetos representados. En algunos casos se incluye información derivada de la localización (área, perímetro) en esta tabla para utilizarla en operaciones matemáticas junto con el resto de las variables. A este modo de trabajo se le llama modelo georelacional.

Entre las ventajas del modelo vectorial está la fácil manipulación, como ser rotaciones y cambios de escala sin distorsión, a la que se pueden someter dada la precisión con la que se almacenan las coordenadas. También permite que

se preste mayor atención a las zonas que lo requieran sin que esto afecte las entidades y a la cantidad de memoria consumida para el resto del área representada.

Generalmente, los programas de cómputo del sistema vector tienen capacidad para ampliar una pequeña porción del mapa y mostrar mayor detalle, o para reducir una área y mostrarla en el contexto regional. Los datos de vectores pueden ofrecer gran número de opciones posibles para una más fácil sobreposición de transparencias con estratos de datos. El modelo de vectores presenta las áreas graficadas de manera más exacta que un sistema ráster pero, porque cada estrato está definido de manera singular, es considerablemente más difícil analizar la información de diferentes estratos.

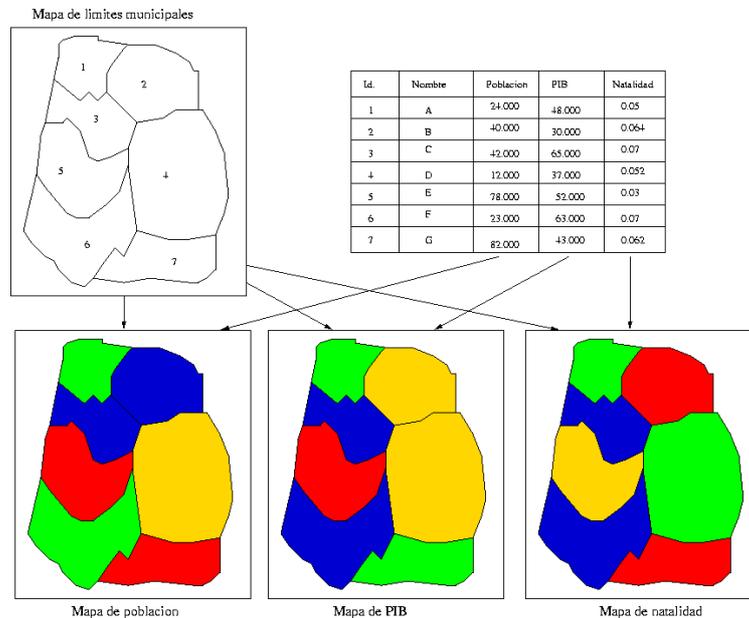


Figura 14: Modelo vectorial

La captura de la información en el formato vectorial se hace por medio de: mesas digitalizadoras, convertidores de formato ráster a formato vectorial, sistemas de geoposicionamiento global (GPS), entrada de datos alfanumérica, entre otros.

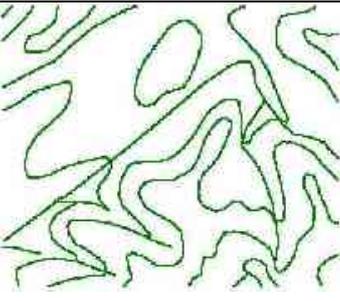
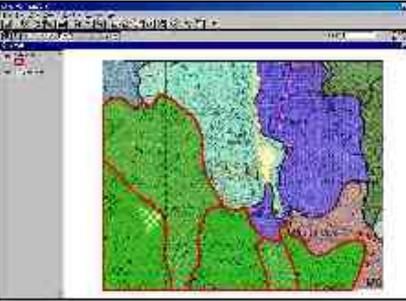
		
<p>DIGITALIZACION VECTORIAL</p>	<p>Vectorización automática Algunos programas facilitan el trazo automático de vectores sobre imágenes de alta resolución.</p>	<p>Vectorización manual sobre pantalla Se vectoriza manualmente sobre una imagen digital de alta resolución del mapa previamente arreglada y georreferenciada.</p>

Figura 15: Fuentes de datos vectoriales

COMPARACION MODELOS VECTOR VS RASTER

Tabla 1: Formato ráster ventajas- desventajas

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Buena similitud de las formas. Cálculo mas preciso de áreas, perímetros y longitudes. Análisis de redes más consistentes Se pueden adaptar bajo bases de datos orientadas a objetos Estructura más simple Asimilación más directa a datos de sensores remotos Operaciones de superposición más sencillas Análisis espaciales como distribución, densidad y de superficie, mas eficientes. la unidad espacial conserva la misma forma y tamaño de modo que se facilitan las simulaciones Útil para análisis de grandes extensiones con baja precisión de propiedades espaciales.</p>	<p>Estructura más compleja Las superposiciones exigen más verificación de errores y pueden ser más lentas La diferente topología de las unidades espaciales dificulta los ejercicios de simulación Alto nivel de error en estimaciones de área, perímetro y longitud Gran espacio de almacenamiento a medida que aumenta la resolución Desperdicio de espacio de almacenamiento para datos espaciales muy esparcidos Análisis de redes muy complejos y menos consistentes Transformación de coordenadas menos eficiente</p>

Cada sistema tiene sus ventajas y desventajas el uso de uno u otro cada día es menos relevante ya que la mayoría de los programas tienen convertidores muy eficientes entre ambos sistemas

La selección de un SIG basado en ráster o en vectores depende de las necesidades del usuario.

Los sistemas de vector, sin embargo, demandan operadores altamente capacitados y también pueden requerir más tiempo y equipos más costosos, particularmente para los procedimientos de producción. Los programas de

cómputo SIG basados en vectores, son también más complejos que aquellos para sistemas ráster y deben ser controlados durante su uso en todos los casos. Depende del planificador, o de quien toma las decisiones, escoger cual sistema es el más apropiado.

TIPOS DE VARIABLES

En Ciencias de la Tierra se maneja un gran número de datos de origen y naturaleza muy diferente. Independientemente de que se trate de variables regionalizadas o de variables espaciales o no espaciales asociadas a un objeto, pueden distinguirse cuatro tipos de variables:

- Binomiales. Sólo tienen dos valores, suelen indicar presencia/ausencia o pertenencia/no pertenencia.
- Cualitativas o nominales. Indican una cualidad no mensurable. Por ejemplo la litología, tipos de suelo, etc.
- Semicuantitativas u ordinales. Se trata de variables cualitativas pero que pueden ordenarse atendiendo a algún criterio. Por ejemplo el número de orden de los cauces, o el tipo de carretera a la que pertenezca un tramo de la red, tipos de roca ordenados por su erosionabilidad.
- Cuantitativas: Son variables mensurables que pueden adoptar cualquier valor, variables continuas (altitud o temperatura) o sólo determinados valores, discretos (p.ej. número de cauces de un determinado orden). Una variable continua puede convertirse en discreta por su forma de medirse y registrarse.

En algunos casos pueden existir transformaciones de unos tipos de variables a otros. Por ejemplo a partir de varios mapas de propiedades del suelo (cuantitativo continuo), puede construirse por reclasificación un mapa de tipos de suelo (cualitativo). A la inversa, de una mapa de una variable cualitativa (tipo de suelo) puede extraerse un mapa de porosidad, asignando a cada punto el valor medio de su tipo de suelo o un valor obtenido a partir de dicho valor medio y algún procedimiento que tome en consideración la variabilidad espacial de la porosidad

DATOS GEOGRÁFICOS - NO GEOGRÁFICOS

- Datos geográficos (o espaciales).
- Datos no geográficos (o alfanuméricos).

Datos Geográficos

Es información sobre la superficie de la tierra y los objetos que se encuentran en ella.

La localización geográfica o posición de los objetos en el espacio, se expresa mediante un sistema de coordenadas, que debe ser el mismo para todas las capas con la que se representa el área de estudio.

Los datos geográficos representan la información necesaria para la presentación de la imagen cartográfica.

- Existen también dos tipos de variables geográficas –

– Datos Discretos: Sólo admiten un valor entero. Por ej. 1550 habitantes

Es el tipo de dato que se constituye por elementos separados unos de otros o individualmente distintos. Se representan mediante el modelo vectorial en forma de puntos, líneas, o polígonos.

– Datos Continuos: Admiten cualquier valor dentro de un rango. Por ej. altitud 2345.6 m

Se representan mediante la agrupación de celdas que tratan de imitar este tipo de datos. En realidad cada celda tiene un valor separado. La variable más común que se representa de esta manera es la elevación, pero pueden ser muchas más como por ejemplo, precipitación, temperatura, niveles de acidez en el suelo, etc. Los programas ráster trabajan este tipo de representación de datos.

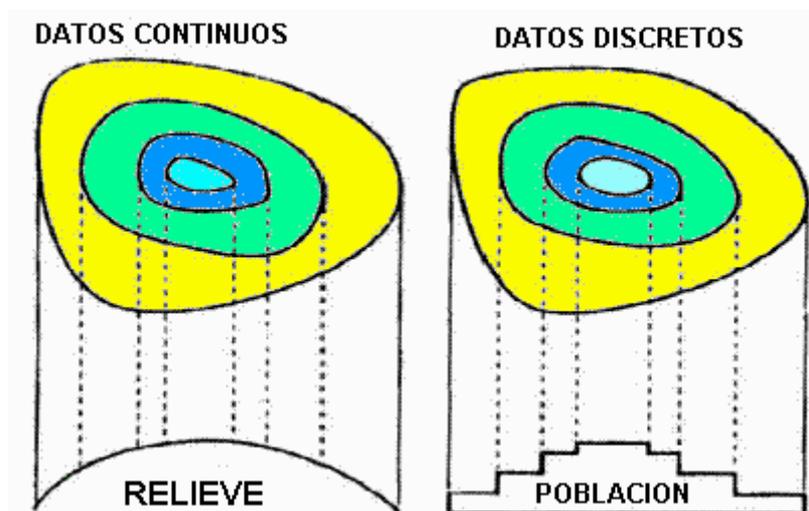


Figura 16: Datos Continuos y Discretos

Datos No Geográficos

Representan los datos alfanuméricos que son los atributos de los datos geográficos o los datos de tipo sonido o de tipo imagen.

Están normalmente constituidos de cifras y de letras, son tratados en general con la ayuda de un manejador de base de datos alfanuméricos y están enlazadas con los datos geográficos con la ayuda de identificadores comunes o con la ayuda de los mecanismos propios del SIG.

Los atributos son definidos generalmente como información adicional, que se puede entonces asociar a los datos espaciales.

Es la asociación de estos dos tipos de datos que permite a un SIG ser una herramienta tan eficaz para la solución de problemas.

DATOS ANÁLOGOS – DIGITALES

Los datos geográficos normalmente están disponibles en dos formas:

- **Datos Análogos:** son un producto físico que muestra información visualmente, como por ejemplo un mapa impreso en soporte papel, una fotografía aérea en negativo o positivo.
- **Datos Digitales:** es información que puede leer una computadora, como las transmisiones de una mesa digitalizadora, una imagen de satélite almacenada en disco rígido, los datos provenientes de un receptor GPS etc.

Existen diversas fuentes de datos digitales: Datos de estaciones meteorológicas, mapas, fotografías aéreas “escaneadas”, imágenes satelitales y receptores GPS.

La captura de datos es la primera etapa y la que más tiempo consume en un proyecto SIG.

CAPTURA DE DATOS

Es el procedimiento mediante el cual se codifican los datos geográficos de tal manera que puedan ser legibles por una computadora y ser almacenados en las bases de datos de un SIG.

Puede implicar la conversión de datos desde otros sistemas de cómputo.

La entrada de datos es eficiente si los datos han sido supervisados para garantizar su exactitud, y si los mismos sirven a los objetivos de su aplicación.

La entrada de datos implica establecer una relación coherente entre los datos espaciales y sus atributos (es decir, los atributos deben estar lógicamente ligados a las entidades que describen).

Este proceso es uno de los mayores cuellos de botella en la implementación de un SIG, su costo puede ser hasta 10 veces el de los equipos y programas.

FUENTES DE DATOS GEOGRÁFICOS.

La captura de datos es el proceso que se usa para ingresar información al sistema. Para crear datos geográficos se puede utilizar una gran variedad de fuentes.

1. Compilación Fotogramétrica
2. Digitalización manual
3. Exploración (Escaneo) de Mapas
4. Entrada Tabular de Datos

1. COMPILACIÓN FOTOGRAMÉTRICA

Las fotografías aéreas son la principal fuente utilizada en el proceso de la compilación de datos a escala grande 1/10000 y mayores.

Al trabajar en forma Analógica, es decir con las fotografías en soporte papel, el proceso implica el uso de equipos especializados (estereoscopios, estereorestituidor etc.), para proyectar las fotografías sobrepuestas, de manera que una persona pueda ver una imagen tridimensional del terreno.

Sin embargo la tendencia tecnológica actual en fotogrametría es hacia un mayor uso de los procedimientos digitales para la compilación de datos.

Existen numerosas aplicaciones comerciales que realizan este tipo de análisis.

Las capacidades de obtención de información a partir de las fotografías aéreas, no sólo se limitan a interpretar digital o visualmente elementos, sino que a través de herramientas de geoprocésamiento digital, es posible obtener pares estereoscópicos. Con lo anterior se abren las puertas para la generación de cartografía de lugares que por alguna u otra razón no cuentan aún con ella.

La Producción Cartográfica a partir de imágenes fotográficas, requiere la incorporación a estas de las características métricas de los mapas.

La imagen corregida, carecerá de conformidad cartográfica hasta no haber corregido los desplazamientos debidos al relieve, mediante la georeferenciación (Pinilla Ruiz, 1995).

Luego a partir de la información topográfica obtenida a partir de fotografías aéreas verticales pueden generarse mapas de pendiente, de exposición, ipsométricos, etc.

2. DIGITALIZACIÓN MANUAL

HARDWARE: Para enfrentar un proceso de digitalización es necesario contar con un buen equipo informático que responda a los requerimientos del software a utilizar.

ALMACENAMIENTO: Un aspecto importante de las imágenes aéreas es su considerable tamaño, por lo cual hay que prever contar con suficiente espacio de almacenamiento ya sea en disco rígido, DVD-RAM o cualquier otro medio.

MEMORIA RAM: La mayoría de las aplicaciones SIG requieren de grandes cantidades de memoria para poder trabajar más cómodamente con los extensos archivos gráficos.

MONITOR: Es recomendable para el trabajo cartográfico disponer de un monitor de grandes dimensiones, mayor a 19 pulgadas, para poder tener un área de visualización más amplia. El hecho de poder contener mayor cantidad de píxeles tanto horizontal como verticalmente permitirá mostrar mayor información gráfica.

TABLETAS DIGITALIZADORAS: Implica un procedimiento absolutamente manual, donde el operador coloca una carta sobre la mesa y, a través del uso de un puntero electrónico, recorre cada uno de los trazos a digitalizar marcando puntos (se debe presionar un botón en el puntero) lo más próximo posible de tal forma que cuando estos puntos se unan imaginariamente representen con precisión el trazo original. Este procedimiento permite altos niveles de precisión y requiere de menores esfuerzos de limpieza.

Un tablero digitalizador de dimensiones adecuadas es un buen complemento. En la digitalización siempre es ventajoso trabajar con documentos completos, por lo que la opción de un tablero cuya área activa sea al menos de tamaño DIN A0 es la más recomendable. Asimismo, resulta conveniente el uso de un cursor de 16 botones ya que una buena parte de las órdenes de digitalización pueden ser asignadas a los mismos, ahorrando tiempo y facilitando el proceso al operador.

La digitalización manual a partir de los mapas topográficos es el método más empleado en la actualidad. El proceso de digitalización manual es lento, pero si el personal está suficientemente capacitado los errores pueden ser escasos. Por otra parte, el método puede ser el más eficaz para la digitalización de cartografía compleja ya que se utiliza la capacidad de análisis del operador y la toma de decisiones es flexible y adaptable a las circunstancias de cada caso.

SOFTWARE: El uso de programas específicos para la digitalización obliga generalmente a usar formatos de almacenamiento especiales, adaptados al manejo de la información gráfica. Estos formatos son raramente utilizables de forma directa por los programas SIG, por lo que se hace necesario prever un método de conversión que permita transferir los ficheros con una pérdida mínima de información.

Los procesos de transferencia de datos entre formatos propietarios pueden suponer un problema no trivial y que exige una inversión de tiempo y dinero a veces muy elevada.

Proceso Previo a la Digitalización

La elección de un mapa adecuado es importante para reducir los errores del proceso, especialmente los debidos a las distorsiones físicas del soporte sobre el que está impreso. Las copias sobre papel sólo deben utilizarse si no existe otra alternativa (o en el caso poco frecuente de que la precisión no sea demasiado importante) ya que tienden a deformarse con los cambios de temperatura y humedad.

En la digitalización de un mapa topográfico deben observarse una serie de etapas que facilitarán aspectos prácticos del trabajo:

Deben usarse mapas en buen estado, ya que la precisión del trabajo depende de la calidad del documento original. Deben evitarse los mapas doblados, sucios o con las líneas mal representadas.

La referencia espacial del mapa debe registrarse con precisión mediante al menos dos puntos de control localizados en la periferia del área a digitalizar, con la máxima separación posible en el plano xy. El primer paso de una sesión de digitalización es la calibración del tablero mediante estos puntos de control, con lo que se garantiza una buena superposición a lo largo de las sesiones de trabajo.

Es ventajoso que los puntos de control se definan directamente mediante sus coordenadas en un sistema de proyección geográfica, por ejemplo UTM. De esta forma, el modelo estará georreferenciado desde un principio.

Preparado de mapas para digitalización

Preparar el mapa para digitalización es un procedimiento que mejora la automatización de datos y contribuye a mantener la consistencia en los datos.

Utilice papel de seguridad. El papel de seguridad es un material dimensionalmente estable que puede ser usado para mapas base en un largo periodo de tiempo con un mínimo de estiramiento o arrugue del papel.

Extienda manualmente los arcos para asegurar que los datos serán digitalizados completamente en el área de estudio, esto permitirá mas tarde cortar los datos usando un polígono de la cobertura maestra.

Marque claramente los inicios y paradas a lo largo de los arcos para determinar precisamente donde estarán los nodos y asegurar que los arcos estén conectados y con los atributos correctos.

Coloque puntos al interior de los polígonos y numérelos para así asociar atributos de una manera fácil a cada uno de ellos.

Digitalización en unidades de la mesa o en coordenadas reales

La localización de coordenadas de la cobertura puede ser capturada en unidades de la mesa o en coordenadas reales. Las coordenadas de la cobertura son determinadas por las coordenadas de los TICs (puntos de control).

Digitalizar en el sistema de coordenada de la mesa: Si los TICs son asignados en el sistema de coordenadas de la mesa digitalizadora, es necesario ejecutar una transformación a coordenadas reales después de terminar la digitalización.

Digitalizar en coordenadas reales: En los TICs asignados en coordenadas reales, la transformación toma lugar automáticamente cuando los datos son entrados. Las ventajas de este método son:

Da al usuario la posibilidad de digitalizar nuevas coberturas, usando otra cobertura como referencia en el mismo sistema de coordenadas.

Una cobertura maestra de TICs puede ser creada para el proyecto y los TICs pueden ser copiados a cada nueva cobertura que se vaya a digitalizar.

Preparando un formato de codificación para asignar atributos

Un formato de codificación estandarizado en todo el proceso es fundamental para la automatización de datos. Permite tener un registro de los elementos identificados durante la automatización de datos por los IDs. Los atributos serán asignados posteriormente y adicionados a la tabla de atributos.

A menudo, una persona digitaliza los datos espaciales desde un mapa base para crear una cobertura, mientras que otra persona es responsable de entrar los datos de atributos. Sin un formato de codificación, la persona que entra los datos de atributos tendría que estar volviendo al mapa, u otra fuente, para asociar los atributos al elemento geográfico apropiado. Formatos de codificación hacen de la entrada de datos un proceso más eficiente.

Para llevar a cabo la digitalización por lo general se usa una tableta y un cursor de digitalización. Tanto la tableta como el cursor están conectados a una computadora que controla sus funciones. La mayoría de las tabletas de

digitalización vienen en tamaños estándar que se relacionan con los tamaños de los planos de ingeniería. La digitalización implica trazar con una cruz en el cursor de digitalización, las características sobre un mapa montado a la tableta de digitalización, y proporcionar a la computadora instrucciones para que acepte la ubicación y el tipo de característica.

La persona que realiza la digitalización puede ingresar por separado, las características en capas de mapas o anexar un atributo para identificar la característica.

Selección de colores

Los colores usados en un mapa temático pueden o no tener algo que ver con la clase o categoría que se quiere representar.

Para la representación de cuerpos de agua, en general son utilizados tonos de azul.

Cuando en un mapa se presenta información cuantitativa por medio de intervalos o datos ordinales, los rangos superiores o cantidades mayores generalmente son representados por colores oscuros.

Cuando en un mapa se presenta información topográfica, empezando con azules para el agua, verdes para tierras bajas y a partir de allí una rampa de colores conteniendo amarillos, cafés y rojos para las máximas alturas, tal progresión no debe ser usada para series distintas a la serie topográfica.

En mapas de coberturas del suelo se usan amarillos y marrón para los terrenos secos y de escasa vegetación y distintos tonos de verde según la abundancia y exuberancia de la vegetación.

En mapas de temperaturas es frecuente el uso de rojos, naranjas y amarillos para representar temperaturas cálidas, mientras azules, verdes y grises representan temperaturas frías.

El ojo humano puede percibir una amplia gama de colores - normalmente mucho más amplia que la gama de colores asociada a un dispositivo concreto. Cada dispositivo utilizado en un flujo de trabajo digital utiliza un método diferente para procesar los colores. Los colores disponibles para un dispositivo en concreto se conocen como la gama de color.

Existen diferentes métodos para especificar la definición de colores.

Aunque ninguno de los modelos puede ser considerado mejor que otro, algunos

de ellos son considerados más apropiados para la visualización de una aplicación particular.

RGB

El modelo de colores RGB (Red, Green, Blue – Rojo, Verde, Azul) es el más conocido por ser el modelo utilizado para el despliegue de los colores en un monitor de computador. Este modelo utiliza un proceso aditivo, distintos tonos o brillos de rojo, verde y azul son combinados simultáneamente para la producción de un determinado color. Los escáners crean representaciones digitales de los colores midiendo sus componentes de rojo, verde y azul a través de filtros de color. Las cámaras digitales contienen elementos sensibles a las diferentes longitudes de onda de la luz.

CMY

El modelo CMY (Cyan, Magenta, Yellow – Cian, Magenta, Amarillo) o el modelo CMYK(Cyan, Magenta, Yellow, Black – Cian, Magenta, Amarillo, Negro) son modelos comúnmente usados para impresiones y publicaciones, por cuanto dichos modelos permiten representar los distintos colores necesarios para generar cualquier color sobre una página en blanco. Estos modelos representan procesos sustractivos.

Método de digitalización

La digitalización de los elementos lineales puede realizarse de dos modos:

Punto a punto: los puntos se registran cada vez que el operador pulsa el cursor.

Incremental: los puntos se envían automáticamente cada vez que el cursor se separa una cierta distancia del punto anterior.

Existen opiniones diversas respecto a la conveniencia de adoptar uno u otro método. En el modo incremental el operador no sabe exactamente qué punto va a ser registrado por lo que debe mantener una atención constante al mover el cursor sobre la curva de nivel. Asimismo la corrección de errores es más dificultosa. En el modo punto a punto, la atención prestada al movimiento del cursor entre punto y punto no es un factor importante; de esta forma, el operador

puede concentrarse en la selección de los elementos significativos y en la colocación exacta del cursor sobre éstos.

Errores en la Digitalización Manual

Los errores pueden ser de dos tipos:

- cartográficos (error en la localización de elementos)
- atributivos (error en el atributo cartografiado).

Errores Cartográficos:

- Errores debido a los mapas: La calidad de los mapas originales puede ser un problema importante cuando no ha existido un control de calidad suficiente, especialmente en la precisión altimétrica, La deformación del mapa topográfico debido a cambios dimensionales provoca errores globales que afectan a la totalidad de los datos del modelo. Cuando los datos van a usarse en procesos de análisis y modelización es aconsejable realizar un estricto control de las dimensiones del problema desde el primer momento.
- Errores de generalización: Los errores de generalización surgen de la reducción de una línea curva a otra compuesta por pequeños segmentos rectilíneos entre los puntos digitalizados. El error de generalización tiende a reducirse cuando el número de puntos aumenta y se incrementa generalmente con la complejidad de la línea. Debido a la naturaleza fractal del terreno, el proceso de generalización es inevitable a cualquier escala de trabajo pero su magnitud puede limitarse mediante una selección correcta de los puntos rectilíneos críticos en la digitalización.

Errores Atributivos

- Errores de altitud: El método más sencillo para la localización de errores en los valores de altitud se basa en el cálculo de las diferencias de altitud entre el punto problema y sus vecinos. Estas diferencias se comparan con un valor máximo, decidido previamente en función de los valores previsibles de pendiente en la zona.

- Errores de datos: Un base de datos con información geofísica puede almacenar cualquier tipo de información que el SIG permita tratar y a través de la cual el sistema brindará los datos almacenados o calculará la información solicitada en base a los datos con los que cuenta. Por este motivo es de suma importancia contar con datos confiables.

3. ESCANEADO DE MAPAS

Los sistemas de barrido (escaneo) óptico capturan automáticamente las características, texto y símbolos del mapa como celdas o píxeles individuales y crean un producto en formato de cuadrícula (ráster).

El resultado del escaneo son archivos de ordenador almacenados normalmente en uno de los diversos formatos del tipo gráfico.

Dentro de estos tipos de formatos los hay “con” y “sin” compresión.

A su vez tendremos que tener en cuenta el método de compresión utilizado, ya que este limitará el uso posterior que se le dé a la imagen.

Los dos formatos gráficos mas extendidos en la actualidad son *.TIF y *.JPG.

El formato *.tif es un formato sin compresión por lo que los valores de archivo almacenados provienen del valor de reflectancia de la foto “Sin Cambios”.

El formato JPG es el más extendido, pero modifica el valor de los píxeles almacenados ya que estos son promediados en función de los píxeles circundantes, lo que limita su uso, como por ejemplo como cuando las fotografías se utilizan en clasificaciones digitales, índices o en cualquier aplicación que dependa del valor del píxel o numero Digital.

Una diferencia muy importante es también el tamaño del archivo o “Peso”, los tamaños para los formatos comprimidos son siempre inferiores, dependiendo del tipo de cobertura y del método de compresión utilizado.

Para crear una base de datos SIG a partir de un mapa escaneado, se requerirá vectorizar los datos ráster y capturar los datos de los atributos vectoriales, a través de un software vectorizador.

Los sistemas de barrido (Scanners) y el software vectorizador son cada vez más sofisticados, con cierta capacidad para interpretar símbolos gráficos y texto, y guardar esta información en bases de datos.

Ejemplo de este tipo de software tenemos:

Software del tipo Ráster a Vector ejemplo R2V, Wintopo.

Estos convierten la información ráster provenientes de mapas “escaneados” y fotografías aéreas en base papel a vectores, líneas y polígonos, con extensión Shp, Dxf y ArcInfo principalmente.

Digitalización Manual vs. Escaneo

El escaneado ha sido adoptado por muchas organizaciones como el principal método de entrada de datos espaciales. La entrada de datos usando un scanner es más rápida que con la digitalización. Los mapas normalmente deben ser redibujados antes de ser escaneados. Esto es considerado una desventaja; sin embargo, el redibujo a menudo también es necesario en la digitalización. Algunos estudios han mostrado que incluyendo el tiempo de preparación del mapa se pueden reducir los costos hasta en un 50%, las razones son:

El redibujo no es hecho en computador y no se necesita personal calificado.

El escaneamiento trabaja mejor con mapas limpios, simples y que no contienen información extraña, tales como textos o símbolos gráficos.

4. ENTRADA TABULAR DE DATOS

Algunos de los datos tabulares de los atributos que normalmente están en una base de datos SIG, existen en los mapas como anotaciones, o se pueden encontrar en archivos en papel.

La información de estas fuentes se tiene que convertir a una forma digital por medio de su entrada mediante el teclado.

Los componentes de los datos geográficos son: los datos espaciales (gráficos) y los datos tabulares descriptivos, este concepto se aplica a modelos de datos espaciales. Una capacidad poderosa de un Sistema de Información Geográfica (SIG), permite la liga entre los datos espaciales y los datos tabulares

(descriptivos) logrando así la construcción de relaciones entre ambos. Algunos ejemplos:

- La ubicación de una especie de fauna (dato espacial) y su nombre (dato tabular).
- La ubicación de un tipo de suelo (dato espacial) y sus características (dato tabular).
- La localización de un área abierta (dato espacial) y su tipo de vegetación (dato tabular).

Los datos espaciales representan características geográficas asociadas con elementos del mundo real. Las características geográficas son representadas sobre mapas por puntos, líneas y áreas o polígonos.

Los datos tabulares describen aspectos particulares de características geográficas, como son:

- Nombre de una especie
- Tipo de Recursos Naturales
- Características de paisaje
- Tipo de vegetación
- Descripción de un cuerpo de agua

Al asociar ambos tipos de datos, un Sistema de Información Geográfica (SIG), relaciona datos espaciales y atributos.

DESPLIEGUE DE DATOS

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), despliega datos espaciales y tabulares, ambos tipos de datos pueden ser desplegados desde la pantalla de la computadora o bien generar mapas para poder ser enviados a imprimir en impresora o plotter.

Los datos espaciales representan elementos en un (SIG), como puntos, líneas, o áreas. Los puntos, líneas y áreas pueden ser almacenados como layers separados o como temas en una base de datos geográfica. Un layer de puntos puede representar pozos o lugares de vida salvaje, una línea puede representar

ríos o carreteras y un layer que contenga áreas puede representar construcciones, usos de suelo o cuerpos de agua.

Los datos tabulares se presentan como una lista de información descriptiva de los elementos geográficos de un layer. Las características de los elementos geográficos son codificadas en una lista de atributos, estos a su vez pueden estar estructurados en un diccionario de datos, estos almacenan información acerca del significado de los códigos de los atributos descriptivos de los elementos geográficos.

Representación de Objetos geográficos: (SIG orientados a objetos)

Como dijimos anteriormente, las “Entidades” geográficas, son representadas por medio de “objetos”. Ej. Un lago (Entidad), se representa en un SIG mediante un Polígono, (Objeto).

Se dice que un objeto en un SIG es cualquier elemento relativo a la superficie terrestre que tiene tamaño es decir, que presenta una dimensión física (alto - ancho - largo) y una localización espacial o una posición medible en el espacio relativo a la superficie terrestre

Mediante el proceso de modelado de datos, se ordenan los diferentes tipos de información en un rígido sistema de clasificación fundado en las entidades, que:

- son únicas e inconfundibles,
- se definen en términos de los valores de sus propiedades (atributos),
- De sus relaciones con otras entidades (topología),
- Y de los procedimientos matemáticos que la describen como punto, línea o superficie cuando es representada en la pantalla o en el papel.

Tabla 2: Entidades y su representación a través de Objetos

Objetos ----- Entidades	Puntos (0-D)	Líneas (1-D)	Superficies (2-D)	Superficies (3-D)
Naturales	- Árboles aislados - Epicentro de terremotos - Intersección de líneas de falla	- Ríos - Contactos geológicos - Isolinneas (Riesgo de heladas, temperatura media...)	- Zona Forestal - Zona inundada - Clase de suelo	- Altitud - Temperatura - Precipitaciones

Artificiales	- Localización de servicios - Poblados - Postes	- Vías de comunicación (Carreteras, aéreas...) - mediana de las calles	- Divisiones administrativas (Provincia, municipio...) - píxel de una	- Precios del suelo - Densidad de población
--------------	---	---	--	--

Si consideramos la realidad como una yuxtaposición de objetos, cualquier entidad que aparezca en el espacio (casas, carreteras, cordilleras, lagos, etc.) puede modelizarse a la escala adecuada como un objeto geométrico. Pueden ser clasificados por su dimensionalidad en 3 tipos (figura 17):

- Objetos puntuales. Objetos geométricos de dimensión 0, su localización espacial se representa por un par de coordenadas (X,Y).
- Objetos lineales. Objetos geométricos de dimensión 1, su localización espacial se representa como una sucesión de pares de coordenadas llamados vértices, salvo el primero y el último que se denominan nodos (en la figura 17 aparecen en negro).
- Objetos poligonales. Objetos geométricos de dimensión 2. Se representan como una línea cerrada (modelo Orientado a Objetos) o como una sucesión de líneas denominadas arcos (modelo Arco-Nodo).

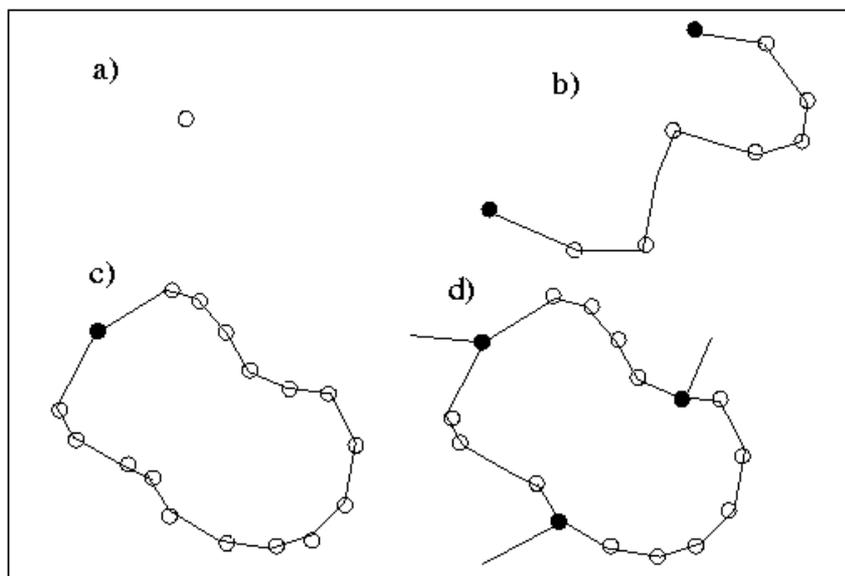


Figura 17: Tipos de objetos en formato vectorial a) Punto, b) línea, c) Polígono en formato OO, d) Polígono en formato Arco-Nodo.

El escoger un tipo u otro para representar determinado objeto dependerá en gran manera de la escala y del tipo de abstracción que se pretenda hacer. Así una ciudad puede ser puntual o poligonal y un cauce fluvial lineal o poligonal. Una ciudad sólo tendrá sentido considerarla poligonal en estudios de planificación urbana. Para casi todas las aplicaciones hidrológicas tiene más sentido representar los cauces como objetos lineales y codificar su anchura y profundidad como propiedades espaciales.

Podemos considerar a priori 6 categorías de información que caracterizan a los diferentes objetos geográficos:

1. **Identificador.** Se trata de una variable cuantitativa que identifica cada objeto dentro de un conjunto de objetos del mismo tipo. El identificador será un valor único y las propiedades de los objetos se almacenarán en una base de datos a la que se accede cada vez que es necesario.

2. **Posición.** Indica la ubicación del objeto en un espacio, generalmente bidimensional. Implícitamente indica también su dimensión y su forma. De este modo cada tipo de objeto tiene, en función de su número de dimensiones, una serie de propiedades espaciales de tamaño y forma directamente extraíbles de su codificación espacial:

- Los objetos lineales tienen longitud, sinuosidad y orientación.
- Los objetos poligonales tienen área, perímetro, elongación máxima y diversos índices de forma directamente calculables a partir de estas.

3. **Propiedades espaciales.** Son variables cuantitativas medidas en magnitudes espaciales y que indican algún aspecto de la extensión espacial de los objetos, no representable debido a la escala de trabajo, a tratarse de una magnitud en la tercera dimensión o a la dificultad de representarla por el tipo de abstracción que implica su representación (por ejemplo la profundidad de un cauce).

4. **Propiedades no espaciales.** Son variables cualitativas o cuantitativas que no tienen nada que ver con el espacio pero que se relacionan con el objeto. Resultan de mediciones simples o de descripciones. Pueden ser constantes o variables en el tiempo. Por ejemplo toda la información relativa a la demografía de

un municipio. Existen diversas operaciones que permiten derivar propiedades nuevas a partir de otras ya existentes.

- Reclasificación: Si Población < 1000 & Población > 500 => clase = 2
- Combinación aritmética: Densidad = Población / Superficie
- Combinación lógica: Si Población < x & PBI > y => Riqueza = 1

5. **Relaciones con el entorno.** Todos los objetos geográficos tienen unas relaciones con su entorno, es decir con el resto de los objetos del mismo o distinto tipo que aparecen a su alrededor. Estas relaciones pueden ser de tipo puramente topológico (polígonos vecinos) o de tipo físico (cauces tributarios que se conectan al cauce principal). Pueden codificarse de forma explícita en la base de datos asociada al objeto o estar implícita en la codificación de su localización espacial. Estas relaciones pueden dar lugar a la creación de tipos compuestos (redes, mapas de polígonos, etc.).

6. **Metainformación** (Metadatos). Información acerca de la información. Existe metainformación de muy distinto tipo, en algunos casos es imprescindible. Casi todos los sistemas de SIG incorporan metainformación bien en ficheros de documentación, o bien como cabeceras de los ficheros de datos. Otro tipo de metainformación no imprescindible aunque útil es la relativa al método de obtención de los datos, cuando se obtuvieron, definición de objetos y atributos, calidad de los datos, explicación acerca de los valores que faltan, precisión con que se ha medido, fuente, proyección geográfica, escala etc.

Para mayor información Ver capítulo Metadatos

OBJETOS COMPUESTOS

Además de los tipos de objetos simples pueden existir tipos complejos originados por la combinación de otros tipos. Por ejemplo un mapa de polígonos puede ser considerado un objeto compuesto por varios polígonos complementarios vinculados unos con otros por relaciones de contigüidad.

Uno de los ejemplos más típicos de objeto compuesto, son las redes. Pueden definirse como un sistema interconectado de elementos lineales que forman una estructura espacial por la que pueden pasar flujos de algún tipo. El análisis de redes tanto espaciales como aquellas que representan relaciones de

cualquier otro tipo ha recibido considerable atención durante toda la segunda mitad de este siglo. El análisis de redes permite plantear y resolver un amplio conjunto de problemas prácticos.

Existen redes de muy diverso tipo, por ejemplo las redes de drenaje, estaría formada por un conjunto de líneas (cauces) con algunas características propias que explican el modo en que tiene lugar el transporte de los flujos.

Una red de comunicaciones podría definirse como una red de líneas (carreteras) de diverso tipo y el conjunto de ciudades (nodos) que conectan.

AGRUPACIÓN DE OBJETOS

Los objetos se agrupan de acuerdo con características comunes y forman categorías o coberturas. Las agrupaciones son dinámicas y se establecen para responder a las necesidades específicas del usuario. La categoría o cobertura se define como una unidad básica de almacenamiento. Es una versión digital de un sencillo mapa "temático" en el sentido de contener información solamente sobre algunos de los objetos: Predio, lotes, vías, marcas de terreno, hidrografía, curvas de nivel. En una categoría se presentan tanto los atributos gráficos como los no gráficos.

RELACIONES ENTRE OBJETOS

Se sabe que un objeto al interior de una categoría posee por lo menos dos componentes, uno gráfico y otro no gráfico. A un objeto gráfico se le define a través del software un número clave de identificación, del mismo modo, a la componente alfanumérica, también se le define el mismo identificador, de tal forma que al interior del sistema se establece una relación entre los dos componentes. Además de la integridad de entidad definida anteriormente, se definen otros tipos de relaciones, por ejemplo, la relación posicional dice donde está el elemento respecto al sistema de coordenadas establecido. La relación topológica dice sencillamente la relación del elemento con otros elementos de su entorno geográfico próximo.

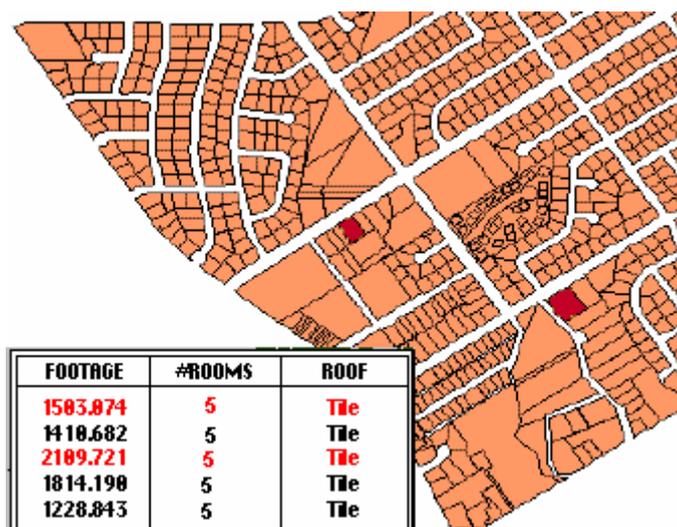


Figura 18 Componentes gráficos y no gráficos

A cada objeto contenido en una categoría se le asigna un único número identificador. Cada objeto está caracterizado por una localización única (atributos gráficos con relación a unas coordenadas geográficas) y por un conjunto de descripciones (atributos no gráficos) El modelo de datos permite relacionar y ligar atributos gráficos y no gráficos. Las relaciones se establecen tanto desde el punto de vista posicional como topológico.

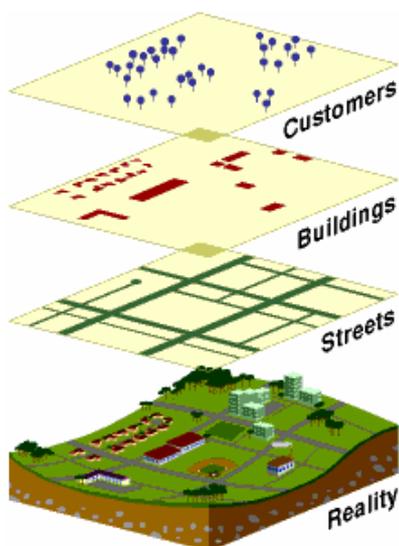


Figura 19: Datos vectoriales (gráficos) y su posición

Los datos posicionales dicen donde está el elemento y los datos topológicos informan sobre la ubicación del elemento con relación a los otros

elementos. Los atributos no gráficos dicen qué es, y cómo es el objeto. El número identificador que es único para cada objeto de la categoría es almacenado tanto en el archivo o mapa de objetos como en la tabla de atributos, lo cual garantiza una correspondencia estricta entre los atributos gráficos y no gráficos.

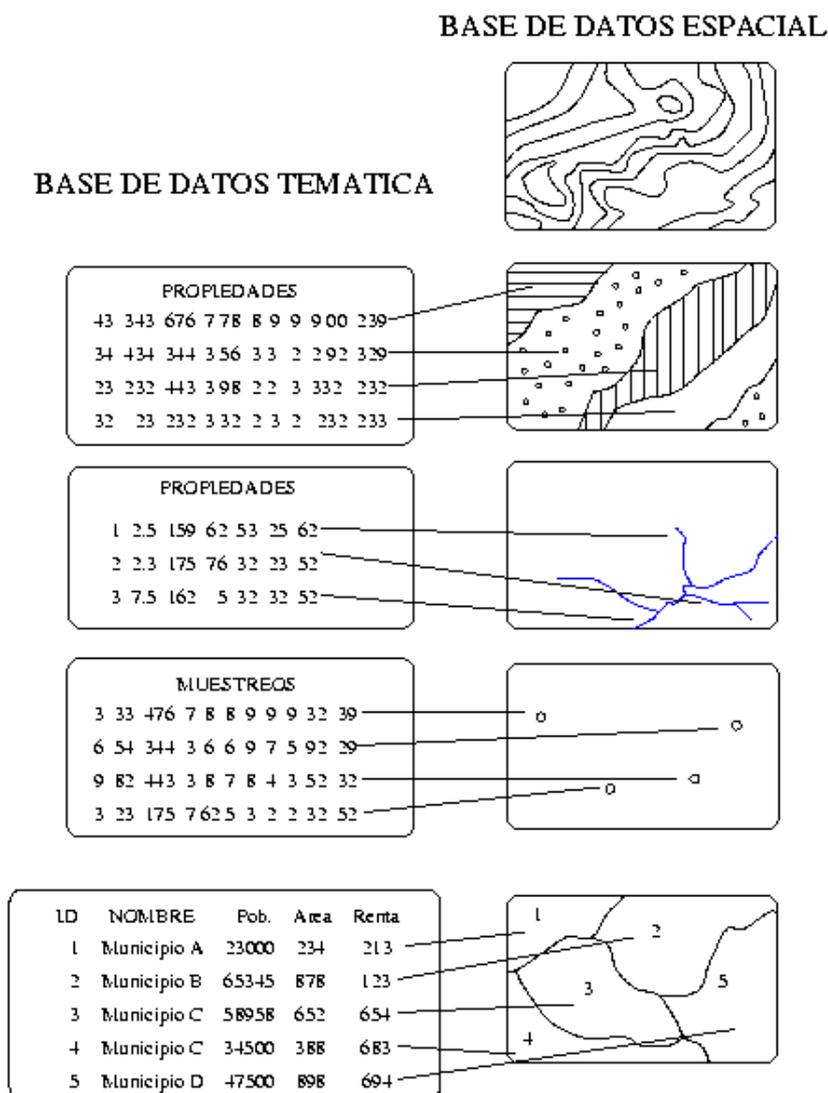


Figura 20: Datos SIG y su asociación a entidades graficas

CARACTERÍSTICAS DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS

Las características esenciales de los datos geográficos son cuatro: posición, atributos (temáticos o geométricos), relaciones espaciales, y tiempo (algunas veces considerado como un atributo temático más).

Posición

La localización es comúnmente referida como georreferenciación para poner en énfasis que una entidad se localiza en relación al geoide terráqueo, que es una representación geométrico-matemática de la tierra. Para hacer operativa la relación entidad-geoide terráqueo es necesario fijar unos procedimientos estándares de representación y de georreferenciación sobre el geoide, como las proyecciones cartográficas y los sistemas de coordenadas, respectivamente. Ésta es la llamada georreferenciación directa y continua, basada en la utilización de una red de coordenadas establecidas a nivel global o terrestre.

Por poner un ejemplo, el edificio de la municipalidad podría estar situado entre las coordenadas Gauss Krugger 4680250 metros y 6682650 metros.

Atributos

Los atributos responden a preguntas tales como ¿Qué es? y recogen las características descriptivas de los elementos geométricos, por lo que se deben denominar atributos geométricos o descriptivos. El término atributo en solitario, sin calificación, se refiere a los atributos de tipo no espacial o temático, y no suele referirse a los atributos geométricos, como podría ser el ejemplo del número de vehículos que circulan por un tramo de carretera o la anchura de los carriles de la autopista medida en metros. Por ello se deben denominar atributos temáticos.

Atributos gráficos: son las representaciones de los objetos geográficos asociados con ubicaciones específicas en el mundo real. La representación de los objetos se hace por medio de puntos, líneas o áreas.

Un ejemplo en una red de servicios: punto (un poste de energía), línea (una tubería), área (un embalse).

Atributos no gráficos (alfanuméricos): corresponden a las descripciones, cualificaciones o características que nombran y determinan los objetos o elementos geográficos.

En un SIG los atributos gráficos y no gráficos se tienen que relacionar y esto se logra mediante un atributo de unión.

Relaciones Espaciales

La tercera característica de los datos geográficos son las relaciones espaciales, con las cuales determinamos las interrelaciones geométricas de las entidades espaciales.

La definición de estas interrelaciones geométrico-espaciales es una tarea complicada por dos motivos esenciales. En primer lugar, porque las interrelaciones son en sí mismas complicadas y en segundo lugar, porque no es nada simple poderlas transmitir al sistema. Recordemos que la mente humana no necesita explicitar las interrelaciones espaciales de las entidades y las asume de manera inherente, implícita e inconsciente a la percepción del territorio. En la terminología de los SIG la determinación de las relaciones espaciales se suele denominar estructuración topológica o construcción de la topología. La estructuración topológica es necesaria para la correcta depuración de la información cartográfica y para su enlace con los atributos temáticos.

Momento o Etapa Temporal

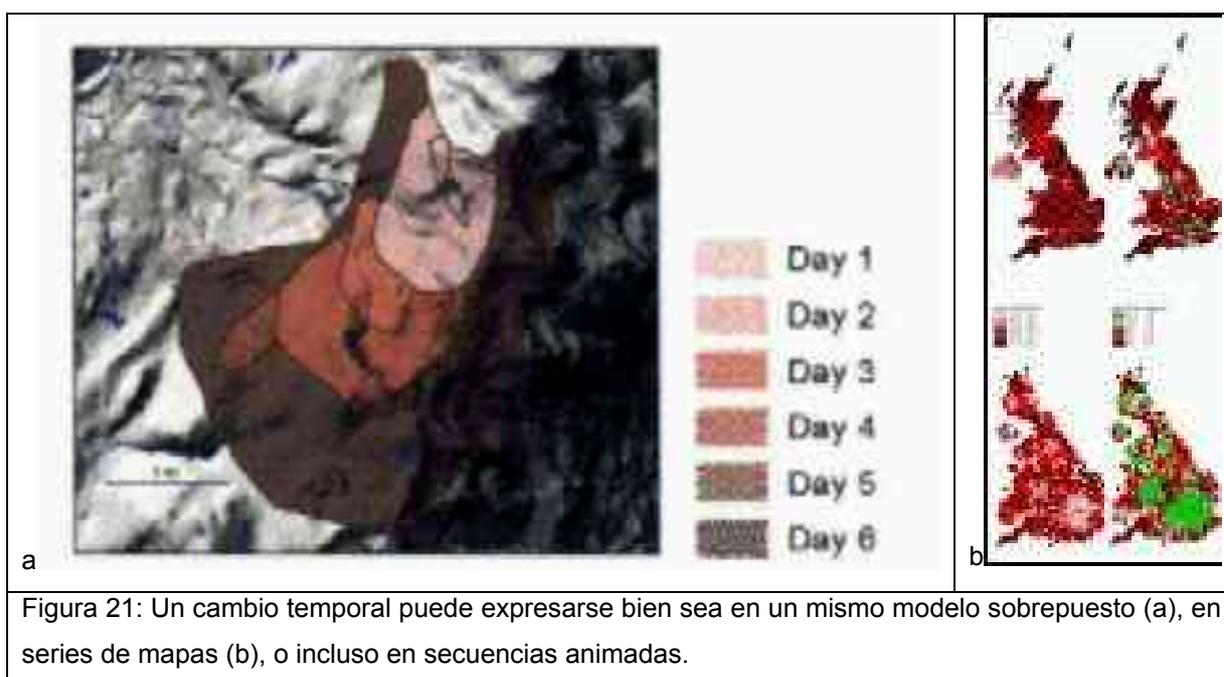
La cuarta característica de los datos geográficos es el momento o etapa temporal que representan. Saber el año, la estación climatológica, el mes, el día o incluso la hora del día en que fueron tomados los datos territoriales o que elementos cambian con más rapidez es importante para muchas aplicaciones.

Todo dato espacial posee un componente temporal en razón al instante al que corresponde y que debe ir reflejado con su adquisición. El paisaje es cambiante y así mismo un SIG debe ser capaz de asimilar los cambios temporales de los datos espaciales. Con información espacial consolidada en el tiempo se habilitan a los SIG para realizar eficientes estudios multitemporales y mostrar la evolución de variables.

Entre los elementos que facilitan en el manejo temporal de la información espacial figuran:

- Duración: lapso total apropiado durante el cual se pueden comparar momentos de forma consistente para estudios multitemporales y de tendencias.

- Resolución temporal: corresponde al intervalo de tiempo para el cual algunos datos son capturados, promediados y permitan analizar su dinámica. Por ej. los registros de precipitación mensual, temperatura diaria, etc.
- Frecuencia temporal: el número de observaciones requeridas por unidad de tiempo para poder establecer valores representativos en análisis de dinámica y modelos predictivos.



ORÍGEN DE LOS ERRORES

No existen datos libres de error. El error debe ser manejado (no necesariamente eliminado), de acuerdo con consideraciones costo-beneficio, objetivos del SIG, tipo de institución, etc.

La calidad de los datos espaciales esta en función de su origen y captura

Básicamente existen 3 orígenes para los errores

1. Recolección de datos

- A Campo (mediciones, equipos).
- En Mapas y/o otros documentos existentes.
- Análisis de los datos de percepción remota.

2. Entrada de datos

Digitalización (operador, sistema) Imprecisión inherente a los datos (Ej.: contactos de unidades cartográficas).

3. Manejo y análisis de los datos

- Insuficiente precisión numérica o espacial
- Intervalos de clase inapropiados
- Creación de falsos polígonos
- Usos de modelos equivocados o inapropiados

Son referentes de la calidad de los datos geográficos:

- Exactitud Posicional

Diferencia entre la ubicación real y la del mapa.

A nivel de representación es usual que el error máximo posicional no deba superar el 1/2 mm a la escala de impresión o salida final.

Por ej. Para datos representados a escala de 1: 50000 el errores de desplazamiento máximo será de 25 metros.

- Consistencia y Exactitud Temáticas

La Consistencia temática refiere a la completa y correcta asignación de los atributos no espaciales a los objetos. Un error de ejemplo sería que. Se digitaliza un lago pero se señala en la base de datos como otro objeto o con características diferentes. Otro error es dejar accidentalmente objetos sin identificar.

La exactitud temática refiere a que tan aproximado es el valor del atributo considerado. Generalmente el valor depende del tipo de variable y si es del caso el rango de clases asumidas.

Consistencia Topológica

Se relaciona con los errores de tipo topológico, por ejemplo (figura 22):

1. Que los polígonos "cierren" para el caso de sistemas que no hacen verificación de topología automáticamente.
2. Que los arcos se intersecten efectivamente en nodos cuando se desea representar intersecciones (de lo contrario simularan puentes)
3. Evitar la doble digitalización y mucho menos si no es precisa

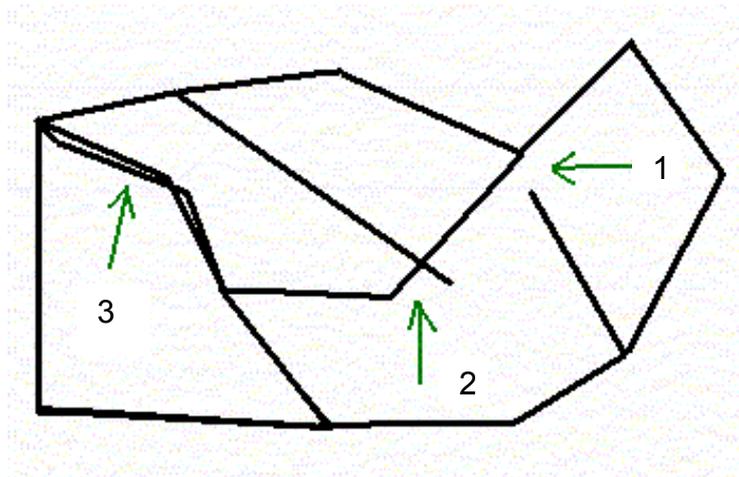


Figura 22: Errores por falta de consistencia topológica

Otros errores corresponden al proceso de empalme (Edge matching) donde pueden haber planchas no coincidentes espacialmente para figuras de distinta identidad.

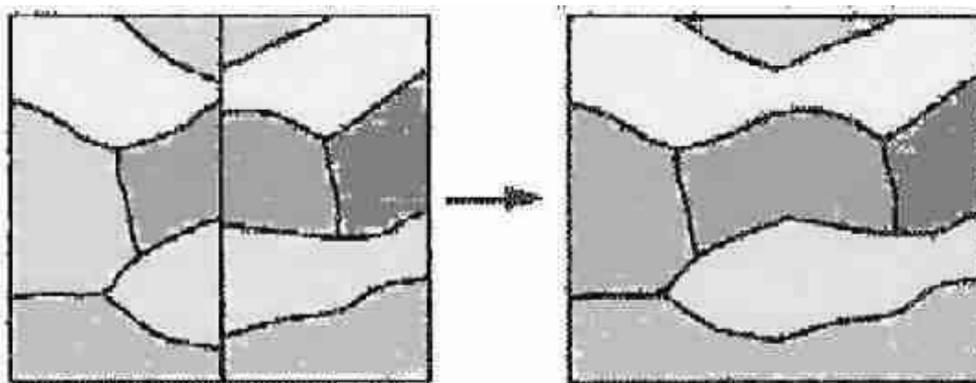


Figura 23: Errores de empalme

Datos originales distorsionados propagan el error en su captura. Esto sucede cuando se digitalizan mapas arrugados o se trabaja con fotos áreas no corregidas.

DIFERENCIAS ENTRE CALIDAD, EXACTITUD Y PRECISIÓN

El lenguaje natural es ambiguo, y por lo tanto para los usos técnicos es necesario recurrir a definiciones. Esto es particularmente cierto en el caso de la Calidad, ya que los conceptos suelen mezclarse y confundirse.

Exactitud: Es la cercanía de los resultados, cálculos o estimaciones, a los valores verdaderos o valores que se acepta son verdaderos.

- Como los datos espaciales son usualmente resultado de una generalización del mundo real, es usualmente difícil identificar un valor verdadero, y por lo tanto normalmente se trabaja con valores que se acepta son verdaderos. Ejemplo: la medida de exactitud de una curva de nivel en formato digital no puede verificarse fácilmente en el campo, ya que la curva de nivel no es un objeto real, identificable en el terreno.

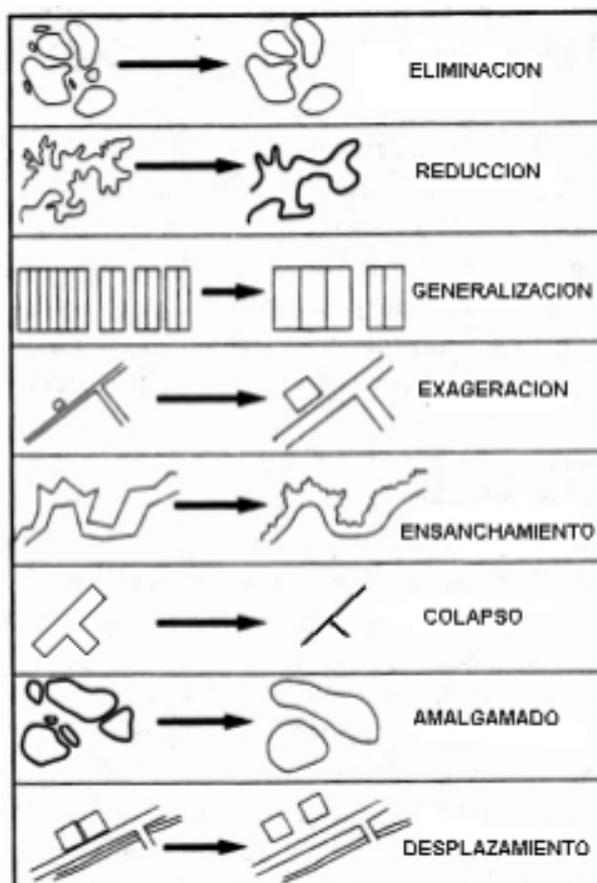


Figura 24: Fuentes de error por procesos de simplificación

- La Exactitud de los datos puede en ocasiones tener poca relación con la Exactitud de los productos calculados con ella. Por ejemplo: la exactitud de la pendiente calculada a partir de un MDE no se relaciona trivialmente con la precisión de las elevaciones del MDE mismo. En particular, el MDE puede estar sesgado en x metros, y sin embargo las pendientes ser extremadamente correctas.

La Exactitud también es adjetivada como “alta” o “baja” dependiendo del tamaño de la diferencia entre los valores estimados y los valores asumidos como correctos.

En relación con la Precisión tenemos un par de cuestiones:

- El idioma castellano suele utilizar Precisión en lugar de Exactitud (por ejemplo, en Nivelación de alta precisión), y
- La existencia de definiciones de “Precisión” diferentes.

Citaremos dos de las más aceptadas.

a) Definición 1ª de Precisión: Se define como el número de cifras decimales o de dígitos significativos en una medida.

- Precisión no es lo mismo que Exactitud: un gran número de cifras significativas no necesariamente indica que la medida es Exacta.

Debe señalarse que esta definición de Precisión tiene un origen obvio en los tipos de datos SINGLE PRECISION, DOUBLE PRECISION y QUAD PRECISION pagando así tributo a la parte informática de SIG.

No parece por tanto la definición más apropiada y ha sido sustituida por otras más modernas, como la que sigue:

b) Definición 2ª de Precisión: Es una medida de la tendencia de un conjunto de números aleatorios a agruparse alrededor de un número determinado por el propio conjunto.

La medida usual es la desviación estándar respecto de la media, o el inverso de esa cantidad. Se diferencia de la Exactitud por el hecho que esta última es una medida de la tendencia a agruparse alrededor de un número no determinado por el conjunto pero especificado en alguna otra forma.

En resumen, un dato será preciso si difiere muy poco al reiterar la observación que lo produjo. Se puede ilustrar las diferencias entre Exactitud y Precisión mediante el cuadro de la Figura.25.

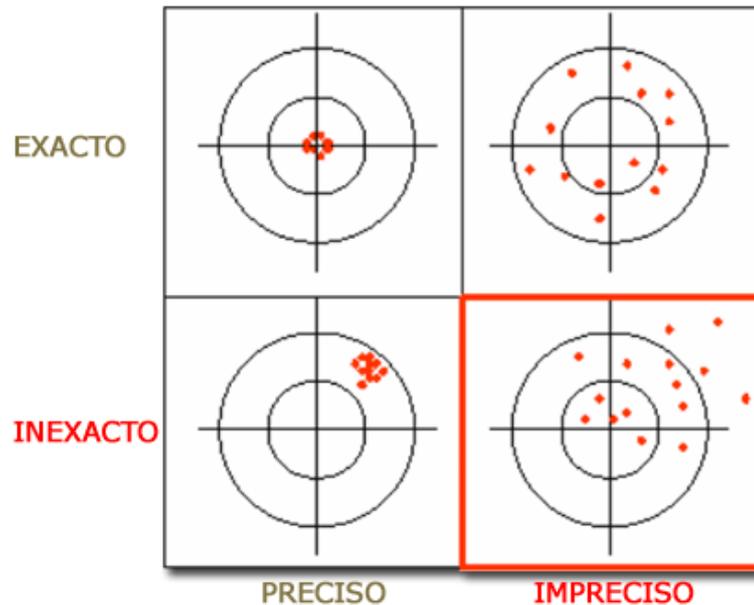


Figura 25. Diferencias entre Precisión y Exactitud.

SALIDA Y REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La salida de información de un SIG puede ser de tipo textual o de tipo gráfico. Ambos tipos de información pueden ser presentados en forma digital o analógica.

La representación digital se utiliza cuando dicha información, o en general, a otro medio sistematizado. El medio analógico es el que se presenta al usuario como respuesta a un interrogante del mismo. La información textual analógica consiste normalmente en un conjunto de tablas que representan la información almacenada en la base de datos o representan el resultado de algún tipo de análisis efectuado sobre ésta. La información analógica gráfica consiste en mapas, gráficos o diagramas. Ambos tipos de información pueden ser presentados en una pantalla o impresos en el papel.

El sistema debe proveer la capacidad de complementar la información gráfica, antes de su presentación definitiva, por medio de una simbología adecuada y manejar la posibilidad de adicionar elementos geométricos que permitan una calidad y una visualización fáciles de entender por el usuario.

SISTEMA DE COORDENADAS

Un sistema de coordenadas geográficas es un sistema de referencia usado para localizar y medir elementos. Para representar el mundo real, se utiliza un sistema de coordenadas en el cual la localización de un elemento está dado por las magnitudes de latitud y longitud en unidades de grados, minutos y segundos.

Aplicando coordenadas geodésicas (esféricas) tenemos.

La longitud varía de 0 a 180 grados en el hemisferio Este y de 0 a -180 grados en el hemisferio Oeste de acuerdo con las líneas imaginarias denominadas meridianos.

La latitud varía de 0 a 90 grados en el hemisferio norte y de 0 a -90 grados en el hemisferio sur de acuerdo con las líneas imaginarias denominadas paralelos o líneas ecuatoriales. El origen de este sistema de coordenadas queda determinado en el punto donde se encuentran la línea ecuatorial y el meridiano de Greenwich.

Las coordenadas cartesianas son generalmente usadas para representar una superficie plana. Los puntos se representan en términos de las distancias que separan a dicho punto de los ejes de coordenadas. Este sistema es el usado más frecuentemente sobre todo por la facilidad de medir distancias y superficies en Metros y metros cuadrados.

PROYECCIONES.

La superficie de referencia más comúnmente usada para la descripción de localizaciones geográficas es una superficie esférica. Esto es válido aún sabiendo que la figura de la tierra se puede modelar más como un elipsoide que como una esfera. Se sabe sin embargo que para la generación de una base de datos que permita la representación de elementos correctamente georeferenciados, y en unidades de medida común como metros o kilómetros, debe ser construida una representación plana.

Toda proyección lleva consigo la distorsión de una o varias de las propiedades espaciales ya mencionadas. El método usado para la proyección

será el que en definitiva nos permita decidir cuales propiedades espaciales sean conservadas y cuales distorsionadas. Proyecciones específicas eliminan o minimizan la distorsión de propiedades espaciales particulares. Las superficies de proyección más comunes son los planos, los cilindros y los conos, según el caso se exige la proyección azimutal, cilíndrica y cónica respectivamente.

Las propiedades especiales de forma, área, distancia y dirección son conservadas o distorsionadas dependiendo no solo de la superficie de proyección, sino también de otros parámetros. Puesto que cada tipo de proyección requiere de una forma diferente de transformación matemática para la conversión geométrica, cada método debe producir distintas coordenadas para un punto dado. Por ejemplo: Transformación de Mercator, Transformación Estereográfica.

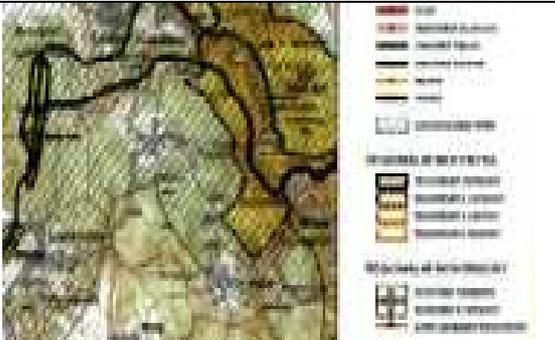
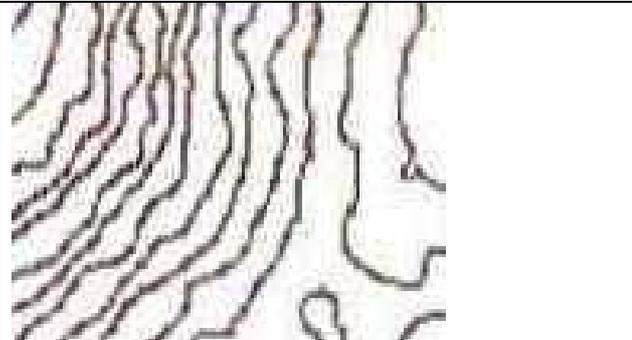
Este tema está desarrollado con más profundidad en la serie didáctica Sistemas de coordenadas y proyección

MAPAS EN LOS SIG

El mapa es la forma más común de representar datos geográficos. Se trata de representaciones organizadas de la realidad, son modelos bidimensionales (planos).

Independientemente de su contenido (mapa base o temático) o su formato, un mapa consiste de entidades espaciales o geométricas: puntos, líneas, áreas y superficies, referidos a un sistema de coordenadas conocido.

La leyenda de un mapa es el eje del modelo, y permite relacionar coherentemente las entidades espaciales con sus atributos.

	
<p>Compuestos</p>	<p>de Isolineas como curvas de nivel. isoyetas, isobaras, isotermas, etc.</p>

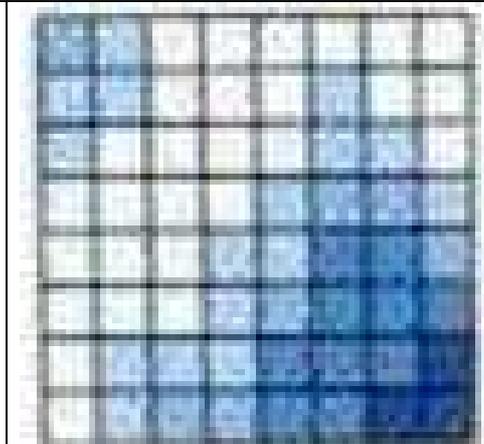
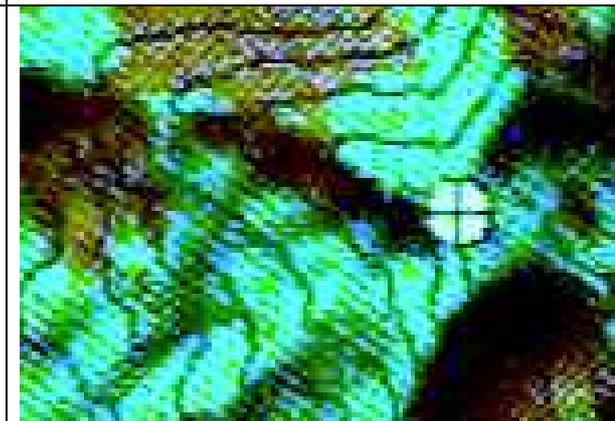
	
<p>de pendientes por varios métodos de interpolación</p>	<p>de aspecto Indican la dirección de la pendiente</p>
	
<p>Relieve resaltado</p>	<p>de densidad / distribución tanto por concentración espacial como por peso de las figuras</p>
	
<p>hillshade áreas iluminadas o no según posición de la fuente lumínica</p>	<p>de visibilidad áreas visibles o no desde un punto</p>

Figura 26: Tipos de Mapas

En los mapas los datos geográficos se representan utilizando entidades geométricas:

- Los elementos puntuales son todos aquellos objetos relativamente pequeños respecto a su entorno más inmediatamente próximo, se representan mediante líneas de longitud cero. Por ejemplo, elementos puntuales pueden ser un poste de la red de energía o un sumidero de la red de alcantarillado.

Aquí vale la pena hacer la siguiente aclaración respecto a la determinación de los elementos puntuales; en un mapa que incluya los detalles más relevante del de un objeto particular, éste puede figurar como un elemento de tipo área, en cambio en otro mapa que no incluya detalles asociados del objeto, puede aparecer como un objeto puntual.

- Los objetos lineales se representan por una sucesión de puntos donde el ancho del elemento lineal es despreciable respecto a la magnitud de su longitud, con este tipo de objetos se modelan y definen las carreteras, las líneas de transmisión de energía, los ríos, las tuberías del acueducto entre otros.

- Los objetos de tipo área se representan en un SIG de acuerdo con un conjunto de líneas y puntos cerrados para formar una zona perfectamente definida a la que se le puede aplicar el concepto de perímetro y longitud. Con este tipo se modelan las superficies tales como: mapas de bosques, sectores socioeconómicos de una población, un embalse de generación, entre otros.

ESCALA

Entre los elementos que ayudan a la lectura de un modelo cartográfico están: escalas, leyendas, convenciones norte, grid, etiquetas, toponimia, colores y simbología

El concepto tradicional de escala en cuanto relación entre dos longitudes, no tiene sentido en un SIG. Las herramientas de zoom de cualquier SIG permiten un cambio en la escala de representación en la pantalla o en una salida impresa, sin embargo este cambio de escala de representación no implica un cambio en la escala de los datos.

En general podemos asumir que la escala de un SIG es la de los mapas que se han utilizado como información de entrada (en realidad la del mapa con escala inferior si se han utilizado varias).

Sin embargo no toda la información de entrada procede de mapas (conjuntos de puntos de muestreo, imágenes de satélite, etc.).

En SIG podemos sustituir el concepto de escala por otro concepto, algo difuso, que es el de precisión espacial de los datos. En el caso del formato ráster la precisión se relaciona claramente con el tamaño de las celdas (píxeles). Si hacemos un zoom excesivo aparecerán los bordes de estas como advertencia de que la profundidad del zoom es excesiva, en el caso del formato vectorial no tenemos este mecanismo de advertencia y en muchos casos se fuerzan los zoom para obtener una precisión completamente ilusoria.

La unidad mínima cartografiable es aquella igual o superior a 1/2 mm a la escala del mapa.

Por ej. para 1 : 50000 solo aquellas figuras con dimensión mayor a 25 metros son representables.

En el caso de los mapas de puntos, la resolución se relaciona con la distancia media entre los puntos.

Un caso Práctico por ejemplo, el administrador de una reserva que se interesa por determinar los movimientos de una población de jaguares en su reserva necesita crear capas de datos que representen los puntos de ubicación en diferentes intervalos de tiempo (por día o por estaciones). Dado que el análisis se hace a nivel del área y escala de la reserva, los puntos de ubicación del jaguar no necesitan ser exactos hasta los centímetros, pero si necesitan estar dentro de un rango de al menos varias centenas de metros.

Aunque las capas de datos son creadas a una escala y extensión determinadas, un usuario de SIG en cualquier momento puede escoger un área más pequeña o una escala más amplia para visualizar y analizar los datos.

BASE DE DATOS

Para proyectos menores de SIG, puede ser suficiente almacenar información geográfica como archivos de datos. Sin embargo, cuando los volúmenes de datos son grandes y el número de usuarios se convierte en varios cientos, es mejor usar un sistema de manejo de bases de datos (DBMS) para ayudar a almacenar, organizar y manejar datos.

Las bases de datos de los SIG contienen datos gráficos y alfanuméricos integrados. La exactitud y el nivel de resolución son elementos importantes en el desarrollo de una base de datos de un SIG, y vienen determinados por el uso al que vaya destinado el sistema. Un SIG diseñado para aplicaciones de ingeniería requerirá, en general, un alto nivel de exactitud y resolución. Sin embargo, sistemas pensados para planificaciones o análisis parcelarios no requieren ese alto nivel de exactitud y detalle, sobre todo teniendo en cuenta que el precio de una base de datos gráfica aumenta exponencialmente cuando se incrementa el nivel de resolución. Ambos aspectos, coste y nivel de detalle, deben ser analizados cuidadosamente con objeto de optimizar el diseño de una base de datos para un Sistema de Información Geográfica.

Definición: UNA BASE DE DATOS ESPACIAL es un arreglo ordenado de datos georeferenciados relacionados entre sí, clasificados y agrupados según sus características; bajo control de redundancias e integrados para el desarrollo de aplicaciones y análisis sobre la información.

La generación de la base de datos inicial incluye la captura e integración de datos que generalmente proceden de fuentes diversas. Estas fuentes a menudo presentan diferentes escalas y formatos que deben ser unificados. Una base de datos completamente integrada requiere entidades de control y referencia a las que se deben ajustar otras entidades que se incorporan en las distintas capas de la base de datos. Cada una de las capas y entidades tienen una serie de características que influirán en el desarrollo de la base de datos inicial, en los procesos de mantenimiento y en las aplicaciones en las que vayan a ser utilizadas.

En un SIG a través del índice es posible ver las categorías, por estas categorías se accede a los objetos y por los objetos se tiene acceso a los atributos gráficos y no gráficos que se almacenan en la base de datos geográfica.

Una base de datos geográfica requiere de un conjunto de procedimientos que permitan hacer su mantenimiento tanto desde el punto de vista de la documentación como de la administración. Su eficacia está determinada por los datos almacenados en diferentes estructuras. El vínculo entre las diversas estructuras se obtiene mediante el campo clave que contiene un número identificador de elementos. Tal número identificador aparece tanto en los atributos gráficos como en los no gráficos.

Los atributos no gráficos son guardados en tablas y manipulados por medio de un sistema manejador de bases de datos.

Los atributos gráficos son guardados en archivos y manejados por el software de un sistema SIG.

Los objetos geográficos son organizados por temas de información o capas de información, llamadas también niveles. Aunque los puntos, líneas y polígonos pueden ser almacenados en niveles separados, lo que permite la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos.

Los elementos simplemente son agrupados por lo que ellos representan. Así por ejemplo, en una categoría dada, ríos y carreteras aun siendo ambos objetos lineales están almacenados en distintos niveles por cuanto sus atributos son diferentes.

Si bien se han desarrollado tecnologías de información espacial que pueden ayudar a comprender mejor nuestro planeta quedan por resolver muchos problemas relacionados con la integración de datos.

Uno de los problemas más apremiante en cuanto a la integración de datos global es el del volumen, especialmente en relación con las fuentes de datos basadas en la tele observación. Los volúmenes de datos son enormes debido a las grandes áreas que cubren, sobre todo en información ráster, como ser imágenes de satélite fotos digitalizadas a alta resolución, en donde el almacenamiento de estos datos plantea serios problemas.

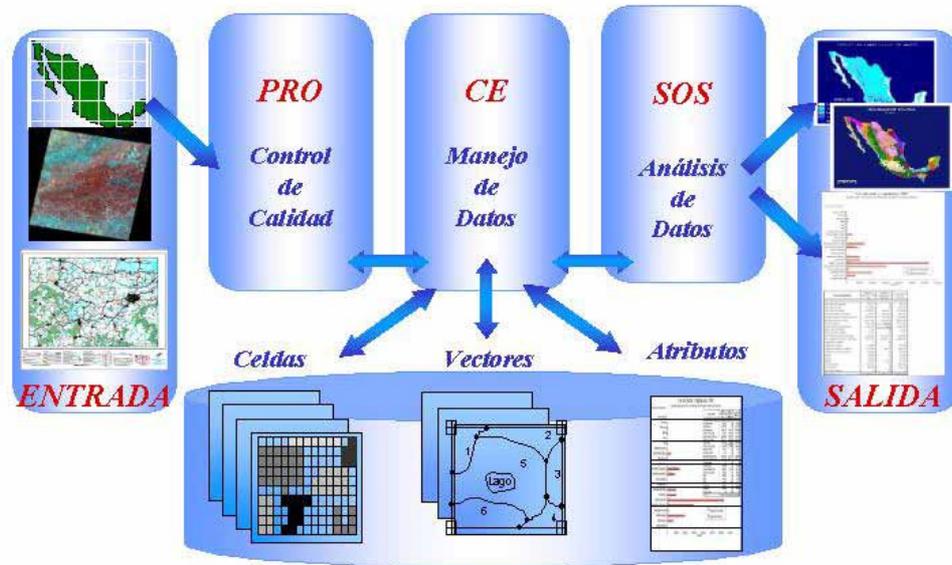


Figura 27: Control, Manejo y Análisis de Datos

La esencia de un SIG está constituida por una base de datos geográfica. Esta es, una colección de datos acerca de objetos localizados en una determinada área de interés en la superficie de la tierra, organizados en una forma tal que puede servir eficientemente a una o varias aplicaciones.

La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada que pueda ser procesada por el lenguaje de las computadoras actuales. Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir.

Pero la estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas conlleva cierto nivel de dificultad. En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren las máquinas implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos.

En segundo lugar, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar; la topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos puede llegar a ser muy compleja, ya que son muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad.

La topología de un SIG reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas, como por ejemplo conocer el polígono (o polígonos) a que pertenece una determinada línea, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada carretera.

Uno de los problemas fundamentales en el desarrollo de un proyecto de SIG es, al igual que en el caso de la cartografía tradicional, cómo representar una realidad compleja y continua de forma simplificada y en elementos discretos. El desarrollo de una base de datos espacial conlleva una simplificación de la realidad para adaptarla a un modelo de datos

Las bases de datos temáticas se introducen mediante teclado, escáner y OCR (reconocedor óptico de caracteres), o importación desde otros ficheros. Suelen asignar a cada objeto (representado en formato vectorial o ráster) diversos atributos temáticos cualitativos o cuantitativos.

BASES DE DATOS RELACIONALES

Unas de amplio uso en SIG. Las entidades y sus atributos se administran como tablas. Del mismo modo la relación entre tablas representa la relación entre entidades. En las tablas los registros (records) corresponden a cada instancia de un mismo tipo de entidad y los campos (fields) a sus atributos correspondientes.

La BD Relacional es muy flexible ya que los elementos que la integran se pueden ingresar de modo independiente a la estructura que quiera formarse con ellos (o sea, primero las tablas luego sus relaciones) mientras que en los otros modelos la estructura ya está definida. Se puede realizar cualquier clase de búsqueda de datos entre tablas siempre y cuando haya campos comunes entre estas.

La implementación de una BD relacional es algo costosa y el desempeño puede ser lento en algunos casos cuando el sistema deba realizar muchas confrontaciones entre tablas vinculadas. Aún así, es uno de los modelos de mayor uso y sólo son superadas por las bases de datos orientadas a objetos.

Las **entidades**, **atributos** y **relaciones** de un paisaje se pueden expresar en bases de datos relacionales mediante un modelo Entidad - Relación

- Entidades: los objetos relevantes para la BD. por ejemplo, municipios, veredas, casas.
- Atributos: las variables o características de los objetos. Por ej. N° habitantes / vereda; área del municipio; Cabezas de ganado por finca, etc. Cada atributo posee un conjunto de valores posibles por Ej. . 0-200 hab, 0-20 km², etc. este conjunto de valores posibles de un atributo se llama DOMINIO
- Relaciones: los aspectos que permiten relacionar a cualquier nivel una entidad con otra. P. ej. La vereda X posee muchas escuelas; Cada escuela solo esta en una vereda; La carretera F cruza muchas fincas; Una finca puede tener varias carreteras.

Grado de las Relaciones

UNO - UNO: Un registro en una tabla sólo tiene relación con un registro en otra tabla.

Un municipio tiene un área rural y esa área rural sólo le corresponde a ese municipio.

UNO - MUCHOS: Un registro en una tabla puede relacionarse con varios registros en otra pero cada uno de esos registros sólo se relacionan con esa tabla.

Un área rural tiene varias veredas pero cada una de esas veredas sólo pertenece a esa área rural.

MUCHOS - MUCHOS: Muchos registros en una tabla se relacionan con muchos registros en otra tabla.

Una parcela puede tener varios dueños y cada dueño puede tener varias parcelas.



Figura 28: Tipo de relaciones

OBSERVACIÓN AL MODELO E-R

Aunque es el más usado debido a la alta expansión de las Bases de datos relacionales, el modelo E-R no muestra claramente los procedimientos que tienen lugar sobre los objetos. Aquí definitivamente el modelo y sus tablas están por un lado y las operaciones por otro. (Por Ej. incrementar registros, borrar atributos, alterar registros, etc.).

Una vez definido el modelo conceptual esquematizado por el modelo E-R se procede a elaborar el modelo lógico que expresa el diseño de las tablas asociadas a cada entidad.

En algunas BD las tablas pueden presentar un orden determinado de registros pero no necesariamente corresponde a la misma secuencia con la que están almacenados físicamente. De ahí que la inserción de los registros puede ser secuencial o no-secuencial. En el primer caso la búsqueda de un registro implica leer desde el primer registro hasta encontrarlo y cambiar el orden físico implica una copia provisional de los datos. En la inserción no secuencial los registros simplemente quedan en el orden de entrada. Para facilitar el acceso directo a los datos y una ordenación efectiva se requiere de un índice o Identificador (ID) que permita diferenciar y ordenar los datos.

Ninguna tabla puede tener dos registros iguales, ya que cada tabla tendrá uno o varios campos que brindarán un identificador único o compuesto a cada registro (ID). El identificador es único cuando corresponde a un sólo campo o compuesto cuando se requieren varios campos para poder diferenciar los registros.

Las tablas se vinculan, unen o separan a través de los identificadores o campos comunes

En teoría, todos los atributos de una misma entidad se podrían almacenar en una misma tabla facilitando la búsqueda y se minimiza el riesgo de redundancia de datos. Pero tablas de muchas columnas saturan al usuario y se dividen desde el identificador principal. El número, dimensión y enlaces de las tablas influye en el tamaño del archivo y en la velocidad de lectura de los datos.

BASES DE DATOS ORIENTADAS A OBJETOS

Se llaman orientadas a objetos (Object oriented OO) ya que cada elemento del paisaje se maneja efectivamente como un objeto al que se le definen sus componentes, variables y sus métodos de análisis propios. Las bases de datos orientadas hacia objetos están rápidamente reemplazando a las demás estructuras de Base de Datos. .

Una característica importante es que a diferencia de las demás BD espaciales, cada objeto sólo se define una vez y no hay necesidad de repetirlo en varias capas para obtener relaciones. Ej. mientras en capas una línea que posee tres significados (vía, río y limite municipal) debe ir en tres capas diferentes, en OO solo basta captura la línea una vez y asociarla como objeto con sus atributos como río, vía y limite.

RELACIONES - DIAGRAMACIÓN UML

Las siguientes son las relaciones concebidas en orientación a objetos y se representan mediante nomenclatura UML o Lenguaje de modelo unificado:

Generalización:



Los objetos o clases son de una clase específica de nivel superior.
(El objeto o clase "es un tipo de").

Composición:



Relación que representa a los objetos compuestos por contenido físico
(el objeto "es parte de").

Agregación:



Relación que representa a los objetos compuestos por vínculos
(El objeto "contiene").

Asociación:



La misma MULTIPLICIDAD que se maneja en BD relacionales: uno a uno, uno a muchos, muchos a muchos (1-1, 1-M, M-M).

En UML el 'muchos' se representa por un asterisco.

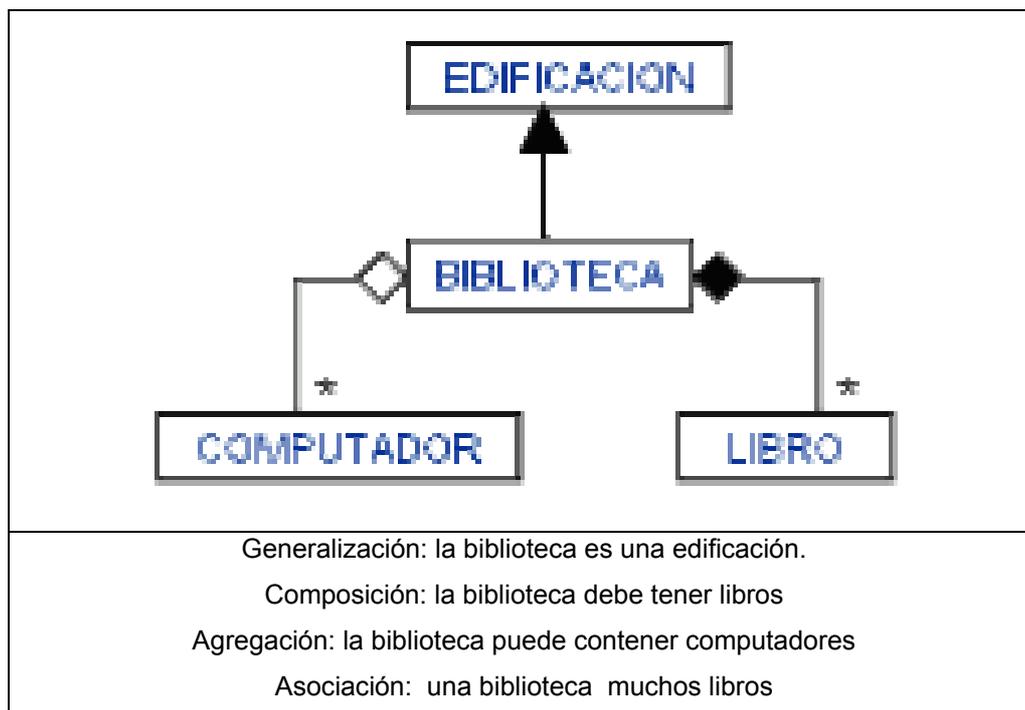


Figura 29: Tipo de Relaciones en Base de Datos Orientadas a Objeto

TIPOS DE SIG SEGÚN EL MODELO DE DATO

La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada asequible para el lenguaje de los ordenadores actuales. Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir.

Pero la estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas conlleva cierto nivel de dificultad. En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren las máquinas implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos.

Topología es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos.

Aunque a nivel geográfico las relaciones entre los objetos son muy complejas, siendo muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad, la topología de un SIG. reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas, como por ejemplo conocer el polígono (o polígonos) a que pertenece una determinada línea, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada carretera.

Existen diversas formas de modelar las relaciones entre los objetos geográficos.

En función del modelo de datos implementado en cada sistema, podemos distinguir tres grandes grupos de Sistemas de Información Geográfica:

- **SIG Vectoriales**
- **SIG ráster**
- **SIG con modelo de datos Orientados a Objetos**

En realidad, la mayor parte de los sistemas existentes en la actualidad pertenecen a los dos primeros grupos (vectoriales y ráster).

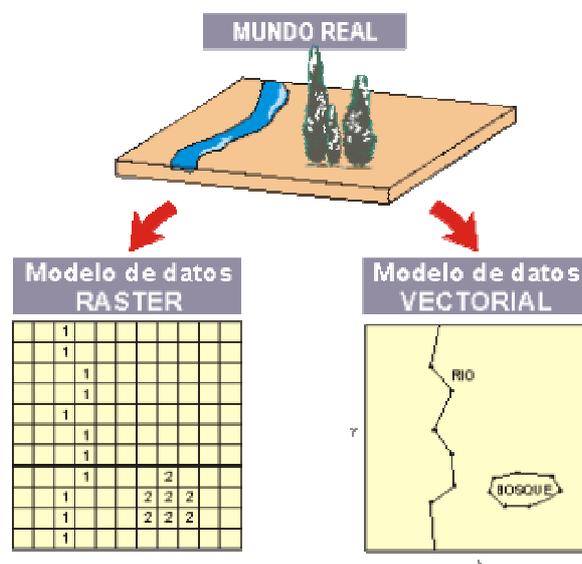


Figura 30: Tipo de SIG en función del Modelo de Datos

SIG VECTORIALES

Son aquellos Sistemas de Información Geográfica que para la descripción de los objetos geográficos utilizan vectores definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico

Se considera que la realidad está dividida en una serie de objetos discretos (puntos, líneas, polígonos) a los que se puede asignar diversas propiedades, cualitativas o cuantitativas. Estos objetos se codifican por su posición en el espacio (puntos y líneas) o por la posición de sus límites (polígonos). Los cambios de escala van a suponer en muchos casos que los objetos cambien de un tipo a otro.

En un principio los SIG usaron estructuras de almacenamiento vectorial muy simples como la SPAGUETTI y la DICCIONARIO DE VÉRTICES que no lograban manejar relaciones topológicas.

De entre todos los métodos para formar topología vectorial la forma más robusta es la ESTRUCTURA ARCO-NODO, en la cual el sistema puede identificar relaciones como la inclusión, adyacencia, etc. gracias a un conjunto de tablas topológicas, una para polígonos, una para arcos y finalmente una para nodos.

En una misma capa no es necesario repetir segmentos y se puede distinguir la topología.

Por ejemplo:

Si los polígonos comparten un mismo arco entonces hay ADYACENCIA de polígonos

Si hay un nodo final o inicial repetido en dos arcos entonces hay CONECTIVIDAD de arcos

Si hay un registro negativo significa que hay INCLUSIÓN de una figura en otra.

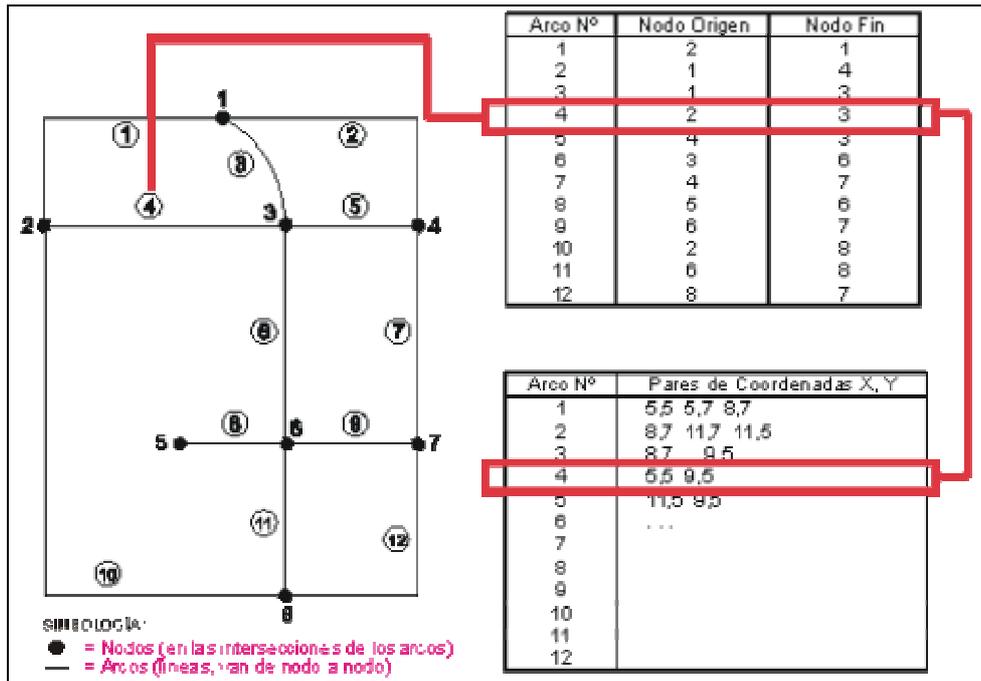


Figura 31: Formación de líneas a partir de puntos (pares de coordenadas) en la topología Arco - Nodo

La topología arco-nodo basa la estructuración de toda la información geográfica en pares de coordenadas, que son la entidad básica de información para este modelo de datos. Con pares de coordenadas (puntos) forma vértices y nodos, y con agrupaciones de éstos puntos forma líneas, con las que a su vez puede formar polígonos. Básicamente esta es la idea, muy sencilla en el fondo.

Para poder implementarla en un ordenador, se requiere la interconexión de varias bases de datos a través de identificadores comunes. Estas bases de datos, que podemos imaginarlas como tablas con datos ordenados de forma tabular, contienen columnas comunes a partir de las cuales se pueden relacionar datos no comunes entre una y otra tabla.

En la figura 31 vemos como se forman líneas a partir de puntos.

Del mismo modo se forman los polígonos a partir de la agrupación de líneas según lo vemos en la figura a continuación

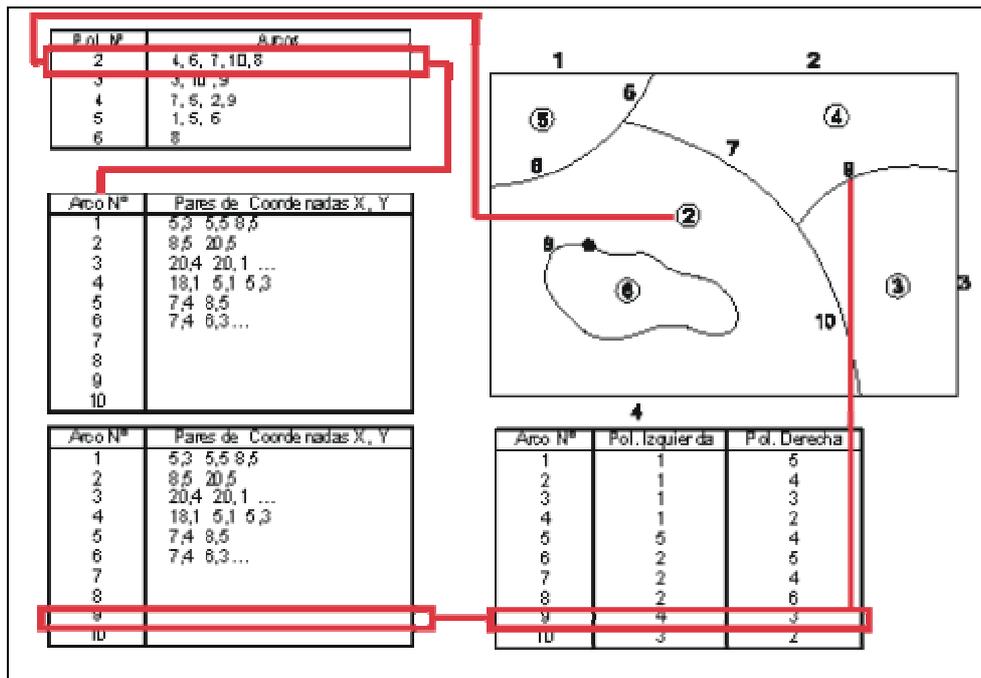


Figura 32: Formación de Polígonos en la Topología Arco-Nodo

En general, el modelo de datos vectorial es adecuado cuando trabajamos con objetos geográficos con límites bien establecidos, como pueden ser fincas, carreteras, etc.

SIG RÁSTER

En este sistema se considera la realidad como un continuo en el que las fronteras son la excepción, y la regla la variación continua.

Los Sistemas de Información ráster basan su funcionalidad en una concepción implícita de las relaciones de vecindad entre los objetos geográficos. Su forma de proceder es dividir la zona de afección de la base de datos en una retícula o malla regular de pequeñas celdas (a las que se denomina píxeles) y atribuir un valor numérico a cada celda como representación de su valor temático. Dado que la malla es regular (el tamaño del píxel es constante) y si conocemos la posición en coordenadas del centro de una de las celdas, podremos decir que todos los píxeles están georeferenciados. (asociados a coordenadas geográficas).

Los cambios de escala van a reflejarse en el tamaño de estas celdas.

Lógicamente, para tener una descripción precisa de los objetos geográficos contenidos en la base de datos el tamaño del píxel ha de ser reducido

(en función de la escala), lo que dotará a la malla de una resolución alta. Sin embargo, a mayor número de filas y columnas en la malla (más resolución), mayor esfuerzo en el proceso de captura de la información y mayor costo computacional a la hora de procesar la misma.

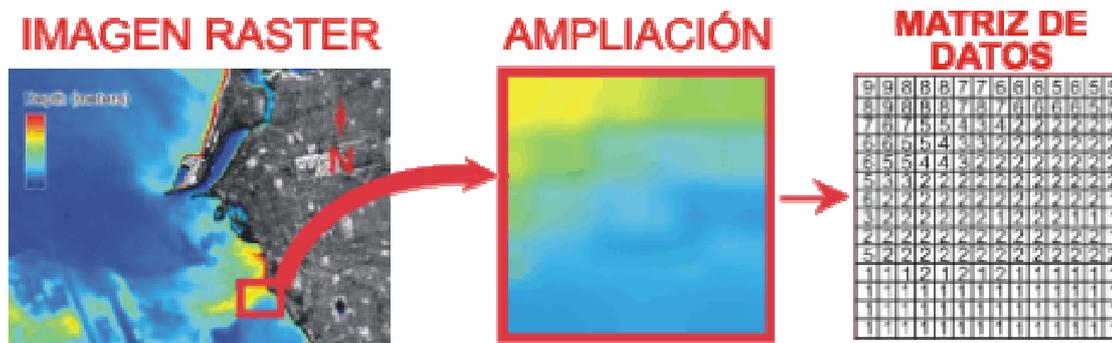


Figura 33: Organización de la información en SIG ráster

el modelo de datos ráster es especialmente útil cuando tenemos que describir objetos geográficos con límites difusos, como por ejemplo puede ser la dispersión de una nube de contaminantes, o los niveles de contaminación de un acuífero subterráneo, donde los contornos no son absolutamente nítidos; en esos casos, el modelo ráster es más apropiado que el vectorial.

SIG ORIENTADOS A OBJETOS

No existe una definición clara ni un acuerdo general en la comunidad de usuarios acerca de la entidad de los modelos orientados a objetos, pero sí existe unanimidad en cuanto a las características que debe tener un SIG. de este tipo.

En primer lugar, los SIG. orientados a objetos plantean un cambio en la concepción de la estructura de las bases de datos geográficas; mientras los modelos de datos vectorial y ráster estructuran su información mediante capas - como ya hemos dicho anteriormente- los sistemas orientados a objetos intentan organizar la información geográfica a partir del propio objeto geográfico y sus relaciones con otros. De este modo, los objetos geográficos están sometidos a una serie de procesos y se agrupan en clases entre las cuales se da la herencia.

En segundo lugar, los SIG. orientados a objetos introducen un carácter dinámico a la información incluida en el sistema, frente a los modelos de datos vectoriales y ráster que tienen un carácter estático.

Por ello, el modelo orientado a objetos es más aconsejable para situaciones en las que la naturaleza de los objetos que tratamos de modelar es cambiante en el tiempo y/o en el espacio.

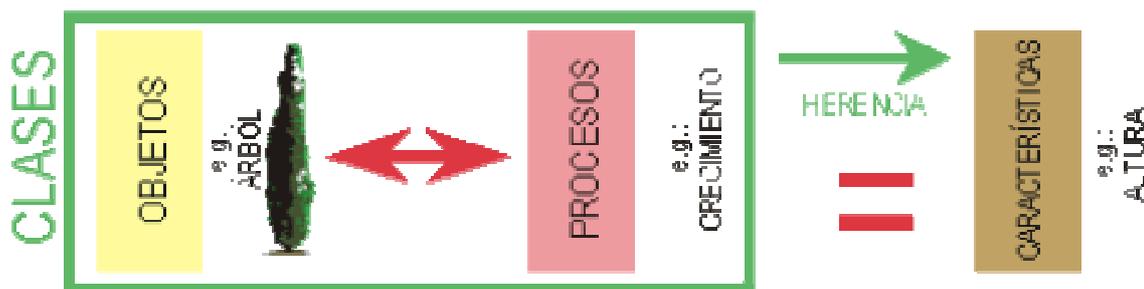


Figura 34: Modelo de Datos Orientados a Objetos

Para poner un ejemplo de organización de la información con este modelo de datos, pensemos en un subcompartimento forestal, dentro del cual se dan muchos árboles, cada uno de ellos sometido a unos procesos (por ejemplo el crecimiento); este crecimiento es heredado por el subcompartimento y da como resultado que la altura del mismo sea cambiante con el tiempo.

Por lo tanto, en este caso los atributos temáticos de cada objeto geográfico son el resultado de aplicar unas determinadas funciones que varían según las relaciones del objeto de referencia con su entorno.

Sin duda alguna, este modelo de datos es más aconsejable que cualquier otro para trabajar con datos geográficos, pero se encuentra con dificultades de implementación en los actuales Sistemas de Gestión de Bases de Datos, y por lo tanto también con dificultades de implementación en los SIG.

La ventaja fundamental que permite esta estructura de datos frente a las demás es la dinamicidad de los datos. Es decir, a partir de una serie de parámetros establecidos en el comportamiento de los objetos geográficos, podemos simular su evolución futura, lo que constituye un gran avance si se trabaja en entornos en los que se requiere simulación de situaciones potenciales.

ESTRUCTURA DE BASE DE DATOS

Existen diferentes estructuras o formas de ordenar la información dentro de la base de datos en función de asegurar un acceso eficiente y permitir establecer relaciones entre los atributos. En SIG el diseño relacional ha resultado el más favorable. En el diseño relacional, los datos se almacenan conceptualmente como un conjunto de tablas que son enlazadas por campos comunes a diferentes tablas. Este diseño ha sido ampliamente utilizado, principalmente por su flexibilidad y muy amplio desarrollo en aplicaciones tanto dentro como fuera de los SIG.

La estructura relacional es flexible y cuenta con una base matemática sólida, pudiéndose utilizar el álgebra relacional y el cálculo relacional para el procesamiento de datos en lugar de algoritmos computacionales convencionales. Entre los inconvenientes están las dificultades en la implementación y una operación más lenta.

La base de datos debe permitir el tratamiento de los datos por el usuario sin que éste necesite conocer la forma en que están físicamente almacenados.

A pesar que el modelo relacional aparenta haber ganado la mayoría del mercado, existen otras alternativas que dependerán del uso y conocimientos de los encargados del proyecto.

ESTRUCTURA JERÁRQUICA

La estructura jerárquica sigue una organización tipo árbol, con una raíz en lo alto de la jerarquía relacionado con uno o más elementos del nivel inmediatamente inferior, los cuales a su vez pueden estar conectados con uno o más elementos subordinados a ellos. De esta forma, cada elemento está conectado como máximo a un elemento inmediatamente superior llamado padre, y uno o más elementos inmediatamente inferiores, denominados hijos. La relación conserva siempre un orden descendente.

Como existe un solo vínculo entre elementos, no se necesita asignarle a dicha relación un nombre, ahorrando algo de almacenamiento. La relación se establece sólo entre padres e hijos; no pueden existir conexiones entre elementos de igual nivel jerárquico, ni entre elementos que no sean contiguos en jerarquía.

Esta limitante constituye la principal falla de la estructura jerárquica. Una vez creado el árbol, es imposible establecer nuevos tipos de relaciones.

Los modelos jerárquicos son adecuados para manejar datos cuando la estructura de la información del problema a modelar es jerárquica. Sirve por ejemplo, para representar los resultados de un censo, con la información organizada por departamentos, cada uno con sus ciudades y cada ciudad con sus barrios, etc.

La estructura jerárquica proporciona una alta velocidad de acceso en bases de gran tamaño y facilita la actualización pudiendo adicionar nuevos grupos de datos sin modificar la base existente.

ESTRUCTURA DE RED

Similar al modelo jerárquico, la estructura en red permite que un elemento tenga varios padres de diversas categorías jerárquicas y que cada padre tenga hijos de diversas clases. Con este nuevo tipo de relaciones puede no existir un elemento raíz. A pesar de las nuevas relaciones permitidas, no pueden existir vínculos entre hijos, es decir, entre elementos de igual categoría.

Con una tendencia a una menor redundancia y mayor flexibilidad comparada con la estructura jerárquica, la estructura de red permite consultas rápidas e incluye métodos para construir y restablecer nuevos vínculos. Por otro lado, cada enlace o relación debe ser almacenada explícitamente. Para redes muy intrincadas una parte considerable del almacenamiento puede ser ocupada por los vínculos.

ESTRUCTURA RELACIONAL

La estructura relacional acaba con la jerarquía entre los datos. Esta estructura puede ser concebida como un conjunto de relaciones normalizadas en una colección de dominios. El conjunto normalizado puede visualizarse como una tabla bidimensional, cada fila representa completamente un elemento en particular o registro; no pueden existir dos filas idénticas. Las columnas representan diversas categorías o campos, uno de ellas se llama campo clave, pudiendo contener valores o claves que permitan identificar a un solo elemento de otra tabla

externa. De esta forma se establece un vínculo entre el datos representado por una fila y los invocados por la columna. Las columnas tiene un dominio, es decir que cada una referencia un tipo particular de elementos. El orden de las filas y las columnas no es relevante.

ALMACENAMIENTO FÍSICO DE LA INFORMACIÓN

Un SIG es una herramienta eficiente en la medida en que la información esta almacenada en bases de datos.

En una base de datos de un SIG, los datos quedan registrados y almacenados con una estructura: de celdas, de vectores y de tablas.

Una base de datos es un conjunto de archivos con gran cantidad de datos referenciados (o no) geográficamente.

La base de datos de atributos, esta compuesta de registros descriptivos ordenados en tablas.

La base de datos asociada a un SIG se compone de campos y records con estos tipos de datos:

1. **Numéricos** – Se dividen principalmente en:
 - Binarios – Usados para tipos especiales de información: cierto o falso o
 - Para objetos como imágenes, etc.
 - Fechas – Un tipo especial de dato numérico
 - Enteros – Cualquier número positivo o negativo que no incluya una fracción.
 - Reales – Incluyen los números enteros y cualquier número con fracción.
2. **Texto (string)** – Las cadenas de caracteres se usan para describir características nominales o de cualidades de los récord en una base de datos.
3. **Objetos**: archivos, imágenes, etc.

Una base de datos puede residir en un único equipo central o distribuida a través de varios servidores ubicados en lugares físicos distantes. Al realizar una consulta el sistema podrá buscar toda la información a un único lugar o tener que realizar búsquedas por una red de equipos con información parcial.

- **Bases de datos centralizadas**

Una base de datos está centralizada si toda su información reside en un único equipo servidor formado por una o varios ordenadores, ubicado en un único lugar físico.

Su ventaja principal reside en las políticas de administración y seguridad centralizadas. Su mayor desventaja es la exigencia de potentes equipos servidores. En caso de fallar el servidor o de encontrarse congestionada la red, no se podrá acceder a la información.

- **Bases de datos distribuidas**

Es una base de datos implementada sobre una red en la que las particiones de componentes están distribuidas sobre diversos nodos de la red. En función del tráfico específico de actualizaciones y recuperaciones, distribuir la base de datos puede mejorar significativamente el rendimiento general.

El mayor problema de las bases de datos distribuidas es que se debe contar con un vínculo de comunicación rápido entre los distintos equipos servidores.

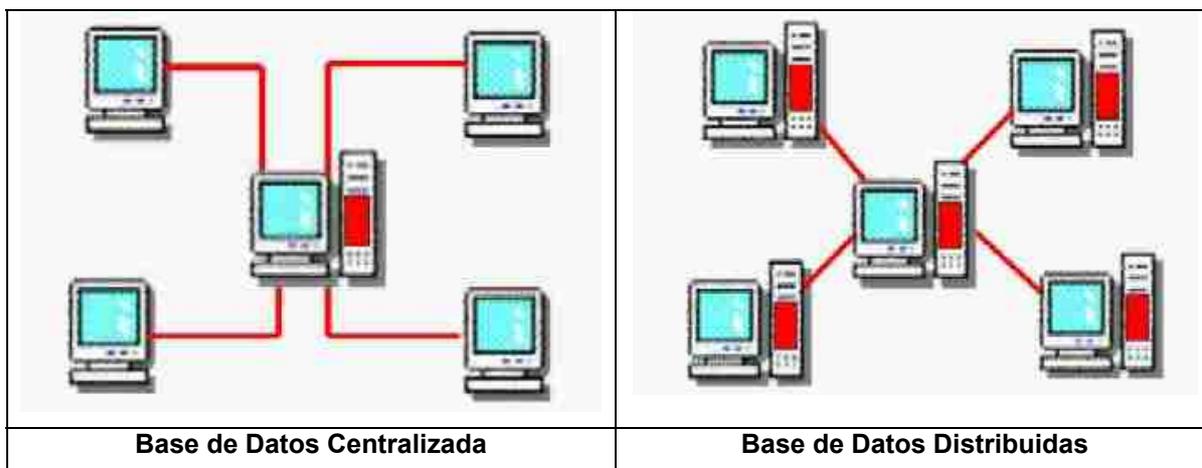


Figura 35: Base de datos según sistema de almacenamiento

EXTRACCIÓN Y CONSULTA DE INFORMACIÓN

La manipulación de la información incluye operaciones de extracción y edición. Así mismo provee los mecanismos para la comunicación entre los datos físicos (extraídos por los módulos de almacenamiento y utilización por los módulos de análisis)

Las formas de extraer o recuperar información de los SIG son muy variadas y pueden llegar a ser muy complejas. Una de las formas básicas para extraer la información es:

- Especificación geométrica.
- Condición geométrica
- Especificación descriptiva.
- Condición descriptiva o lógica.

Especificación geométrica.

Consiste en extraer información del SIG mediante la especificación de un dominio espacial definido por un punto, una línea o un área deseada. Por ejemplo: seleccionar por medio del apuntador gráfico un río en un mapa, una tubería en un plano.

Condición geométrica

Extraer por medio de un dominio espacial y una condición geográfica entidades gráficas. Por ejemplo: las poblaciones que se encuentren en un radio de 5 Km. al rededor de una dique.

Especificación descriptiva.

Extracción de las entidades espaciales que satisfagan una condición descriptiva determinada. Por ejemplo todos los predios que tengan el mismo dueño.

Condición descriptiva o lógica.

Extracción de entidades espaciales que cumplan la condición descriptiva y una expresión lógica cualquiera relacionada con uno algunos de sus atributos espaciales asociados. Por ejemplo, todos los predios que pertenezcan al mismo dueño, con áreas superiores a 500 hectáreas y perímetro superior a 10.000 metros.

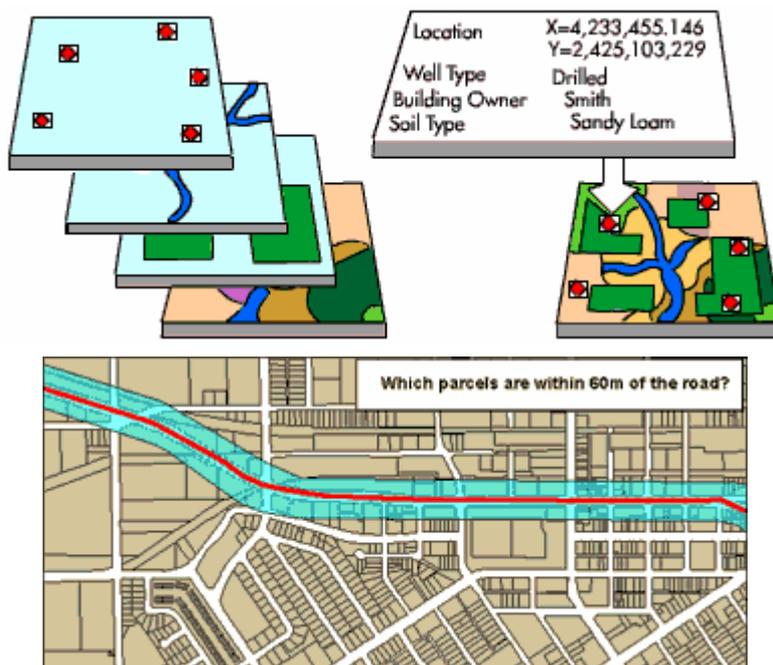


Figura 36: Extracción y consulta de información gráfica

Con un Sistema de Información Geográfica (SIG), se puede consultar lo que existe en la base de datos de los elementos geográficos. Por ello otra forma básica de consultar datos dentro de un SIG.

Las consultas gráficas.- Lo primero es especificar la ubicación de un elemento geográfico (punto, línea, área o polígono) del cual queremos información, esta selección se hace por medio de un clic con el mouse en el layer o tema a identificar.

Las consultas tabulares.- Estas consultas responden a las preguntas que hagamos a la base de datos de un layer o tema en particular, estas consultas se hacen por medio de expresiones lógicas compuestas por un campo-operador-valor, tipeando o escribiendo la pregunta. También pueden estar construidas por medio de una serie de condiciones, después de especificar las condiciones obtenemos una lista de objetos que cumplen con esas condiciones y a su vez en pantalla se despliegan todas las características seleccionadas.

EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN

Permite la modificación y actualización de la información. Las funciones de edición son particulares de cada programa SIG. Las funciones deben incluir:

- Mecanismos para la edición de entidades gráficas (cambio de color, posición, escala, dibujo de nuevas entidades gráficas, entre otros.)
- Mecanismos para la edición de datos descriptivos (modificación de atributos, cambios en la estructura de archivos, actualización de datos, generación de nuevos datos, entre otros.)

ANÁLISIS Y MODELAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Permite realizar las operaciones analíticas necesarias para producir nueva información con base en la existente, con el fin de dar solución a un problema específico.

Las operaciones de análisis y modelamiento se pueden clasificar en:

1. Generalización cartográfica.

Capacidad de generalizar características de un mapa o presentación cartográfica, con el fin de hacer el modelo final menos complejo.

2. Análisis espaciales

Incluye las funciones que realicen cálculos sobre las entidades gráficas. Va desde operaciones sencillas como longitud de una línea, perímetros, áreas y volúmenes, hasta análisis de redes de conducción, intersección de polígonos y análisis de modelos digitales del terreno. (Ver serie didáctica N° 26).

Los diferentes tipos de análisis que un SIG debe realizar como mínimo son:

- **Contigüidad:** Encontrar áreas en una región determinada.
- **Coincidencia:** Análisis de superposición de puntos, líneas, polígonos y áreas.

- **Conectividad.** Análisis sobre entidades gráficas que representen redes de conducción, tales como:
 - Enrutamiento: Como se mueve el elemento conducido a lo largo de la red.
 - Radio de acción: Alcance del movimiento del elemento dentro de la red.
 - Apareamiento de direcciones: Acople de información de direcciones a las entidades gráficas.

- **Análisis digital del terreno:** Análisis de la información de superficie para el modelamiento de fenómenos geográficos continuos. Con los modelos digitales de terreno (DTM: la representación de una superficie por medio de coordenadas X, Y, Z) que son la información básica para el análisis de superficies.

- **Operación sobre mapas:** Uso de expresiones lógicas y matemáticas para el análisis y modelamiento de atributos geográficos. Estas operaciones son soportadas de acuerdo con el formato de los datos (ráster o vectorial)

- **Geometría de coordenadas:** Operaciones geométricas para el manejo de coordenadas terrestres por medio de operadores lógicos y aritméticos. Algunas de esas operaciones son: proyecciones terrestres de los mapas, transformaciones geométricas (rotación, traslación, cambios de escala), precisión de coordenadas, corrección de errores.