BIBLIOTECA
FACULTAD DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

H-Map

Una Herramienta GIS

para la digitalización de mapas

Director del proyecto : Prof. Dr. Gustavo Rossi

Alumno : Dante Barbero

Facultad de Informática

U.N.L.P.- La Plata, Argentina.

TES
99/3
DIF-02068
SALA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE INFORMATICA
Biblioteca
50 y 120 La Plata
catalogo.info.unlp.edu.ar
biblioteca@info.unlp.edu.ar

DIF-02068

DONACION..... TES
$..... 99|3
Fecha..... 29-9-05
Inv. E..... Inv. B..... 2068

BIBLIOTECA
FAC. DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

Agradecimientos

Quiero agradecer al Prof. Dr. Gustavo Rossi por sus críticas, sugerencias y la lectura de los borradores, que permitieron mejorar en gran medida la presentación de este trabajo.

BIBLIOTECA
FAC. DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

Indice

Agradecimientos.....2

Indice.....3

Capítulo 1. Introducción.....5

1.1 Definición de Sistema de Información.....5
1.2 Definición de Sistema de Información Geográfico.....5
1.3 Elementos que caracterizan un SIG.....6
1.4 El uso de SIG para la toma de decisiones.....7
1.5 Comparación entre SIG y otros enfoques.....8
1.6 Campos de aplicación de los SIG.....10
1.7 Origen y evolución de los SIG.....12
1.8 Objetivos del proyecto.....14

Capítulo 2. Base Conceptual.....15

2.1 Elementos escenciales de un SIG.....15

Capítulo 3. Estructuras de datos.....17

3.1 Introducción.....17
3.2 Formas de organización de la base de datos de un SIG.....18
3.3 Representación en forma vectorial y en forma de teselación.....19
3.4 Ejemplos de estructuras raster y vectorial.....22
3.5 Cambio de formatos.....26
3.6 Ventajas y desventajas de los distintos formatos.....28

Capítulo 4. Etapas de un SIG.....30

4.1 Adquisición de datos.....30
4.2 Preprocesamiento.....32
4.2.1 La captura de información geográfica.....44
4.3 Manejo de datos.....54
4.4 Manipulación y análisis.....56
4.5 Generación del producto.....66

Capítulo 5. H-Map : Una herramienta SIG.....67

5.1 Características de la herramienta.....67
5.2 Requisitos mínimos del sistema.....68
5.3 Como crear un proyecto.....69
5.4 Uso de la técnica raster.....70
5.5 Uso de la técnica vectorial.....71
5.6 Uso del menú y de las barras de herramientas.....72
5.7 Ejemplos de ejercicios resueltos con H-Map.....82
5.8 Capacidades y limitaciones de H-Map.....86

Capítulo 6. Conclusión y trabajos futuros.....87

6.1 Conclusión.....87
6.2 Trabajos futuros.....88

Bibliografía.....89

BIBLIOTECA
FAC. DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

BIBLIOTECA
FAC. DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

Capítulo 1

Introducción

1.1 Definición de sistema de información

Un Sistema de Información es un proceso que consta de un conjunto de etapas que tiene como fin servir para la toma de decisiones. El proceso comienza con el planeamiento, la recolección de datos y el almacenamiento de los mismos, para luego ser analizados y usados. Estos datos son procesados y arrojan determinados resultados que el usuario obtiene para seguir determinadas acciones (Calkins y Tomlinson, 1977).

1.2 Definición de sistema de información geográfico

Un Sistema de Información Geográfico es un sistema de información diseñado para trabajar con datos relacionados con coordenadas geográficas. Puede decirse que es un sistema de bases de datos con capacidad para manipular datos espaciales o geográficos (F. Moldes, 1995).
Se entiende por dato espacial a un delimitador de algún área geográfica ; como por ejemplo : puntos, líneas y polígonos.

Otras definiciones que podemos encontrar sostienen que un SIG es :

Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión (NCGIA, 1990, vol. 1, p. 1-3).

Un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la Tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concreto (Rodriguez Pascual, 1993).

1.3 Elementos que caracterizan un SIG

Un programa o conjunto de programas informáticos se dice que constituyen un SIG cuando cuenta, en mayor o menor medida, con las siguientes funciones básicas (F. Moldes, 1995) :

- Sistema de representación gráfica que permita representar la mayoría de entidades gráficas típicas de la cartografía automática, tales como líneas, puntos, símbolos, tramas, imágenes, etc., referenciadas mediante coordenadas geográficas o cartesianas.

- Una base de datos que permita gestionar de forma sencilla, tanto conjunta como separadamente, los datos alfanuméricos y gráficos referentes a un espacio territorial.

- Una organización de su base de datos que permita relaciones espaciales, conocidas como relaciones topológicas, tales como la proximidad de entidades, la inclusión de unas entidades en otras, la continuidad de una ruta, etc..

- Sistema de acceso selectivo, por ejemplo un lenguaje SQL o similar, a los datos de la base de datos que permita consultas y simulaciones con los datos, tanto gráficos como alfanuméricos.

- Sistema de generación de cartografía automática a partir de las consultas y simulaciones.

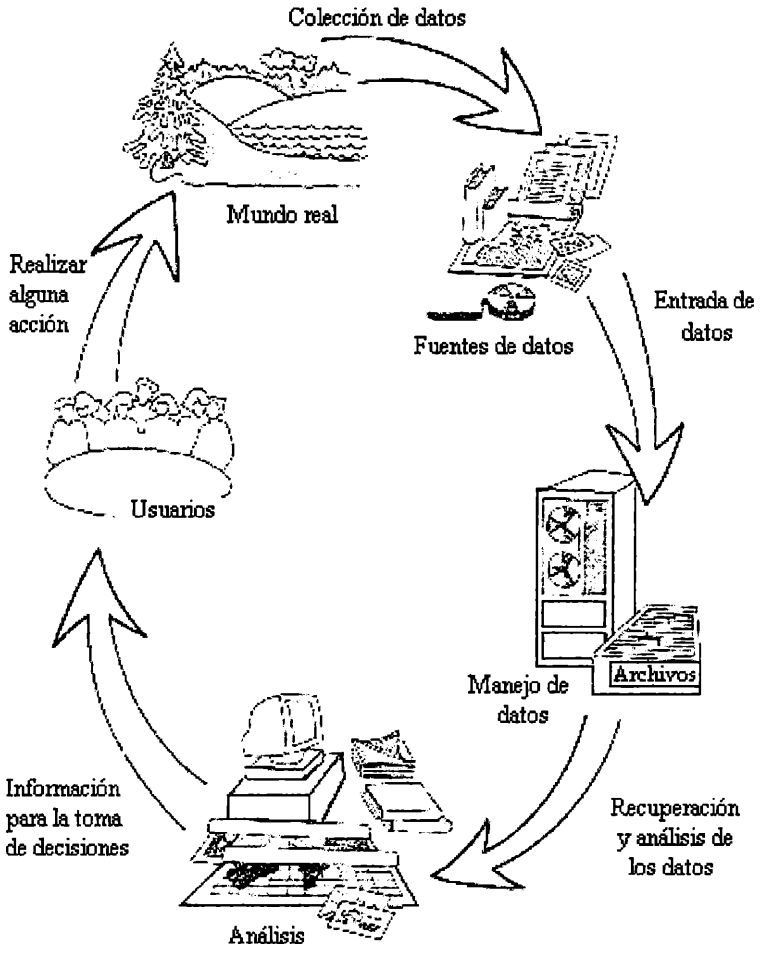
- Sistema de generación de documentación alfanumérica formado por listados, fichas e informes a partir de las consultas y simulaciones.

- Lenguaje de alto nivel que permita realizar aplicaciones a medida.

- Sistema de importación y exportación de datos y su organización a ficheros estándar de intercambio de datos.

1.4 El uso de GIS para la toma de decisiones

Básicamente, el uso de GIS para la toma de decisiones puede verse como el ciclo que muestra la siguiente figura:



Es decir, se toman datos de interés del mundo real y se almacenan. Luego cuando se necesitan, se recuperan éstos datos y se analizan.

Este análisis produce resultados que sirven a los usuarios como ayuda para poder determinar que acción seguir.

Estas acciones tendrán efectos sobre el mundo real.

1.5 Comparación entre SIG y otros enfoques

Antes hemos visto la definición de SIG, o GIS en la definición inglesa (geographic information systems), a un conjunto de programas y aplicaciones informáticas que permiten la gestión de datos organizados en base de datos, referenciados espacialmente y que puedan ser visualizados mediante mapas. En esta amplia definición caben muchos sistemas y programas que no se suelen clasificar como SIG, tales como los sistemas de dibujo asistido (CAD, Computer Aided Design), los sistemas de diseño y cálculo de ingeniería civil (CAE, Computer Assisted Engineering), los gestores de bases de datos en entornos gráficos, etcétera. Sin embargo, y tal como veremos mas adelante, con estos sistemas se pueden crear sistemas de información geográficos ; es decir, sistemas que permitan el acceso rápido a la información geográfica.

Es importante diferenciar la definición de un SIG considerado como producto informático de un sistema de información en pleno rendimiento ; es decir, un conjunto de elementos tales como equipos informáticos, programas, conjunto de datos, personal especializado, etc. que coordinados nos permiten acceder con mucha eficacia a los datos geográficos.

Nos referiremos a los SIG como sistemas de información, dando por supuesto que al instalar y gestionar adecuadamente un producto informático asimilable a un SIG se consigue un sistema de información geográfico. Con este supuesto, se puede encontrar la identificación coloquial del SIG con el programa informático, si bien la práctica nos demuestra que hay mucha distancia entre estos conceptos, ya que con instalar unos programas SIG no se consigue un sistema de información si no establecemos una organización y un equipo de personal que permitan crear un sistema de información sobre datos geográficos.

Se suele utilizar la denominación de sistema de información territorial (SIT) cuando se implanta un SIG en un área determinada ; por lo tanto , un SIT estará ligado a una entidad de gestión y a unas competencias específicas en el territorio sobre el que desarrolla su actividad.

Un sistema de información geográfica se puede instalar sin utilizar ningún paquete comercial tipo SIG ; por ejemplo, con un sistema de CAD y una base de datos, o simplemente con un lenguaje que tenga una buena librería de funciones gráficas. Por otro lado, los SIG son sistemas de propósito general, y además concebidos mayoritariamente en Estados Unidos y Canadá, en donde la problemática geográfica es diferente de la europea, por lo tanto, tienen que ser adaptados al problema concreto que se desea resolver. Esta adaptación es la que suele fallar, encontrándonos, sobre todo

en organismos públicos, con que después de varios años, e incluso en algunos casos habiendo cambiado varias veces de sistema SIG, no se ha logrado el objetivo de informar o informatizar la gestión, ya que todos los recursos gastados sólo han servido para aprender el sistema y mantener éste en funcionamiento ; es decir, resolver los problemas que la propia implantación generó.

Para instalar un SIG, hay que seguir una serie de pasos. Lo más recomendable, aunque parezca obvio, es seleccionar un software comercial SIG y crear una serie de programas adicionales o macros de consulta que permitan un acceso rápido y sencillo a los datos.

Es cierto que no siempre el sistema más caro o el más extendido es el más adecuado. Lo más difícil es en la actualidad, seleccionar la plataforma hardware y, sobre todo, decidir si es suficiente un ordenador personal tipo PC o una estación de trabajo.

A continuación se muestra una tabla con sistemas afines a los SIG (F. Moldes, 1995):

GIS (Geographic Information System) Sistema SIG de propósito general.

AM (Automated mapping) Sistema de cartografía automática.

FM (Facilities Management) Sistema especializado en gestión de entidades tales como redes de infraestructura.

DM (Desktop Mapping) Sistema especializado en presentación de mapas, mayoritariamente en ordenadores personales.

IP (Image Processing) Sistema especializado en el proceso de imágenes.

CAD (Computer Assisted Design) Sistema de dibujo y diseño con ordenador.

CAE (Computer Assisted Engineering) Sistema de ayuda al diseño en ingeniería.

LIS (Land Information Systems) Sistema especializado en información catastral.

1.6 Campos de aplicación de los SIG

A continuación veremos las diversas áreas de aplicación de los SIG(F. Moldes, 1995) :

- Planificación urbana y regional: por ejemplo, en el diseño y gestión de normas y ordenanzas del uso del suelo, gestión de parques naturales, gestión municipal de licencias de obras, gestión del mobiliario urbano, señalización, etc..

- Gestión de infraestructuras, tanto en las fases de diseño y construcción como en la explotación y mantenimiento.

- Ingeniería de los transportes: por ejemplo, en el diseño de planes de tráfico, evaluación de la red viaria, optimización de los recorridos en los sistemas de acopio y distribución, gestión de líneas de transportes de autobús o ferrocarril, incluyendo gestión de turnos, enlaces, horarios, etc..

- Exploraciones mineras de gas, petróleo y carbón, entre otras: por ejemplo, investigar las zonas más propicias para la explotación minera, la obtención de los horizontes del terreno para la investigación de los filones mineros, etc..

- Gestión de recursos naturales renovables: por ejemplo, la gestión de sacas y repoblaciones de bosques, gestión de los recursos hidráulicos, contaminación del aire, evaluación del paisaje, etc..

- Gestión del catastro urbano, rústico, registros de propiedad, registros de productores y explotaciones agrícolas, etc..

- Gestión de la seguridad pública: por ejemplo, aplicaciones militares y policiales.

- Gestión pública de estadísticas y censo, así como definición de distritos electorales.

- Publicaciones de mapas y datos referentes a la geografía en general; es decir, tanto física como económica política, administrativa, etc..

- Dibujo de cartografía a partir de fotografías aéreas y triangulaciones convencionales y con geoposicionadores globales.

- Gestión comercial de empresas; por ejemplo, en los aspectos de idoneidad de ubicación de centros de acopio y distribución; gestión de los transportes, análisis de las áreas de clientes y demanda, gestión de instalaciones de distribución de agua, gas, electricidad, aeropuertos, etc..

Por lo tanto, hay que tener muy claro cuál es el objetivo a alcanzar ; es decir, el modelo que deseamos utilizar, y seleccionar aquellos datos que sean realmente relevantes para este modelo.

1.7 Origen y evolución de los SIG

Según F. Moldes, en su libro Tecnología de los Sistemas de Información Geográficos, los SIG surgieron a finales de los años sesenta y principios de los setenta, y parten, por un lado, de los sistemas de simulación y modelado en las disciplinas de ecología, planificación territorial y urbanística, y por otro, de los grandes sistemas de información estadística y geográfica.

En cuanto a los sistemas de simulación y modelado en la planificación territorial, el sistema que más ha aportado e influído en el origen de los SIG, ha sido el sistema SYMAP, creado en Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spacial Analysis, de la Universidad de Harvard, e inspirado por las aplicaciones de planeamiento regional y urbano del doctor Howard Fisher. Otro sistema importante en los orígenes de los SIG, ha sido el sistema GRID, del Department of Landscape Architecture, de la Graduate School of Design de la Universidad de Harvard. De éste sistema se derivaría el IMGRID, del mismo departamento, y terminado en el año 1975, el cual incluiría aspectos de modelado dinámico ; este programa fue ampliamente utilizado en el modelo de procesado de datos para la ordenación territorial.

Después de esta etapa, en la que los sistemas se basan en cuadrículas, se inicia la creación de sistemas vectoriales, sobre todo aprovechando las nuevas tecnologías de periféricos, tales como el plóter de plumillas, surgido a mediados de los setenta. De esta forma, surge el sistema POLYVRT, que recoge los diseños del formato de intercambio de datos geográficos en formato vectorial DIME (Dual Independent Map Encoding), de la oficina del Censo de Estados Unidos de América. Otra vez, la Universidad de Harvard se adelanta diseñando el sistema ODYSSEY, basado en la organización topológica del sistema POLYVRT.

Dos hitos marcan la historia de los SIG ; de un lado, a principios de los años setenta se crea el primer sistema gráfico interactivo, creado por COMPUTERVISION, y por otro, al inicio de la década de los años ochenta, ESRI crea el primer sistema eficiente de superposición de polígonos.

Actualmente, existen multitud de sistemas en el mercado, y no todos son iguales, ya que surgieron en diferentes plataformas de ordenadores, diferentes desarrollos de técnicas informáticas y para cometidos muy diferentes.

Los orígenes de los SIG como sistemas de información surgen a mediados de los años sesenta ; la primera experiencia la constituye el Canadian Geographical Information System (1967) y el Land Use and Natural Resources Information Systems de New York (1967).

La evolución de los SIG ha estado siempre condicionada por las posibilidades gráficas de los periféricos y de los ordenadores. Así, los premeros sistemas de simulación y modelado apenas tenían salidas gráficas, limitándose a mapas temáticos creados con una impresora. Fueron los sistemas CAD de dibujo y diseño con ordenador los que primero incorporaron los sistemas gráficos vectoriales e interactivos. Estos sistemas CAD (INTERGRAPH, COMPUTERVISION, entre otros) incorporaron módulos de cartografía automática incluso con topología de polígonos, como el sistema CADDS-AIM de COMPUTERVISION, llegando a ser sistemas muy próximos a lo que hoy se entiende por SIG. Por otro lado, la incorporación de la organización de los datos en bases de datos permitió un fácil acceso a los datos para modificaciones y consultas. Por último, las técnicas de tratamiento de imágenes desde satélites, desarrolladas fundamentalmente por la NASA, dieron un fuerte impulso a la técnica raster o cuadrícula, que había caído en desuso por la novedad de la técnica vectorial.

En resumen, los primeros SIG fueron raster, luego surgieron los vectoriales ; en paralelo al desarrollo de los vectoriales, surgieron los procesadores de imágenes, y actualmente, los SIG más evolucionados son mixtos raster-vector, con sistemas de intercambio entre ambas técnicas de representación y almacenamiento.

Se espera que la programación orientada al objeto y los sistemas expertos permitirán la evolución futura de los SIG, quizá para que sean menos complejos y más útiles.

1.8 Objetivos del proyecto

Los Sistemas de Información Geográficos (SIG) constituyen una herramienta tecnológica de extraordinaria utilidad en la gestión territorial. Estos sistemas son el resultado de múltiples desarrollos metodológicos e informáticos procedentes de muy diversas disciplinas, tales como los modelos ecológicos, sistemas de cartografía automática, base de datos, modelos urbanos y territoriales, etc., con la idea de crear una herramienta pluridisciplinaria que posibilite una gestión de los datos geográficos con sistemas informáticos sin perder las particulares relaciones espaciales entre los datos geográficos.

Los SIGs pueden trabajar con diversos tipos de mapas : orográficos (elevaciones del terreno), físicos, políticos, meteorológicos, de carreteras, etc., y producir, en base al tipo de mapa, diversos resultados, como por ejemplo : caminos mínimos, áreas de drenaje, pendientes u orientaciones del terreno, entre otros.

El objetivo del presente trabajo ha sido el de describir paso a paso las distintas etapas de los SIGs (lo que podría ser el desarrollo de un proyecto SIG real) y el desarrollo de una herramienta que permita trabajar con distintas clases de mapas y realizar muchas de las funciones de los SIGs existentes en la actualidad. Para ello se ha combinado la investigación bibliográfica con conclusiones o ideas propias .

El texto está dividido en 6 capítulos. El capítulo 1 es una introducción a los SIG : describe las característica de tales sistemas, sus similitudes y diferencias con otros enfoques, su evolución cronológica y sus campos de aplicación.

El capítulo 2, Base Conceptual, describe las partes en que suele dividirse el desarrollo de un SIG.

El capítulo 3 explica las formas de organizar la base de datos de un SIG, enumerando ventajas y desventajas de cada una, y dando ejemplos de las mismas.

El capítulo 4 trata de las funciones comunes en las distintas etapas de un SIG.

El capítulo 5 describe la herramienta SIG construída : H-Map, sus características, forma de uso, y sus capacidades y limitaciones. También incluye una serie de ejercicios que han sido resueltos usando dicha herramienta.

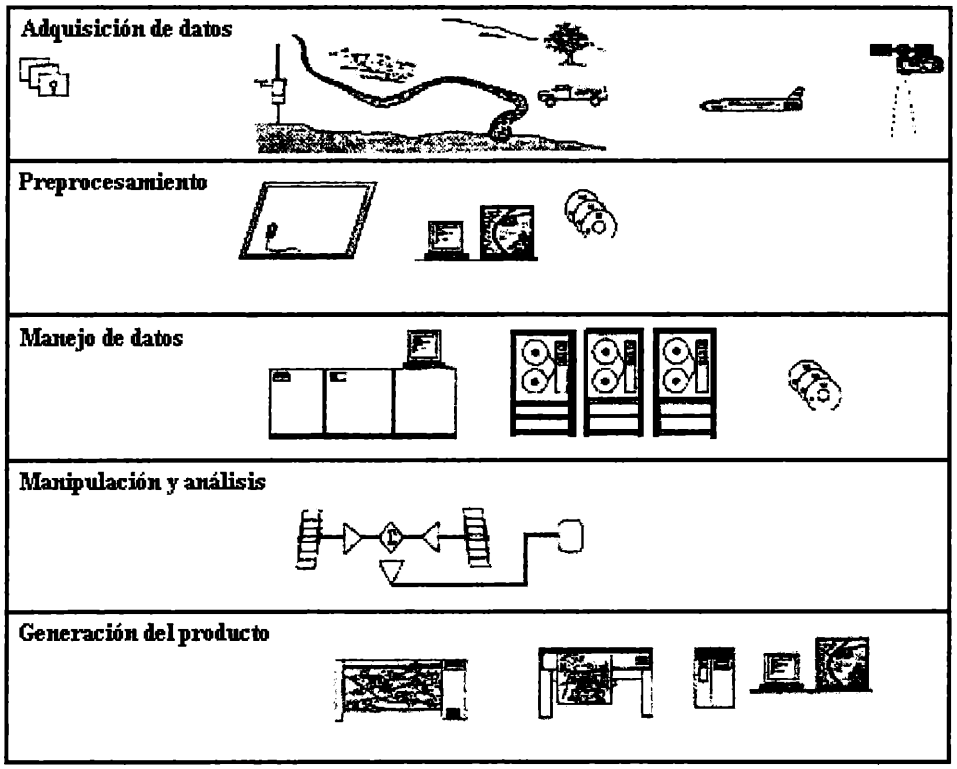
Por último, el capítulo 6, esboza una breve conclusión y sugiere trabajos que podrían hacerse en el futuro para mejorar y ampliar el presente proyecto.

Capítulo 2

Base Conceptual

2.1 Elementos escenciales de un SIG

Un SIG consta de 5 etapas : adquisición de datos, preprocesamiento, manejo de datos, manipulación y análisis, y generación del producto (Jeffrey Star y John Estes).



La adquisición de datos es el proceso de identificación y obtención de los datos requeridos para la aplicación. Estos datos pueden ser por ej.; fotos, planos, mapas.

El preprocesamiento se ocupa de que los datos obtenidos puedan ser puestos en el SIG. Dos tareas muy comunes en ésta etapa son la conversión del formato de datos(por ejemplo: asentar en una base de datos la información contenida en un reporte o un mapa) y el establecer una forma consistente para especificar y grabar las ubicaciones de los objetos en una base de datos.

El manejo de datos consta de funciones para la creación y el acceso de la base de datos. Estas funciones proveen métodos consistentes para la entrada, modificación, borrado y retorno de datos.

La manipulación y análisis es el foco de atención para el usuario del sistema. Aquí están las funciones que trabajan con los datos para obtener nueva información. Por ejemplo, podemos marcar una región y consultar la altura promedio en ese terreno o los puntos cuya pendiente supere los 45 grados.
Esta etapa se la conoce también con el nombre de geoprocesamiento.

La generación del producto es la fase que consta de los resultados finales de un SIG. Estos resultados pueden ser gráficos de barras, mapas marcando zonas con determinadas características requeridas por el usuario, un valor numérico que indique la altura media del terreno, etc..

Capítulo 3

Estructuras de datos

3.1 Introducción

Veremos ahora los tipos de datos y su organización dentro del SIG, según J.Bosque, F. J. Escobar, E. García y M. Jesús Salado.

En general, en un dato geográfico se pueden diferenciar dos aspectos conceptuales: el espacial (geometría + topología) y el temático.

La geometría describe la posición absoluta de cada objeto respecto a unos ejes de coordenadas .

La topología describe relaciones entre los objetos (por ej. el polígono A es vecino de B, la línea E corta el polígono C, el punto D está fuera del polígono A).

El aspecto temático se compone de variables ligadas a cada objeto(por ejemplo: valores de la población en cada municipio).

Existen 2 formas de representar estas bases de datos.

En primer lugar, el modelo de SIG denominado híbrido, utiliza dos bases de datos diferentes(una para los elementos espaciales y otra para los elementos temáticos).

En segundo lugar, el modelo de SIG integrado, incluye en una sola base de datos mixta, los elementos espaciales y los temáticos.

En la actualidad, el modelo híbrido tiene más éxito y difusión entre los programas SIG comerciales. El modelo integrado es más lento en su funcionamiento o requiere ordenadores más potentes. Una ventaja del modelo híbrido es que permite caracterizar la aplicación desde los 2 puntos de vistas antes mencionados.

Esto permite que, si por ejemplo, la aplicación cambiara las coordenadas de los objetos espaciales, sólo se modificaría la base de datos correspondiente a los objetos espaciales, mientras que la otra base de datos quedaría igual. Es decir, teniendo múltiples vistas de la aplicación y una base para cada vista, se logra una mayor abstracción que si tenemos los datos en forma mixta. Además su modificación es más fácil.

3.2 Formas de organización de la base de datos de un SIG

La base de datos temática puede ser representada de varias formas (relacional, red, jerárquica, orientada a objetos, etc.) dependiendo de la aplicación y teniendo en cuenta ventajas y desventajas de cada modelo.

La base de datos espacial se puede organizar de 2 formas diferentes: en forma de teselación o en forma vectorial.

En el primer caso, el espacio geográfico real es subdividido en pequeñas unidades en las cuales se miden los valores temáticos existentes.

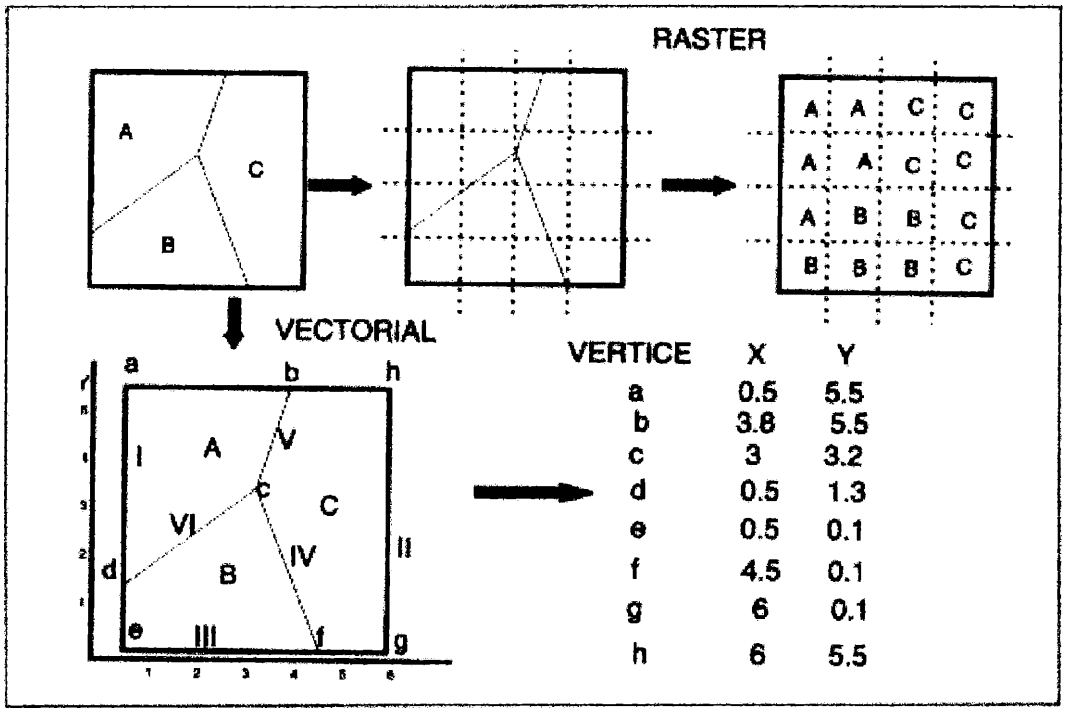
Por su parte, el modelo vectorial se centra en la descripción de las fronteras exteriores de los elementos geográficos existentes en el mundo real.

Una cuestión importante es cómo relacionar ésta descripción espacial con los datos temáticos asociados a ella.

En el modelo vectorial, la solución usual es el establecimiento de un identificador para cada elemento geográfico que aparece en las 2 bases de datos: la espacial y la temática.

En el modelo de teselación, ésto puede ser más variable(a veces el identificador coincide con un valor temático concreto que aparece en ese punto de la realidad, y en otras ocasiones se refiere a un objeto/elemento geográfico que puede estar dotado de numerosas variables temáticas contenidas en otra base de datos).

3.3 Representación en forma vectorial y en forma de teselación

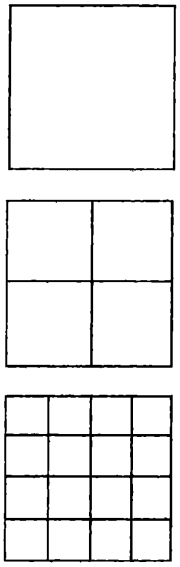


Ejemplos de la forma de teselación son: las celdillas raster, raster run-lenght, y los árboles cuaternarios.

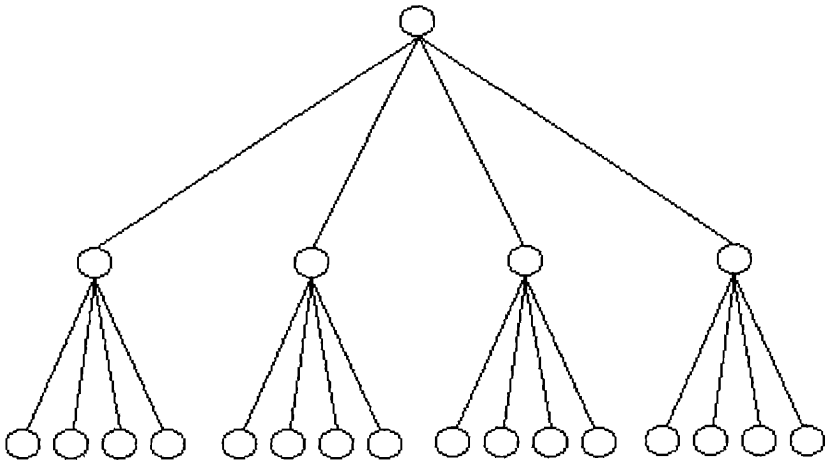
Las celdillas raster guardan para cada punto del mapa la descripción del parámetro de interés(por ej. altura en ese punto). Esta representación es muy redundante puesto que generalmente existen conjuntos de puntos próximos con la misma característica.

El método raster run-lenght mejora este aspecto guardando pares(parámetro de interés , cantidad). Esto significa, suponiendo que el parámetro de interés sea la altura, que si aparece el par(20, 100), existen 100 puntos consecutivos que representan una altura de 20 metros.

Los árboles cuaternarios dividen el mapa en 4 partes, a su vez c/u de éstas partes se divide en 4 partes y así sucesivamente hasta alcanzar un nivel de detalle suficiente. La idea es que a medida que se desciende del árbol se obtiene una descripción cada vez más exhaustiva, y recíprocamente, a medida que se asciende en el árbol se tiene una descripción más generalizada.



Celdas raster de diferentes tamaños



Representación en forma de árbol

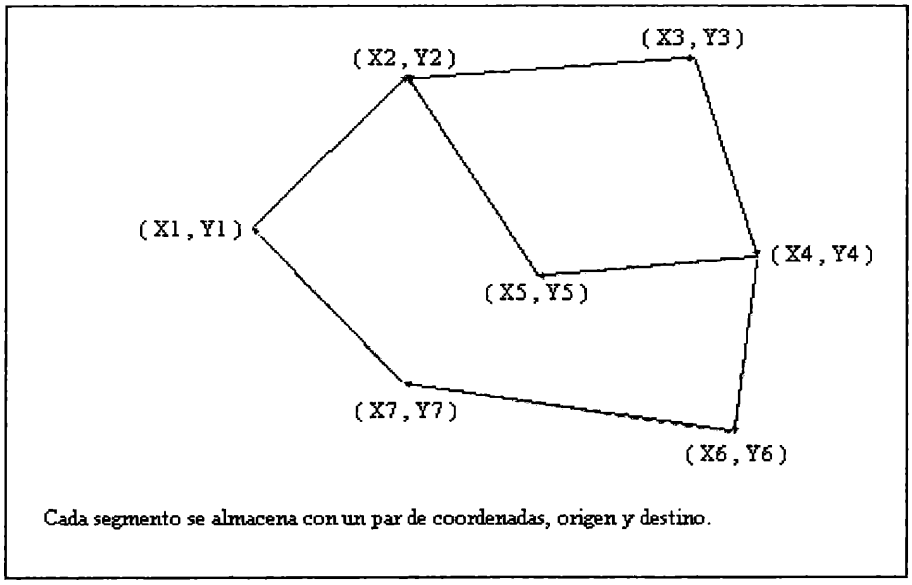
Jeffrey Star y John Estes describen en su libro algunos ejemplos de la forma vectorial, como son : la estructura arco-nodo y la estructura relacional.
En la estructura arco-nodo se almacenan objetos estructurados jerárquicamente. Los puntos son los componentes básicos elementales. Los arcos son segmentos definidos como la línea entre dos puntos. Los polígonos son conjuntos de arcos que forman un área cerrada.

La estructura relacional es similar a la anterior, con la diferencia que las bases de datos espacial y temática se almacenan separadamente.

En la herramienta desarrollada, la base de datos espacial fue representada con formato vectorial con estructura relacional.
El archivo de nodos representa puntos que son de importancia en el mapa, y el archivo arcos, representa segmentos rectilíneos, cada uno de los cuales empieza y termina en un nodo.
También es posible usar celdillas raster, asociando un valor temático a cada punto del mapa.

De ésto deducimos que H-Map es un sistema híbrido raster-vector ; que, como hemos visto con anterioridad, son los que se utilizan actualmente.

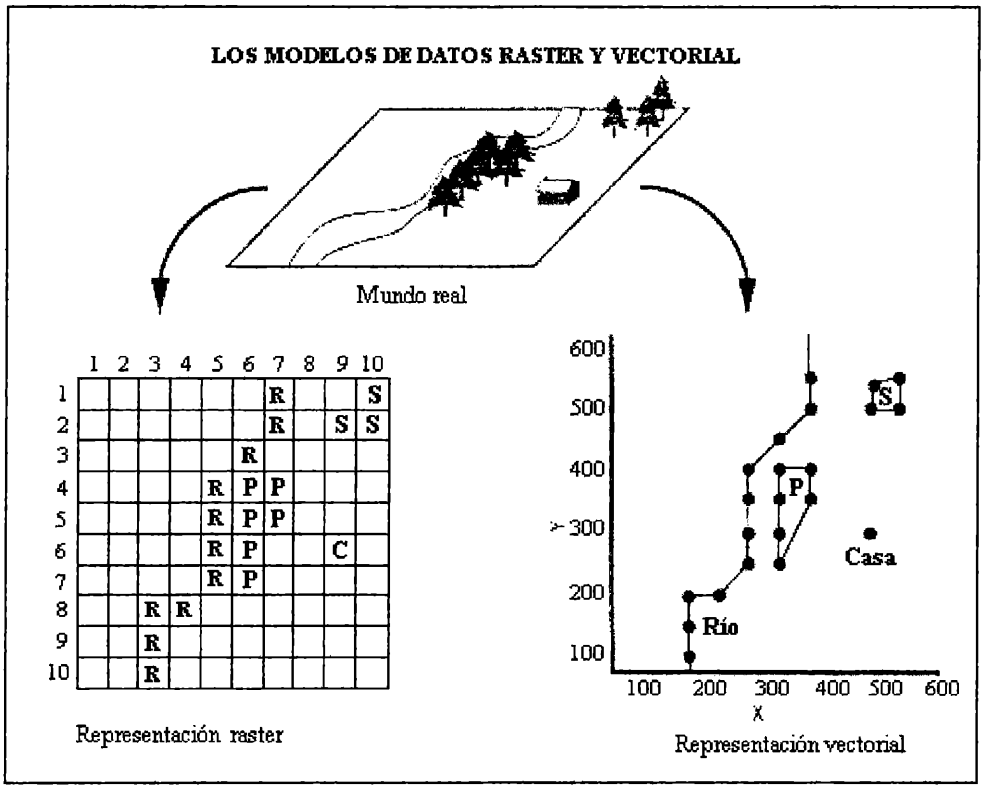
A continuación se muestra como se representa un polígono en formato vectorial.



Técnica vectorial de representación de polígonos.

3.4 Ejemplos de estructuras raster y vectorial

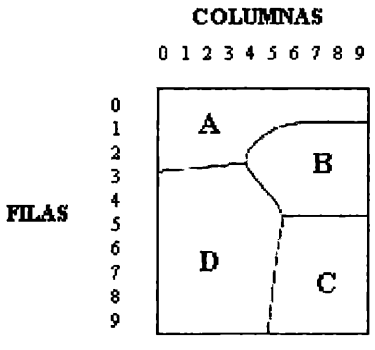
Derivación de las estructuras raster y vectorial:



En la representación raster la zona se divide en pequeños rectángulos que describen el objeto de interés en esa zona.
En la representación vectorial se dibuja una línea entre nodos (puntos de importancia) y se tiene información acerca de la ubicación de cada nodo.
Como se mencionó anteriormente, H-Map usa la representación vectorial para representar arcos y nodos ; pero provee la posibilidad de usar la representación raster si así lo desea.
Para ello, H-Map permite crear lo que se denomina Modelo Digital del Terreno (MDT).
Un MDT es una representación de la topología de un territorio, en formato digital, adecuado a su tratamiento con el ordenador (Bosque, Escobar, García, Jesús Salado, 1994).

Para realizar la representación de un MDT en formato raster, el programa asocia a cada pixel un número (que puede ser la altura del punto, la lluvia promedio anual de ese punto o cualquier otro parámetro de interés).
El proceso de creación de un MDT en H-Map se explicará en el capítulo 5.

Ejemplo de la codificación raster run-length



Codificación raster pura (100 valores)

	COLUMNAS									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
F	2	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
I	3	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B
L	4	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B
A	5	D	D	D	D	D	B	B	B	B	B
S	6	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
	7	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
	8	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
	9	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C

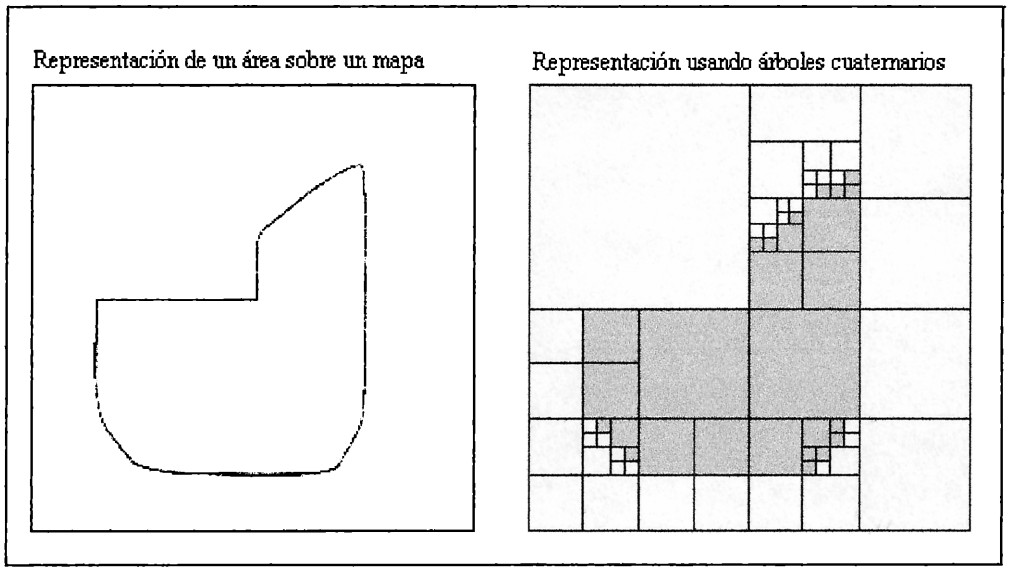
Codificación Run Length (54 valores)

VALOR	LONGITUD	FILA
A	10	0
A	10	1
A	4	2
B	6	2
A	3	3
B	7	3
D	4	4
B	6	4
D	5	5
B	5	5
D	5	6
C	5	6
D	5	7
C	5	7
D	5	8
C	5	8
D	5	9
C	5	9

Codificación (valor , punto) (32 valores)

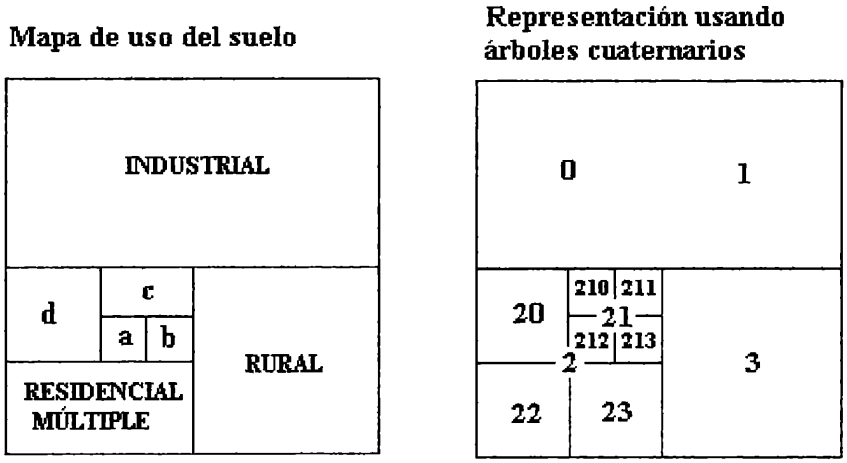
VALOR	PUNTO
A	23
B	29
A	32
B	39
D	43
B	49
D	54
B	59
D	64
C	69
D	74
C	79
D	84
C	89
D	94
C	99

Ejemplo del uso de la representación con árboles cuaternarios



División variable del espacio usando árboles cuaternarios.

Representación en forma de árboles cuaternarios



a Servicios comunitarios **c Comercial**
b Recreación **d Residencia destacado**

Representación esquemática del árbol cuaternario

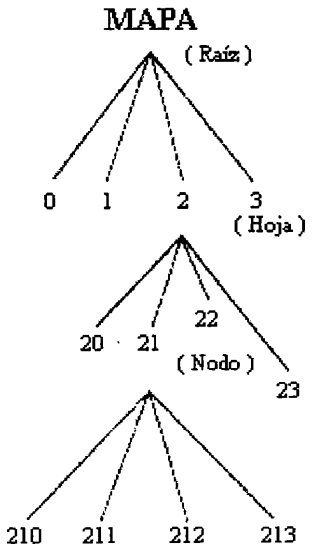


Tabla de atributos

Niveles del árbol			Atributos
1	2	3	
0			Industrial
1			Industrial
2			Residencial
	20		Residencial, Destacado
	21		Servicios
		210	Comercial
		211	Comercial
		212	Servicios comunitarios
		213	Recreación
	22		Residencial, Múltiple
	23		Residencial, Múltiple
3			Rural

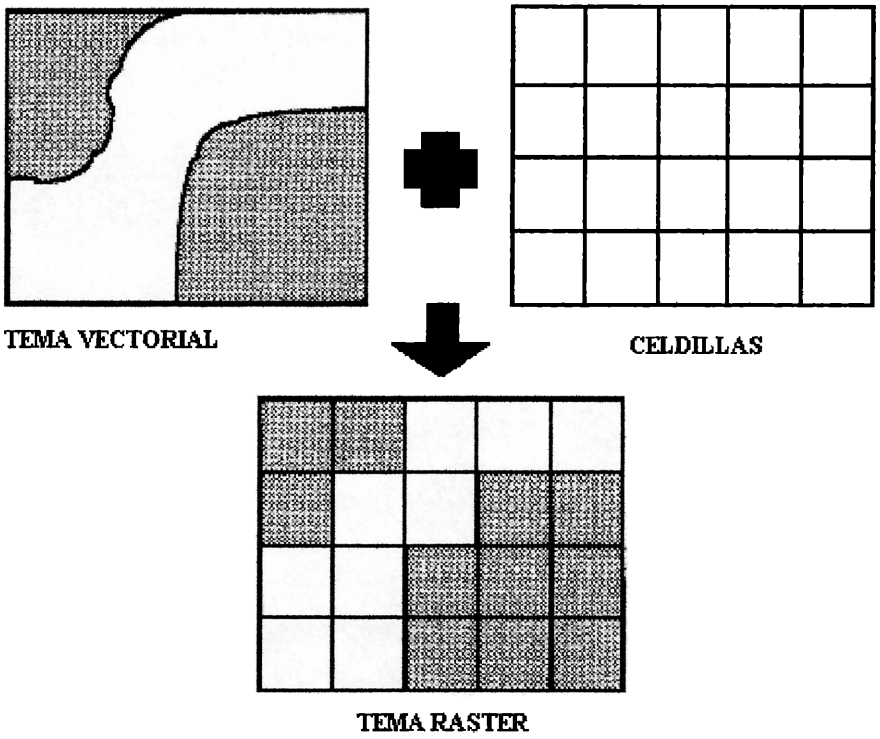
La organización de los datos usando el modelo de árboles cuaternarios.

BIBLIOTECA
FAC. DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

3.5 Cambio de formatos

A menudo debemos cambiar el formato cuando los datos necesarios para realizar alguna función no coinciden con los datos de entrada de la misma. Debajo se detalla como se realiza el cambio de formato y posteriormente las ventajas y desventajas de los formatos raster y vectorial según describe F. J. Moldes.

Transformación de formato vectorial a formato raster



Transferencia de temas entre formatos raster y vector.

Para crear una topología de polígonos en técnica raster a partir de una definición de recintos vectoriales se crea una matriz de celdas que cubran los arcos que definan los polígonos, para lo cual deberá establecerse el ancho de cada cuadrícula en función del área a cubrir, las prestaciones de memoria del ordenador y la precisión que se requiera. Una vez creada la grilla de celdas, se asocia cada cuadrícula a cada uno de los recintos cerrados que forman los arcos vectoriales. En la mayoría de los sistemas no es necesario que los arcos formen polígonos perfectamente cerrados, ya que los pasillos de menor ancho que una celda se consideran cerrados. Todas las celdas asociadas a un recinto se agrupan en un polígono y se le asocia a éste un registro en la base de datos. Los datos de éstos registros están, por lo tanto, asociados a todas las celdas que forman parte del recinto.

Transformación de formato raster a formato vectorial

Para vectorizar un mapa raster, se generan las líneas que separan las diferentes categorías de celdillas con una línea quebrada en técnica vectorial y posteriormente se procede a la suavización de contornos, con lo que resulta un mapa vectorial.
Luego, deberá generarse la topología de éste tema para que pueda ser integrado en el SIG como un mapa temático vectorial.

3.6 Ventajas y desventajas de los distintos formatos

Representación raster :

Ventajas:

- Facilidad de captura de datos con un escáner.

- Sencillez de manejo con ordenador, en cuanto a técnicas de gestión y algoritmos de tratamientos.

- Sencillez en los procesos de comparación entre mapas temáticos basados en la misma retícula. En una superposición de mapas, se compara cuadrícula a cuadrícula a partir de atributos de color o atributos asociados, tales como valor, aptitud, idoneidad, etc..

Desventajas:

- Los mapas temáticos almacenados en técnica raster ocupan mucho espacio de memoria.

- La representación en cuadrículas es poco adecuada para representar entidades lineales, tales como carreteras, líneas de teléfono, ríos, etc..

- La técnica raster tiene en general poca precisión en los cálculos de superficie, distancias, etc., ya que suele ser imposible utilizar, por motivos de espacio, celdillas muy pequeñas, por lo que la técnica raster sólo es válida para análisis globales a grandes escalas, o bien como almacenamiento de imágenes (fotografías) de detalles.

Ventajas y desventajas de la representación vectorial

Ventajas:
- Necesita menos espacio de almacenamiento que la técnica raster.

- La representación de las entidades geográficas es más precisa que en la técnica raster, sobre todo en las entidades lineales muy pequeñas o entidades puntuales.

- Permite medir distancias, superficies y volúmenes de forma más precisa que con los sistemas raster.

- Permite representar entidades lineales y puntuales.

- Permite representar una gestión individualizada de las entidades geográficas; frente a la técnica raster, que identifica las clases; es decir, permite punteros precisos a la base de datos, al identificar a cada entidad individualmente; frente a los sistemas raster, que identifican la clase, por ejemplo a través de un atributo de color.

Permite modificar fácilmente la escala y grado de detalle de un mapa o gráfico. Los sistemas raster son muy rígidos respecto a la modificación de la escala.

Desventajas:
- La captura de datos requiere muchos más medios y tiempo que las imágenes raster, lo que le supone una gran dificultad de actualización de los datos vectoriales, con un alto coste y tiempo de preparación. Recientemente, se ha avanzado mucho en el proceso de conversión raster a vector, pero sin que hasta el momento exista una técnica que permita sustituir los procesos de digitalización vectorial con tablero, sobre todo en las entidades que van a formar parte de la topología. La vectorización tiene resultados satisfactorios cuando el documento a vectorizar está separado por categorías.

- La comparación entre diferentes mapas temáticos requiere mucho tiempo de proceso, y es poco flexible para la realización de análisis y simulaciones en tiempo real. La técnica raster con celdillas resulta más flexible.

- La representación vectorial no permite representar de forma satisfactoria entidades complejas, tales como fotografías, paisajes, árboles, etc..

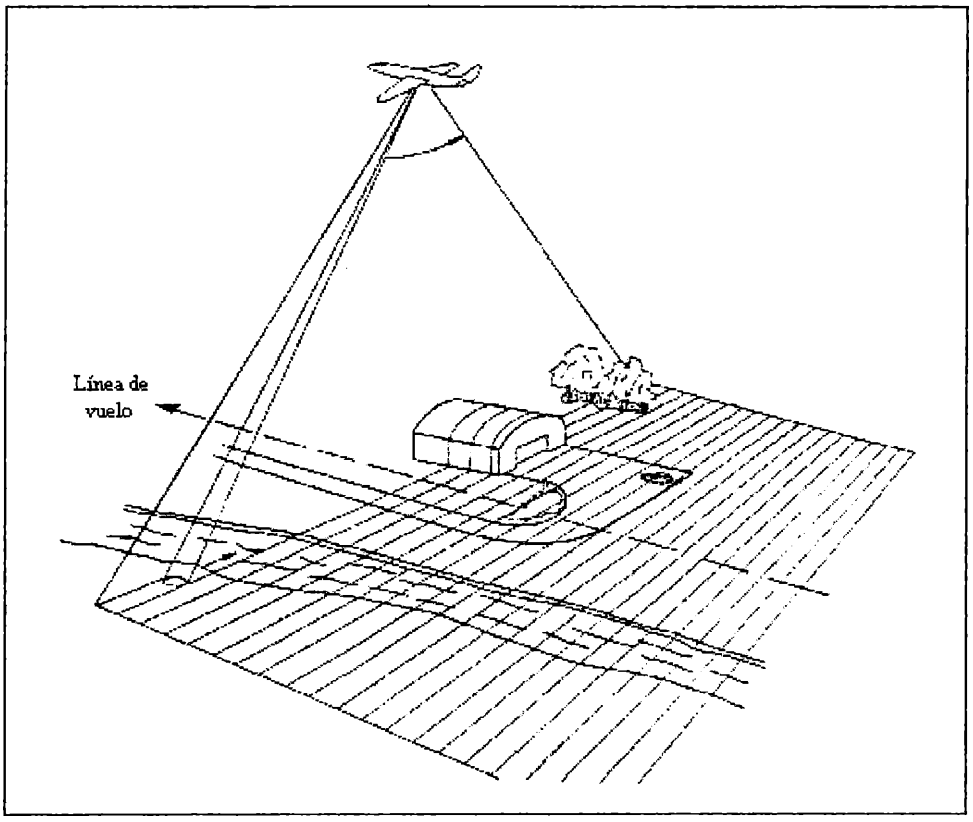
Capítulo 4

Etapas de un SIG

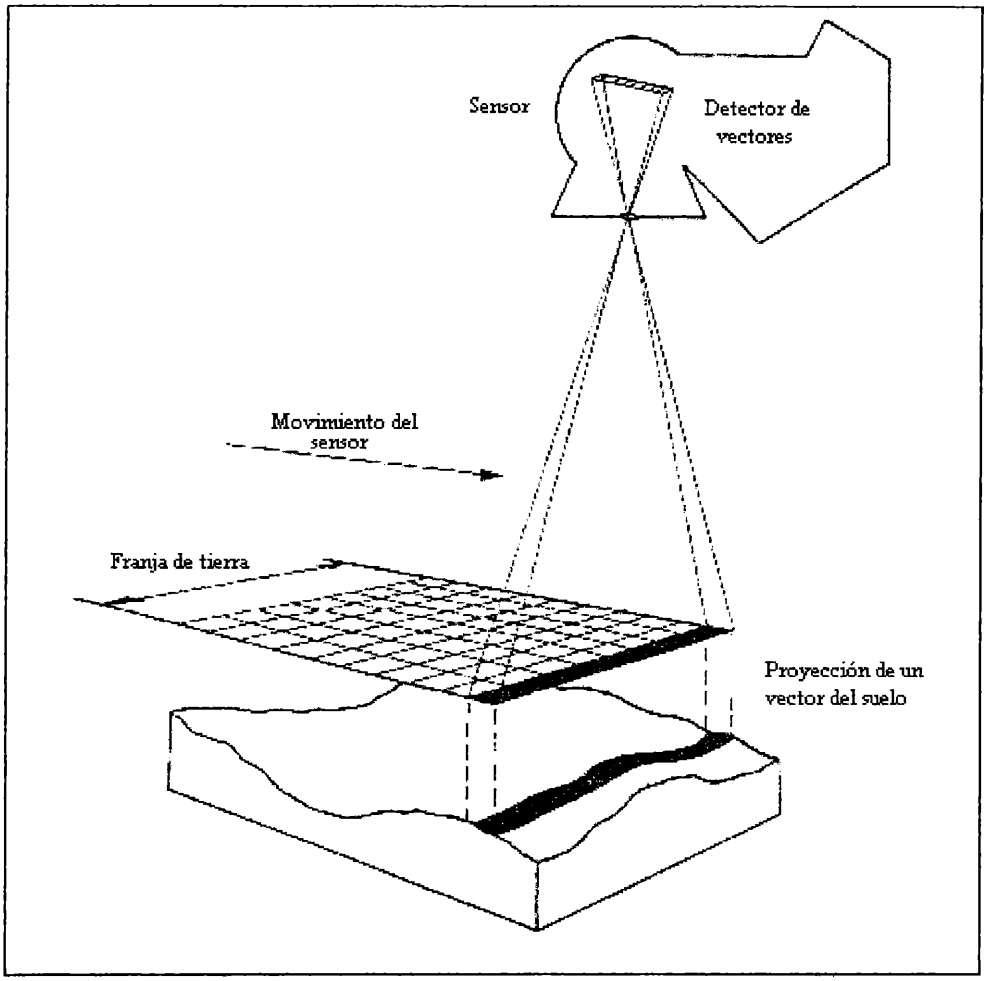
Excepto donde se indique lo contrario, éste capítulo está basado en el libro de Jeffrey Star y John Estes.

4.1 Adquisición de datos

Los primeros pasos en el desarrollo de las bases de datos de un SIG es tomar los datos y ponerlos en el sistema. La parte de obtener los datos con que va a trabajar el SIG corresponde a la etapa de adquisición de datos.
Los datos pueden ser de distintos tipos, por ejemplo: mapas, gráficos de barras, fotos, etc.. En general podemos clasificarlos en : gráficos (por ej. fotos y mapas), tabulares (por ej. porcentaje de distribución de vegetales) y textuales (por ej. la descripción de un vegetal del terreno). Tales datos pueden proceder de distintos medios, como por ejemplo, fotos aéreas, revistas, mapas, imágenes satelitales.
A continuación se muestra el empleo de un scanner electro-óptico para obtener una foto aérea de un terreno.



Puesto que el terreno no es plano; se transforma la imágen real tridimensional del terreno en una fotografía bidimensional plana como se muestra a continuación.



Nunca debe subestimarse el costo de ésta etapa del GIS, que, en ocasiones, es la etapa de mayor costo a lo largo del desarrollo del sistema.

En la aplicación, ésta etapa consiste en la obtención de algún mapa que posteriormente deberá ser convertido en una imagen .BMP para que pueda ser luego usado por el programa. Además podemos realizar diversas operaciones que requieren contar con datos temáticos de un ítem de interés. Naturalmente, debido a los distintos temas que puede un usuario considerar importantes, necesitaremos distintas fuentes de datos (por ej. : información de las alturas del terreno, lluvia promedio anual en distintos lugares, etc.).

4.2 Preprocesamiento

Los procedimientos usados en la etapa de preprocesamiento tienen por objetivo convertir los datos obtenidos en datos dentro de la base de datos del SIG. Entre tales procedimientos podemos citar:

- Conversión de formato.

- Reducción de datos y generalización.

- Detección de errores y edición.

- Mezclar puntos en líneas y líneas en polígonos.

- Matching de ejes.

- Rectificación/registrado.

- Interpolación.

- Fotointerpretación.

A continuación veremos en detalle cada uno de ellos.

Conversión de formato
Hay 2 clases de conversiones de formatos: la conversión de estructura de datos (un ejemplo sería pasar de un tipo de estructura raster a otro tipo raster distinto). En el capítulo Estructuras de Datos, se explicó la transformación entre formatos.

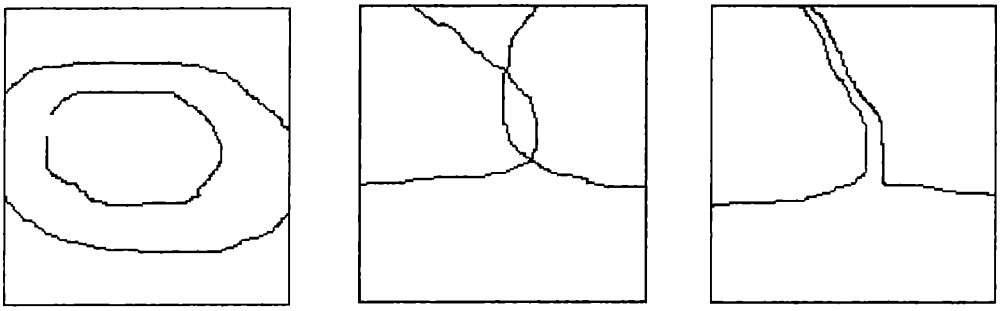
La conversión a formatos reconocibles digitalmente (un ejemplo de ésta conversión sería transformar una foto o un mapa a un archivo BMP) tiene por objetivo traducir información a un formato reconocible por el ordenador. La conversión a formatos reconocibles digitalmente se verá con más detalle cuando veamos el tema Captura de Datos Geográficos.

Reducción de datos y generalización

Si deseáramos mantener el nivel de detalle que posee el dato original deberíamos incorporar un gran volumen de datos en las bases de datos (además del incremento en tiempo de procesamiento y costo de almacenamiento).
Generalmente, los datos representados digitalmente son una abstracción (los datos más importantes se tienen en cuenta y los secundarios se omiten) de los datos originales lo suficientemente completos para satisfacer las funciones requeridas por el usuario.
Un ejemplo de éste tipo de funciones son los métodos de filtrado de líneas (F. J. Moldes, 1995).
Las funciones de filtrado de líneas tienen como misión optimizar el número de vértices de las líneas para que sean más fáciles de procesar y ocupen menos espacio, aproximándose lo mejor posible a su forma original.
Se trata de eliminar algunos vértices cuando están muy próximos entre sí, o eliminar vértices intermedios en tramos rectos. Algunas funciones permiten incrementar vértices para que las curvas presenten una forma más suave. No debe confundirse ésta técnica de representación de líneas con el ajuste de curvas (splines), consistente en representar los arcos entre varios vértices mediante la trayectoria de una curva dada por su ecuación. El filtrado afecta a los vértices que se almacenan en cada línea, mientras que la técnica de ajuste no afecta a los vértices de la línea, sino que su representación se presenta mas suave por seguir la trayectoria dada por una ecuación.
En determinados sistemas, estas funciones de filtrado se asocian a otras funciones, tales como las de creación de topología, intersección de polígonos, etc., realizando una limpieza de vértices una vez que el proceso principal esté realizado. Todas las líneas que van a formar parte del SIG deben ser filtradas, para que éste se pueda gestionar más fácilmente. Es necesario establecer un parámetro de filtrado para cada escala de referencia en la que se utilizan arcos. Aunque los mapas se pueden representar a diferentes escalas, siempre hay una escala de referencia que marca la calidad de los datos, como la escala de los mapas originales o la escala que más se utiliza para su representacion por plóter.
Es inútil mantener vértices más próximos que 0.2 mm. Medidos sobre el papel a escala de referencia, ya que esta distancia es el límite de discriminación de la vista sin instrumentos de ampliación, y suele ser el límite del grosor de las líneas en los ploters de plumillas. Dependiendo del uso que se dé al mapa, se definirá la distancia mínima entre vértices ; para ello, se puede manejar el criterio de los 0.2 mm..

Detección de errores y edición

Diferentes clases de errores son comunes en diferentes clases de datos. Para ilustrar éste punto consideremos una imagen obtenida con un scanner. Puede ocurrir que ciertos polígonos o curvas cerradas aparezcan como abiertas, o que al unir 2 imágenes aparezcan separadas o superpuestas superficies que antes, en el original, coincidían perfectamente.
La detección de errores y edición tiene como objetivo resolver éstos problemas.



Funciones de localización de errores (F. Moldes, 1995).

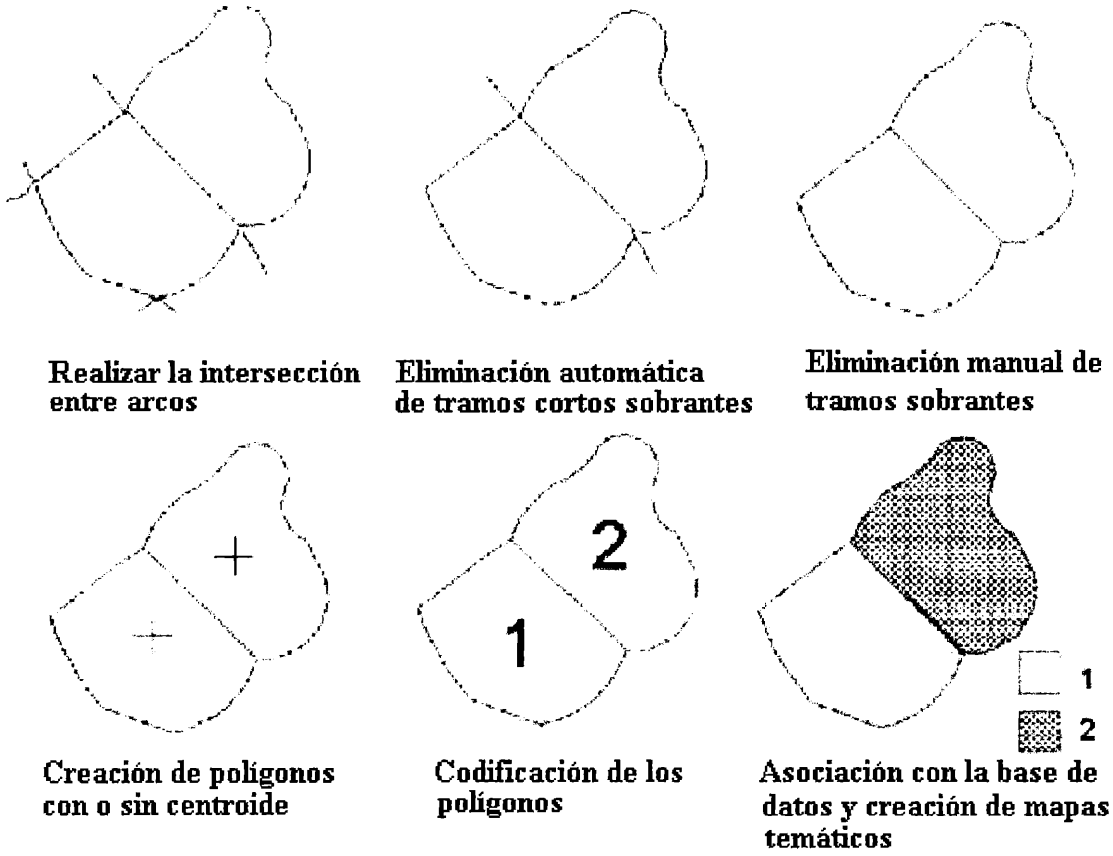
Se ha mencionado antes que la característica más específica del software SIG es la posibilidad de generar relaciones topológicas entre los objetos cartográficos, las cuales le permiten una serie de análisis especiales de gran interés en la gestión de los datos geográficos. La organización en topologías es compleja, y además debe estar libre de errores, tanto gráficos como de codificación. Una vez que se han incorporado las capas de arcos al SIG, bien sea por digitalización o por importación de otro sistema, la primera labor es filtrar las líneas, y una vez que están optimizadas en cuanto a la cantidad de vértices, se procede a la creación de la topología.

Algunos errores posibles en la creación de la topología son los siguientes :

Polígono no cerrado.
Polígono de área nula.
Arco que no cierra un polígono por ser corto.
Arco con un mismo polígono a ambos lados.
Arco que sobrepasa a otro.

Es importante que el sistema SIG permita la localización de éstos errores ya que facilita la creación de topología y correción de errores, por ejemplo el que exista un polígono con dos etiquetas puede estar indicando que falta por digitalizar un arco. Generalmente, éstos sistemas de alarma de errores se activan en el proceso de creación de topologías y no permiten la creación de la topología hasta que no esté totalmente libre de errores.
Como un ejemplo de éste tipo de funciones ; H-Map impide borrar un nodo si existen arcos que lo referencian. Para ello deben primero borrarse los arcos que incluyan tal nodo.

Algunos SIG tienen funciones creadoras de topologías muy potentes. Tales funciones suelen estar asociadas a las funciones de limpieza y corrección de errores geométricos. Veamos el siguiente ejemplo.

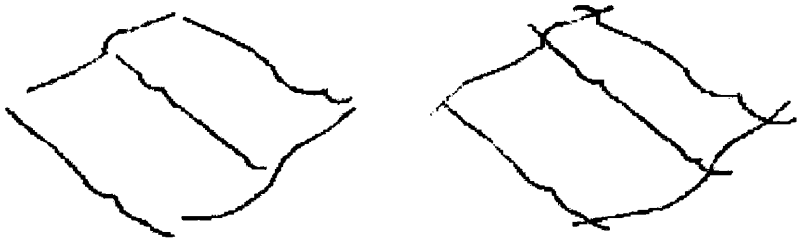


Realizar la intersección entre arcos | **Eliminación automática de tramos cortos sobrantes** | **Eliminación manual de tramos sobrantes**

Creación de polígonos con o sin centroide | **Codificación de los polígonos** | **Asociación con la base de datos y creación de mapas temáticos**

Algunos sistemas intersectan todos los arcos entre si, y luego procede a la creación de nodos en todo los extremos de los arcos ; para que los arcos que confluyen en un punto tomen el mismo nodo, deberá especificarse un parámetro de tolerancia, de tal manera que si la distancia entre dos nodos es

menor que éste parámetro se unan los dos nodos en uno solo. En algunos SIG, éste parámetro se utiliza en el proceso de creación de topología para realizar un filtrado de las líneas, de manera que se elimina igualmente un vértice si está a menos distancia que éste parámetro de otro vértice anterior. Sin embargo es posible que ambos procesos se realicen por separado.
En éste proceso de limpieza y generación de topologías se puede establecer otro parámetro de tolerancia que permita eliminar los excedentes de un arco en una intersección. Este parámetro no afecta al filtrado de las líneas, por lo que puede ser mayor que el anterior. Esta es la razón por la que en la digitalización vectorial deberá siempre procurarse que los arcos se crucen entre sí ; es decir, es mejor digitalizar por exceso que por defecto, ya que los arcos que no llegan deberán ser corregidos a mano.



Digitalización por defecto **Digitalización por exceso**

En la digitalización manual, es preferible la digitalización por exceso que la digitalización por defecto.

Si en el proceso de limpieza queda algún arco sin estar conectado a otro, se deberá proceder a su correción, por ejemplo aumentando los parámetros de ajuste ; si la deformación que se produce no es aceptable, se deberá corregir manualmente cada uno de los casos, bien añadiendo un nuevo arco o quitando el que estaba suelto. Estos procesos deberán ser ensayados previamente y volcar el resultado sobre otro fichero, de forma que si la demostración que se ha producido no es aceptable, deberán reducirse los parámetros de ajuste y procesar de nuevo el fichero original.
Una vez que todos los arcos están conectados por ambos extremos, es posible proceder a la creación de la topología, para lo cual suele haber otra función que, una vez comprobado que no hay errores de intersección y arcos sueltos, proceda a la clasificación de arcos y nodos.

Una vez que el proceso de creación de topología se ha completado con éxito, se crea un registro de base de datos por cada polígono, y en la mayoría de los sistemas se crea una entidad puntual situada en el interior del polígono (centroide o etiqueta), que es la que permite el acceso a la base de datos. En los sistemas más evolucionados, tal como los orientados a objetos, este centroide es opcional, y se utiliza cualquier coordenada interior al polígono para acceder a la base de datos.
En la creación de topologías de arcos, el proceso es similar, salvo que se permiten arcos sueltos por un extremo, por ejemplo para representar una calle sin salida.
La creación de topología de puntos se limita a eliminar algún punto que esté muy próximo a otro anterior y a crear los registros de la base de datos para cada punto.

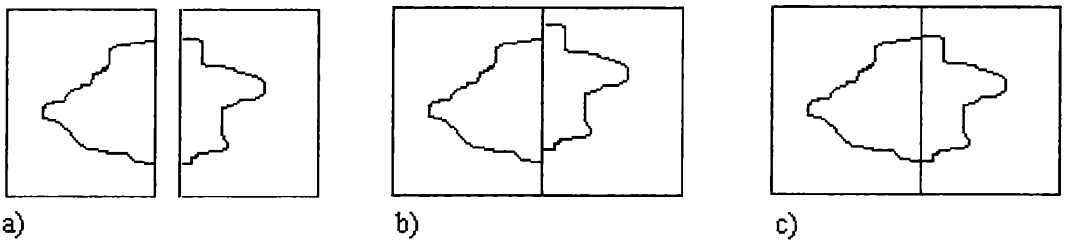
Mezclar puntos en líneas y líneas en polígonos

El proceso de mezclado consiste en construir, a partir de ciertos objetos simples, otros objetos más complejos. Para ejemplificar: supongamos dos segmentos de igual dirección tal que el fin de uno es el origen del otro.
Esto sería equivalente a almacenar un segmento cuyo inicio sería el origen del primer segmento y cuyo final el correspondiente al final del segundo segmento. De ésta forma estaríamos logrando un almacenamiento más eficiente de la información. Algo similar ocurre cuando tenemos varias líneas que forman un polígono.
Es importante destacar que no siempre es posible realizar el mezclado. Una razón es que puede generar una inconsistencia en la base de datos.
Imaginemos que las dos líneas anteriores eran límites de 2 campos distintos. Si realizáramos el mezclado perderíamos tales límites.
Como conclusión, el mezclado debe realizarse siempre y cuando el nuevo objeto que se creará no genere inconsistencias; de lo contrario, no debe usarse.
Este proceso es frecuente en SIG que usan formato vectorial arco-nodo.

Matching de ejes

Este es un problema frecuente cuando se desean unir dos imágenes adyacentes que en el dato original coinciden perfectamente.
Si las imágenes a unir no están perfectamente alineadas pueden quedar trazos discontinuos, curvas no cerradas y otros fenómenos que difieren del

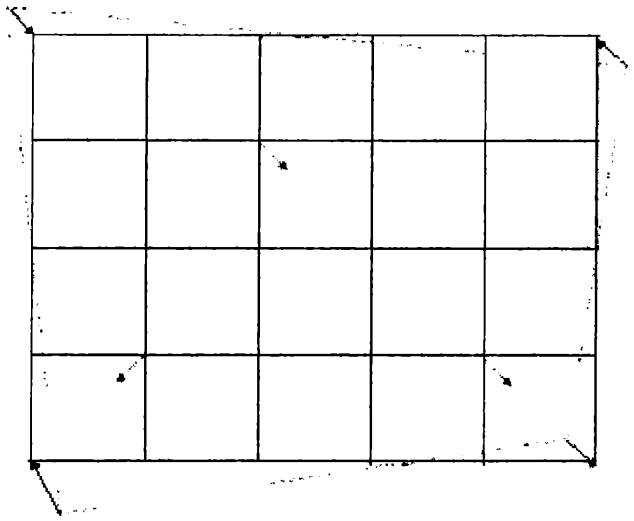
dato original. La función de matching de ejes tiene como meta solucionar tales inconvenientes.



Matching de ejes. a) 2 mapas separados b) 2 mapas unidos que presentan discontinuidades c) mapas unidos después de ajustar los ejes de coordenadas.

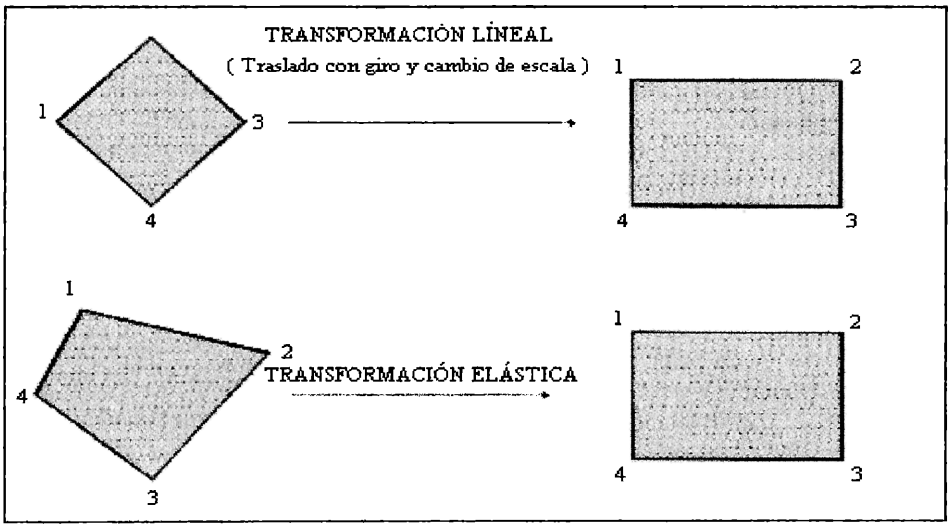
La rectificación y el registrado

Son herramientas matemáticas para transformar tipos de coordenadas espaciales de los objetos. También abarca los problemas de perspectiva, proyecciones, rotaciones y translaciones.
Esta función es útil cuando se trabaja con fotografías aéreas. Es necesario establecer la inclinación y la distancia a que fueron tomadas las fotos para poder obtener una mejor idea acerca del tamaño y forma real de los objetos.
Las funciones de transformación de coordenadas son muy importantes en la explotación de los SIG, debido a que éstos se suelen alimentar de cartografía digitalizada procedente de diversas fuentes, las cuales no siempre tienen una calidad tal que posibilite el que coincidan plenamente en el sistema de coordenadas utilizado por nuestro SIG.
Para referenciar toda la cartografía a un mismo sistema de coordenadas, se puede utilizar uno de los mapas de mayor calidad, en cuanto a la precisión de las coordenadas, y transformar los demás mapas mediante técnicas de ajuste, por ejemplo la técnica rubber sheeting que se muestra en la siguiente página (F. Moldes, 1995).



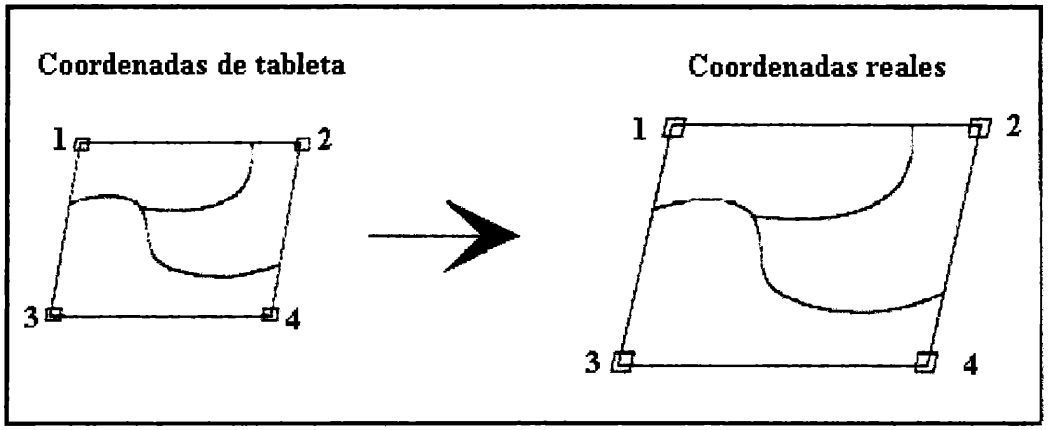
La técnica de rectificación de coordenadas permite ajustar una cartografía de peor calidad a otra con mejor sistema de referencia.

Para ello se buscan puntos comunes entre el mapa tomado como patrón y en el mapa a transformar, por ejemplo se buscan cruces de carreteras, esquinas de edificios, etc. que estén representados en ambos mapas y se establecen los vectores de transformación entre cada pareja de puntos homónimos.
Deberán seleccionarse al menos tres puntos que estén lo mas alejados entre si y que cubran lo mejor posible todo el mapa a transformar.
A ser posible, deben seleccionarse cinco o más puntos, ya que la transformación será mas eficaz. Existen diversos algoritmos de transformación que van desde una simple transformación lineal, que comprende una traslación, un giro y un cambio de escala, hasta transformaciones no lineales ; es decir, con deformación geométrica.



Transformación lineal y no lineal.

La figura anterior muestra la diferencia entre una transformación lineal y una no lineal. Sin duda, siempre será preferible una transformación lineal, siempre que la calidad de la cartografía digital sea alta. Frecuentemente hay que recurrir a las transformaciones no lineales, ya que existen múltiples deformaciones de la cartografía, tanto en soporte físico, como papel, por las dilataciones, como en el digital, por inadecuada digitalización o por transformaciones entre sistemas de referencia poco precisas.
La digitalización se suele realizar en coordenadas de papel ; es decir, asignando a la esquina inferior derecha de la hoja del mapa la coordenada X =0 e Y=0, transformándose posteriormente el fichero de digitalización a las coordenadas reales. Con ello se aprovecha mejor la precisión de los programas de digitalización, que suelen trabajar en simple precisión, es decir con pocos decimales, frente a los SIG, que deben trabajar en doble precisión.

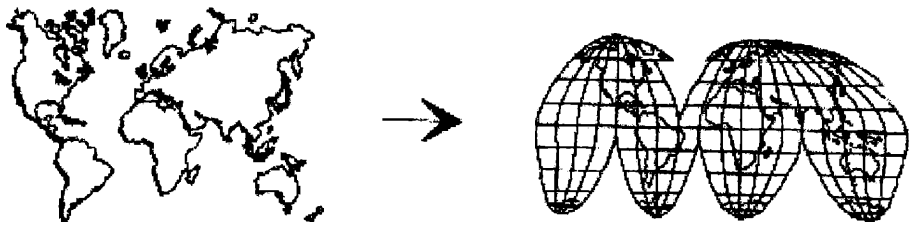


Transformación de coordenadas.

Las distintas formas de proyectar la superficie terrestre sobre un plano dan como resultado numerosas proyecciones distintas. Entre las más conocidas podemos citar algunas que se enumeran en el libro de J. Bosque y otros:

Cónica equiárea de Albers, azimutal equidistante, cónica bipolar oblicua conforme, trimétrica de Chamberlin, parabólica de Craster, cilíndrica equiárea, Eckert IV, Eckert VI, Cónica equidistante, equirrectangular o cilíndrica simple, cuártica polar plana de McBryde-Thomas, estereográfica de Galls, Latitud/Longitud (no es propiamente una proyección, sino un sistema de referencia sobre la esfera), Gnomónica o central, proyección de

Van Der Grinten I, equiárea de Hammer-Aitoff, equiárea azimutal de Lambert, cónica conforme de Lambert, Mercator estándar, cilíndrica de Miller, Mollweide, Mercator oblicua, ortográfica, polar estereográfica, policónica, proyección de Robinson, cónica simple, sinusoidal de Sansom-Flamsteed, entre otras.



Cambio de proyección

Continuando siempre dentro de rectificación y registrado; a continuación se citan algunas operaciones comunes de éste tipo.

Sean (x1, y1, z1) las coordenadas del nuevo punto que se obtiene al aplicar una operacion al punto de coordenadas (x, y, z).

Traslado:

$$(x1, y1, 1) = (x, y, 1) * \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ xoffset & yoffset & 1 \end{pmatrix}$$

Escalado:

$$(x1, y1, 1) = \begin{pmatrix} \text{escala de x} & 0 & 0 \\ 0 & \text{escala de y} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Rotación:

$$(x1, y1, 1) = \begin{pmatrix} \text{coseno}(a) & \text{seno}(a) & 0 \\ -\text{seno}(a) & \text{coseno}(a) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

donde a es el ángulo a rotar.

Interpolación: consiste en estimar un valor a partir de ciertos valores cercanos. Por ejemplo, supongamos que un terreno tenga una altura de 100 metros en un lugar, y 110 metros si caminamos 30 pasos hacia el norte. Es probable, aunque no exacto, que si caminamos 15 pasos hacia el norte la altura sea de 105 metros.
Los cálculos de interpolación son frecuentemente usados para construir un modelo estadístico de una determinada región(en el ejemplo anterior sería determinar la altura del terreno a lo largo de los 30 pasos).
En H-Map se usa la interpolación para informar las coordenadas del punto que se encuentra señalado actualmente por el mouse.

Fotointerpretación: es el proceso de extraer información útil de fotografías u otras imágenes. Entre las propiedades más comunes de las fotografías se encuentran:

Color: el color de un punto de una imagen puede permitirnos diferenciar distintas características (por ejemplo: si el punto fuera celeste podría representar agua y si fuera marrón representar una región montañosa).
H-Map crea MDTs basándose en ésta idea.

Tamaño: el tamaño de un objeto puede ser considerado de 2 formas: relativo al tamaño de otros objetos o absoluto, cuando se hace uso del conocimiento de la escala de una imagen.

Forma: a veces resulta difícil describir distintas formas de una manera consistente. Es necesario crear un patrón que represente en forma consistente los distintos objetos.

Textura: se base en los cambios de tono. Regiones homogéneas se ven del mismo tono con discontinuidades en las fronteras.

Sombra: cuando una fotografía ha sido tomada a una hora específica con el sol a un determinado ángulo de inclinación, pueden establecerse, teniendo en cuenta éstos datos, la altura de los objetos.
La sombra complica la detección de objetos que se encuentran en ella.

Lugar: se refiere a la ubicación geográfica. Puede servir de gran ayuda, por ejemplo, si se tiene vegetación que sólo crece en determinado lugar. En tal caso, se puede deducir directamente la vegetación si se conoce el lugar o viceversa.

Asociación: es la interrrelación entre elementos de una zona. Por ejemplo, una zona en la que se han hallado restos fósiles puede relacionarse con una zona en la que probablemente haya petróleo.

4.2.1 La captura de información geográfica

A continuación se verá una descripción de las técnicas de captura de datos para implementar los SIG (F. Moldes, 1995).
Se inicia con una lista de los distintos tipos de periféricos, continuando con una descripción de la problemática de la captura de datos en técnica raster y vectorial. Se concluye con una referencia a la captura de datos con posicionadores globales(GPS).

Introducción a la captura de datos:

El aspecto más importante, en cuanto a su coste, es sin duda la captura de datos, no sólo en la implantación, sino también a lo largo de la explotación del SIG, en la que se deben actualizar los datos para garantizar que el sistema cumpla su principal función de informar. Ya se ha mencionado antes, los tipos de datos que puede gestionar un SIG.
Para cada tipo, la problemática de captura es diferente.
En cuanto a la dificultad de captura, hay muchas diferencias entre la captura de datos alfanuméricos, técnica conocida como grabación o perforación, y la captura de datos gráficos, o digitalización. En la digitalización, la problemática es muy distinta, si se trata de digitalización automática con escáner, con cámara de video o la digitalización manual con tablero digitalizador. En los siguientes epígrafes se muestra las técnicas más usadas para la captura de datos, así como los sistemas de control de calidad.

Técnicas de captura de datos en función de su naturaleza:

En el esquema siguiente se recogen las diferentes técnicas de captura de datos en función de su naturaleza:

1) Captura de datos alfanuméricos (grabación o perforación)

1.1 Perforación masiva.
1.2 Perforación en base de datos auxiliar.
1.3 Perforación sobre el SIG.
1.4 Perforaciones especiales con lectores ópticos, digitalizadores de voz, etcétera.

2) Captura de datos gráficos en técnica raster

2.1 Digitalización con escáner.
2.2 Digitalización con cámara de video o fotográfica digital.

3) Captura de datos gráficos en técnica vectorial

3.1 Digitalización con tablero.
3.2 Digitalización con ratón.
3.3 Vectorización de digitalizaciones raster.
3.4 Digitalización sobre el terreno con aparatos de posicionamiento local o global.

1) Captura de datos alfanuméricos

La problemática de captura de datos alfanuméricos en los sistemas SIG es muy similar a la captura de datos en bases de datos convencionales, salvo en las técnicas de codificación de entidades topológicas y la captura sobre el propio SIG. Los procedimientos tradicionales de captura de datos, como la perforación masiva en empresas especializadas, son de aplicación en los SIG.
La perforación masiva consiste en teclear los datos con programas especiales que posibilitan una alta velocidad de introducción de los mismos por teclado, y manejados por operadores muy especializados, que consiguen un alto rendimiento en la perforación de datos. Los datos se suelen teclear dos veces, de forma que en la segunda vez el programa presenta la línea tecleada anteriormente, esta técnica se denomina grabación con verificación.
La grabación masiva exige enviar los datos a una empresa especializada en grabaciones, por lo que sólo está justificada cuando el volumen de datos es muy elevado, y a ser posible debe estar en un soporte fácilmente legible y con la misma escritura en la que van a teclearse, ya que si los datos están, por ejemplo, en una gran cantidad de documentos dispersos, es necesario pasarlos manualmente a unas fichas en las que se recojan los datos tal como se desea teclear. La perforación masiva tiene la ventaja de ser barata y rápida, aunque suele introducir muchos errores que posteriormente deberán ser corregidos en la base de datos.
Una alternativa a la grabación masiva consiste en introducir los datos directamente en una base de datos, o un fichero adecuado, utilizando un programa o un gestor de base de datos especialmente diseñado para los datos en cuestión.

Esta técnica permite el control de calidad de los datos mediante sistemas de validación de los mismos, por ejemplo evitando que se introduzca una letra en un campo de números o un número evidentemente erróneo, como la talla de un árbol superior a 150 metros.
Otra posibilidad, es facilitar la entrada de datos con valores por defecto, es decir, previamente definidos, como introducir los nombres de las especies vegetales seleccionándolas de una lista previamente introducida ; el programa presenta la lista de valores alternativos y el operador selecciona un dato. Estos sistemas permiten evitar multitud de errores y utilizar diferentes tipos de documentos sin tener que realizar las fichas de grabación masiva, sin embargo el resultado es de mucha más calidad que en el caso de la grabación masiva. En el caso de la grabación de unos pocos datos, se puede utilizar un gestor estándar de base de datos sin ninguna preparación, un editor de ficheros de texto, una hoja de cálculo o incluso un procesador de texto.
El enlace entre la base de datos y las entidades topológicas del SIG suele ser un código numérico o alfanumérico; este código tiene que ser introducido en la base de datos alfanumérica junto con los demás datos referidos al mismo registro de la entidad gráfica, con lo que se posibilita el enlace entre ambos ficheros.
En ocasiones, cuando el número de datos por cada entidad es pequeño, por ejemplo, 1, 2 o 3 datos por cada entidad, se puede realizar ésta asignación directamente en el SIG a través de su editor gráfico ; éste sistema tiene el inconveniente del alto coste que supone un punto de consulta y modificación del SIG, si bien garantiza la calidad total en cuanto a la asignación de datos a las entidades gráficas.
En cualquier caso, siempre será necesario introducir el código identificador de las entidades del SIG, por eso, si sólo se requiere 2 o 3 datos por cada entidad, se podrán introducir en ésta fase de codificación de las entidades topológicas.
Actualmente se han desarrollado multitud de sistemas que tratan de evitar la grabación de los datos, pudiendo así crear documentos que, escritos con unas determinadas normas, se pueden leer automáticamente con lectores ópticos, como cubriendo determinadas casillas con una cruz, de forma similar o como se rellena una quiniela, o sistemas de interpretación de escritura manual, en los que el lector interpreta los caracteres escritos en unas casillas o líneas.

En general, éste sistema exige que se escriba con letras mayúsculas, o bien que el sistema aprenda a leer un determinado estilo de letra, para lo cual debe entrenarse a los operadores para que mantengan un estilo fijo de escritura.

2) Captura de datos gráficos en técnica raster

La técnica raster de representación de entidades gráficas permite una fácil captura de los datos mediante técnicas de barrido de imágenes ; así, como una cámara de video que esté conectada a un ordenador mediante una tarjeta digitalizadora, es posible en pocos segundos pasar a soporte informático una foto o un mapa. Esta facilidad contrasta con la dificultad de captar las entidades en técnicas vectoriales, que permiten una fácil actualización de las mismas.
El sistema más utilizado es el escáner, que mediante células fotosensibles permite descomponer una imagen en multitud de impulsos eléctricos, los cuales se almacenarán en la memoria del ordenador como bits de información. Una de las principales características de los escáneres es su resolución, que mide el número de puntos por pulgada que es capaz de capturar, de forma que a mayor resolución, la imagen capturada tendrá más nitidez. Otra característica importante es el número de colores que es capaz de obtener.
Es evidente que a mayor cantidad de colores y mayor resolución, la imagen tendrá mas calidad y nitidez, si bien requerirá mucho espacio de memoria. El tamaño de la imagen a capturar es otra característica importante que influye en el espacio de memoria que se requiere para la imagen.
Existen diversos modelos de escáneres, entre los que podemos destacar los siguientes :

2.1.1 Escáneres con sensores asociados a un plóter. Son relativamente baratos, capturan pocos colores, son lentos y en general son bastante precisos. Consisten en una célula fotoeléctrica que se sitúa en el lugar de la pluma de un plóter, y al recorrer la célula toda la superficie del plano, éste se va capturando línea a línea. Se utilizan para capturar planos y mapas en blanco y negro que posteriormente se vectorizan.
2.1.2 Escáneres de superficie plana. Suelen admitir alta resolución y amplia gama de colores. Se utilizan para capturar fotografías y mapas temáticos en los que el colorido es esencial. En general son caros, incrementándose mucho el precio con el tamaño de la imagen a escanear.

Su funcionamiento recuerda el de una fotocopiadora color, permaneciendo el documento plano y sin moverse. En general son muy precisos.
2.1.3 Escáneres de tambor. En estos escáneres el documento a capturar se va introduciendo, arrastrado por uno o varios rodillos que lo obligan a pasar por la línea de captura. Suelen admitir formatos grandes, A1 y A0, y capturan pocos colores, no son tan caros como los planos de igual tamaño y suelen tener problemas de precisión métrica que habrá que corregir posteriormente en el ordenador con técnicas de rubber sheeting ; son rápidos y se utilizan en general como alternativa a los escáneres montados en plóter, con los que compiten fundamentalmente en velocidad.
2.1.4 Escáneres Manuales. Son escáneres para formatos muy pequeños, y se mueven con la mano sobre el documento a capturar ; sirven para capturar pequeñas fotografías y esquemas ; son similares a los utilizados en las cajas de grandes almacenes para leer los códigos de barras. Apenas tienen interés en los SIG.

2.2 Cámaras de video y de fotografía digital

Una alternativa a los escáneres son las tarjetas digitalizadoras de una imagen capturada por una cámara de video o una cámara fotográfica digital.
Las imagenes capturadas con ésta técnica tendrán que ser procesadas con técnicas de rubber sheeting para ajustar las coordenadas de la imagen.

3) Captura de datos gráficos en técnica vectorial

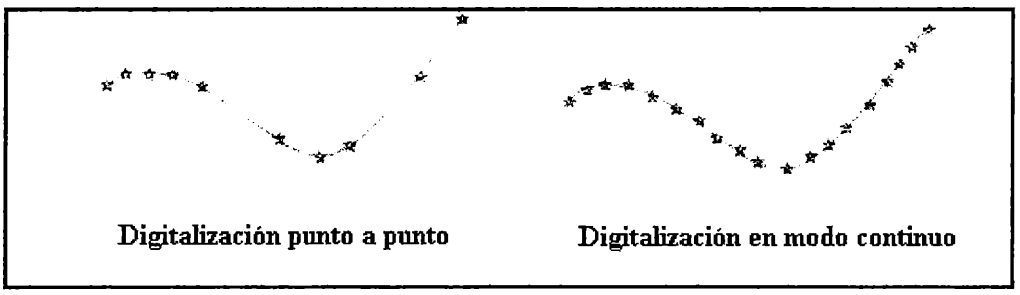
Digitalización con tablero digitalizador

La digitalización con tablero es sin duda la más utilizada y la que mejor calidad ofrece, si bien presenta algunos inconvenientes, como son el coste en mano de obra y el tiempo que se tarda en realizar la captura. El mapa a digitalizar se fija al tablero digitalizador y sobre éste se pasa un cursor electrónico que va capturando las coordenadas por donde pasa el cursor. Hay básicamente dos tipos de cursor : el cursor plano con múltiples botones y el lápiz electrónico.
El cursor más recomendable en la digitalización de cartografía es el cursor plano, ya que resulta más preciso que el lápiz, el cual se utiliza en sistemas de dibujo asistido por ordenador en los que la precisión la proporciona el sistema interno de coordenadas, tal como puntos de apoyo en una rejilla, o unas entidades gráficas ya existentes y sobre las que se apoya el diseño o dibujo.

Entre los cursores de tipo plano, los más recomendables son los que tienen muchos botones programables, ya que con éstos es posible realizar múltiples operaciones directamente desde el cursor, sin tener que acudir al teclado del ordenador.

Las entidades que se digitalizan con tablero son las líneas, los puntos y los textos. Para la digitalización de líneas, existen dos técnicas; una, la digitalización en chorro de coordenadas continuo, para lo cual se establece la distancia mínima que debe haber entre dos grabaciones de coordenadas, y el cursor automáticamente va grabando vértices de una línea a medida que el operador avanza con el cursor. Este sistema, aunque parece el más cómodo para el operador, no es muy recomendable, ya que graba muchos vértices superfluos, sobre todo en aquellos tramos que son próximos a una recta. Las líneas digitalizadas con este sistema deben filtrarse posteriormente para eliminar todos los puntos superfluos, con objeto de definir las líneas con la menor cantidad de puntos y así optimizar la velocidad de proceso y minimizar el espacio de almacenamiento.

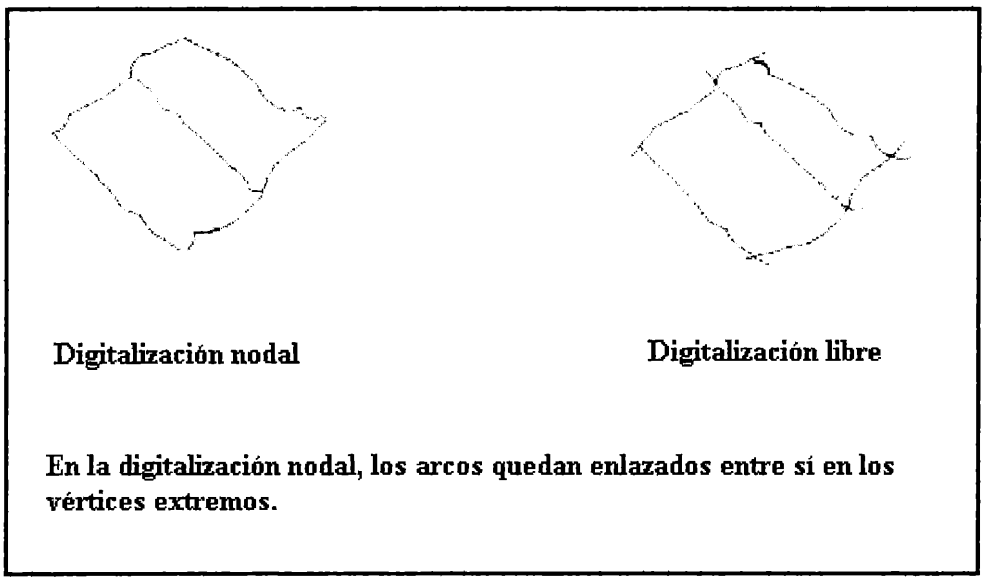
El otro sistema de digitalización de líneas es el de punto a punto, en el cual es el operador el que decide que puntos se graban pulsando uno de los botones del cursor. Con ésta técnica, si el operador es cuidadoso, se definen las líneas de forma óptima. Sin embargo, una filtración posterior de las líneas será siempre necesaria. En la digitalización punto a punto deben introducirse más puntos en aquellos tramos con más curvatura.



Digitalización punto a punto y en modo continuo.

La digitalización de cadenas de segmentos o arcos que van a formar parte de las entidades topológicas debe ser muy cuidadosa, para garantizar la continuidad entre unos arcos y otros. Esta continuidad se puede garantizar en el momento de digitalización a través de la digitalización nodal, o posteriormente, con procesos de limpieza que garanticen todos los cierres de polígonos.

La técnica mas recomendable para arcos que van a formar parte de redes de polígonos o de sistemas lineales es la digitalización nodal, que consiste en que los puntos final o inicial de un arco toman la coordenada de un punto previamente digitalizado.
Si se quiere digitalizar un arco, debe seleccionarse un punto en el que acaba otro arco o un vértice de otro arco existente, de manera que el nuevo arco se inicia en la coordenada que tiene almacenada el arco anterior y no la coordenada que se pulsó al digitalizar. Si en un determinado punto y dentro del radio de búsqueda (distancia nodal) no existe un punto nodal, el programa de digitalización rechazará la coordenada y el operador tendrá la opción de buscar otro punto nodal o introducir un punto nodal con otro botón del cursor.
La digitalización nodal resulta más lenta que la digitalización libre, si bien la calidad de la digitalización es muy superior, y resulta imprescindible cuando el sistema que se tiene instalado no cuenta con un potente sistema de limpieza de la digitalización.



Digitalización nodal y digitalización libre de arcos.

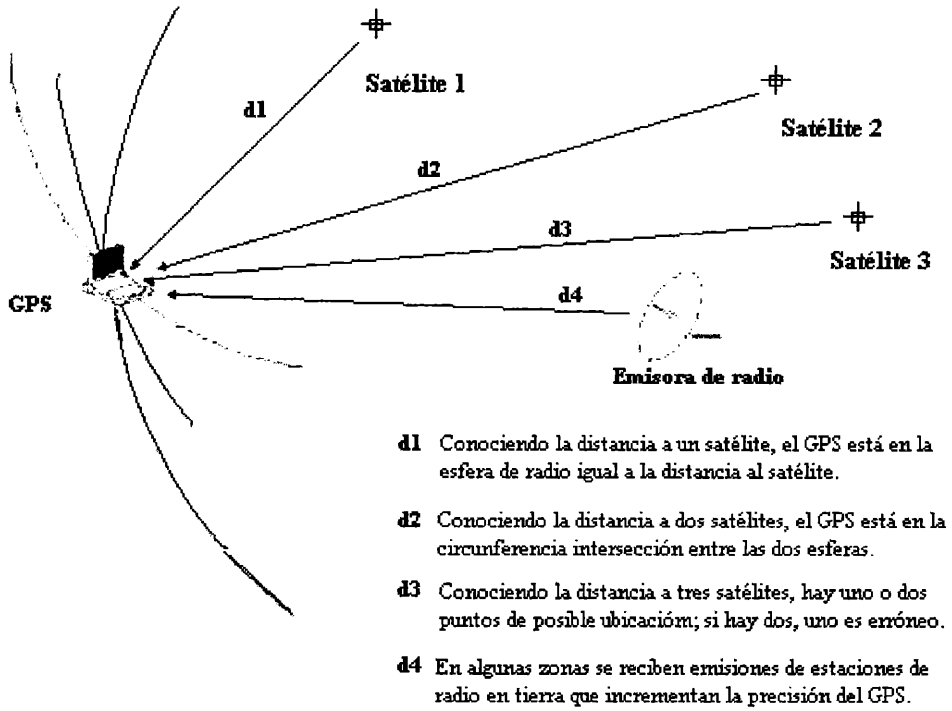
En la digitalización asistida o nodal es posible especificar la longitud mínima de un segmento, para que el sistema rechace los puntos que estén a menos distancia del punto anterior.

BIBLIOTECA
FAC. DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

Otro tipo de digitalización asistida es la que se realiza con una rejilla de puntos, de manera que el sistema genera una malla de puntos nodales a intervalos constantes en el sentido de las coordenadas del eje X y en el del eje de las Y, con lo que cualquier punto que se introduzca tendrá que pertenecer a esta rejilla. Esta técnica es muy útil cuando se digitalizan planos de arquitectura o esquemas de circuitos electrónicos en los que es importante mantener unas determinadas relaciones entre los puntos.

Digitalización con un sistema posicionador global o local

Un sistema de posicionamiento global (Global Positioning System, GPS) utiliza como referencia la posición de las estrellas y de unos 20 satélites que orbitan la Tierra. Estos sistemas de posicionamiento global tienen el inconveniente de no ser muy precisos, por lo que deberán ser rectificados con correcciones locales. La tecnología GPS fue desarrollada por el Departamento de Defensa de Estados Unidos para tener un sistema de posicionamiento global en la navegación aérea y espacial.
El sistema está basado en la triangulación, midiendo la distancia del punto en el que se mide la posición a tres o más satélites simultáneamente. Si conocemos la distancia a un satélite, sabemos que estamos en un punto de la esfera, de centro, el satélite, y de radio, la distancia al satélite. Al menos sabemos algo de dónde estamos. Si conocemos la distancia a dos satélites, sabemos que estamos en la intersección de las dos esferas ; es decir, en la circunferencia intersección de las dos esferas.
Si se conoce la distancia a otro tercer satélite, podemos determinar la intersección de este círculo con la nueva esfera y determinar uno o dos puntos posibles desde donde se toma la medida. Hay, por lo tanto, un punto correcto y otro erróneo, generalmente se puede discriminar el punto erróneo fácilmente, ya que en general dará posiciones muy lejanas de la Tierra, por lo que se descarta. Los ordenadores que tienen GPS eliminan el punto erróneo dando sólo el correcto.
Para medir la distancia al satélite, se utilizan varias señales de radio procedentes del satélite, y calculando el tiempo empleado en el recorrido de la señal se puede calcular la distancia. Para ello, la señal de radio envía el código de una señal y la hora exacta de su emisión. El GPS compara este dato horario con el reloj propio y conoce, por lo tanto, el tiempo transcurrido desde que se emitió la señal por el satélite.



Sistema de posicicionamiento global basado en el cálculo de la distancia a tres o más satélites.

Es evidente que los dos relojes deben estar absolutamente sincronizados, ya que una desviación de una centésima de segundo provoca un error de más de un kilómetro. Lo ideal sería que el GPS tuviese un reloj de precisión atómica, pero como esto no es posible por su coste, se recurre a realizar la medición simultánea con cuatro o más satélites.

Por otro lado, la posición de los satélites varía con el tiempo, por lo que los GPS deben conocer la posición del satélite en cada momento, por ello es necesario grabar en el GPS la posición de los satélites en función de la fecha.

Es, por tanto, una técnica sofisticada y cara, si bien los aparatos GPS son cada vez más accesibles y fáciles de utilizar. Las mediciones con GPS deben ser ajustadas con posterioridad a los datos de la red geodésica nacional.

Los posicionadores locales funcionan de forma similar a los GPS, salvo que trabajan con emisores situados en tierra con puntos en los cuales se conocen sus coordenadas geográficas.

Existen diversos posicionadores, unos montados en vehículos, y otros portátiles o manuales ; así , un pequeño bastón con un posicionador local puede servir para digitalizar los contornos de unas parcelas o manchas de vegetación pasándolo por el terreno y pulsando el botón de registrar coordenadas en los puntos que el operador considere oportunos.
Todos estos posicionadores nos proporcionan listas de coordenadas que posteriormente incorporamos al SIG como líneas o puntos. En general, estos listados de coordenadas deberán ser tratados para que se incorporen al SIG.

4.3 Manejo de datos

Las fases de adquisición de datos y preprocesamiento preparan los datos para el almacenamiento y uso. Las funciones de manejo de datos permiten que los usuarios puedan obtener la información que desean.

Los modernos manejadores de bases de datos, en adelante DBMS, deberían proveer las siguientes características :

Seguridad : que un usuario pueda consultar o modificar datos sólo si tiene autorización para hacerlo.

Integridad : un DBMS chequea los datos que le ingresan para comprobar su correspondencia con la estructura interna y en caso necesario forzar al usuario a ingresar datos consistentes con tal estructura.

Es importante contar con funciones que testeen la consistencia lógica de un SIG. Por ejemplo, en una estructura arco/nodo, no debería poder borrarse un nodo si existe un arco que lo referencia y no debería permitir crear un arco hasta que existan los nodos que lo componen.

En H-Map existen tales funciones para manterner la consistencia de la base de datos.

Sincronización :se refiere a las formas de proteger el sistema de inconsistencias provenientes de las operaciones simultáneas de múltiples usuarios.

Independencia física de los datos : lo deseable es que, si el hardware cambia porque se produce un cambio tecnológico, no debamos reescribir el software de la manipulacion de datos nuevamente.

Minimización de la redundancia : Cuando el material almacenado es redundante, las actualizaciones o modificaciones son complejas, ya que debemos modificar la misma información en distintos lugares. Si algún lugar no se modifica, la base queda inconsistente. Además de ésta desventaja, aumenta el tamaño requerido para almacenar los datos.

Otros puntos de interés en el manejo de datos son los siguientes :

Eficiencia : se relaciona con una buena organización de los datos y un buen medio de almacenamiento. En el sistema desarrollado, todos los archivos están ordenados por alguna clave. Esto permite, por ejemplo, búsquedas binarias que aceleran el tiempo de respuesta a una consulta.

Paginado : es una característica que presentan algunos SIGs. Consiste en dividir una base de datos en distintas partes, para acelerar búsquedas, consultas o alguna otra operación.

Almacenamiento jerárquico : las descomposiciones espaciales pueden ofrecer grandes mejoras en algunas aplicaciones. Teniendo tales descomposiciones de distintas resoluciones, es posible podar el espacio de búsqueda y seguir los caminos más prometedores. Un típico ejemplo de ésto son los árboles cuaternarios.

4.4 Manipulación y análisis

Se define como manipulación el uso de objetos espaciales de un SIG para un propósito particular.

El análisis se refiere a descubrimientos de principios generales, es decir, fenómenos que ocurren con los objetos del SIG.

Las operaciones más comunes de análisis y manipulación son las siguientes:

Reclasificación y agregación.

Operaciones geométricas.

Determinación del centroide.

Conversión de estructuras de datos.

Operaciones espaciales.

Mediciones.

Análisis estadístico.

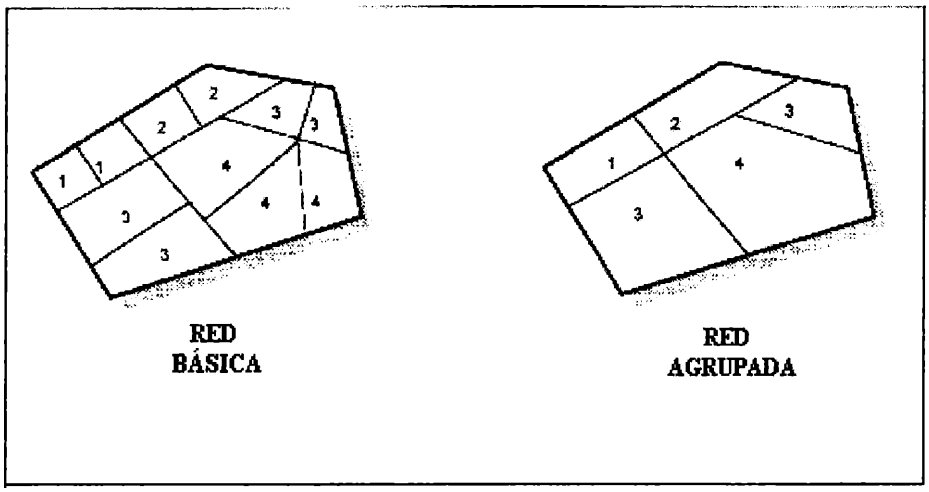
Reclasificación y agregación : supongamos que tenemos un mapa que nos indica las zonas de crecimiento de 3 especies vegetales(cactus, pino y sauce) y queremos obtener como resultado las posibles zonas fértiles y áridas del terreno. Las zonas correspondientes a los pinos y sauces serían consideradas fértiles, mientras que la del cactus no. Ahora bien, en éste ejemplo, surge la agregación de 2 objetos nuevos(suelo fértil y suelo árido) antes inexistentes. Además, deberían borrarse los límites redundantes entre los pinos y los sauces(ya que ambos están en zona fértil).

Si se hubiera pedido consultar las zonas donde crecen pinos o sauces, la respuesta sería consultar a cada zona si pertenece a la zona de sauce OR pertenece a la de pinos, creándose probablemente una nueva clase sauce o pino, obteniéndose una reclasificación de los objetos. Otras operaciones lógicas son usadas con frecuencia; el XOR cuando queremos que los objetos cumplan una y sólo una de 2 características dadas, el AND cuando queremos que los objetos cumplan con más de una característica.

H-Map cuenta con un amplio conjunto de operaciones de éste tipo.
Entre ellas podemos citar : escalar, clasificar, reclasificar, transformar, solapar.
La operación escalar aplica una operación aritmética entre los valores temáticos de cada punto del mapa y una constante.
La operación clasificar permite mostrar los puntos cuyo valor temático se encuentre en un determinado rango.
La operación reclasificar permite asignar un nuevo valor a un rango de valores temáticos.
La operación transformar aplica una operación matemática unaria a cada uno de los valores temáticos asociados a los puntos del mapa. Entre las operaciones disponibles están : recíproco, raíz cuadrada, cuadrado, valor absoluto, mitad y doble.
La operación solapar es de gran importancia en los SIGs. En H-Map, permite la creación de un MDT a partir de otros 2 MTDs, empleando entre éstos últimos alguna operación matemática. Las operaciones posibles son : suma, resta, multiplicación, división, razón normalizada, exponenciación, enmascarado, máximo y mínimo.
Para citar un ejemplo de la operación solapar ; consideremos 2 MDTs. Supongamos que el primero contiene las alturas de un terreno particular y que el segundo asocia altura 100 a cada punto del mapa.
Si realizáramos la resta del primero menos el segundo ; el resultado sería un MDT que asocia a cada punto con altura mayor que 100, un valor positivo.
Esto debería interpretarse como que los puntos positivos del MDT resultante son aquellos puntos cuya altura es mayor que 100.
Es por ésto que para calcular la intervisibilidad desde un punto se usa la idea subyacente del ejemplo antes citado.
La operación AND, por citar otro ejemplo, podría hacerse usando la multiplicación entre 2 MDTs que asocien a los puntos del mapa ceros o unos.

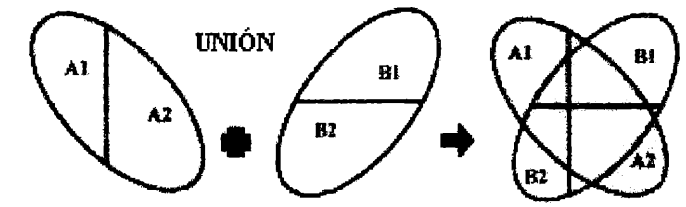
La unión de polígonos es una función muy útil en los procesos de análisis espacial con polígonos (F. Moldes, 1995); generalmente, la técnica de trabajo en el análisis, por ejemplo, territorial, consiste en superponer varios temas, como pendiente media del terreno, tipo de vegetación, precipitación media, etc., por lo que se obtienen polígonos en los que estos factores son constantes ; es decir, se ha dividido el territorio en áreas uniformes (unidades de diagnóstico). Si establecemos unos criterios de ordenación, por ejemplo para repoblaciones, las distintas áreas obtenidas resultan por unión de las unidades de diagnóstico.

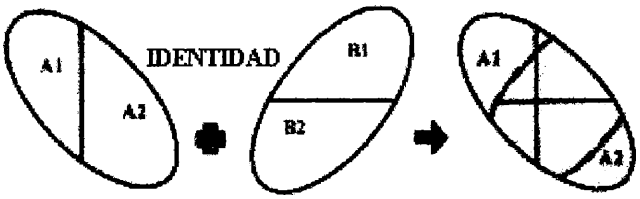
Para ello, debemos asignar a los polígonos un atributo que indique la nueva clase agregada y proceder a eliminar los arcos que a ambos lados los polígonos tienen el mismo valor en este campo de clase agregada. La figura siguiente muestra la técnica de unión de polígonos por la eliminación de un borde común.

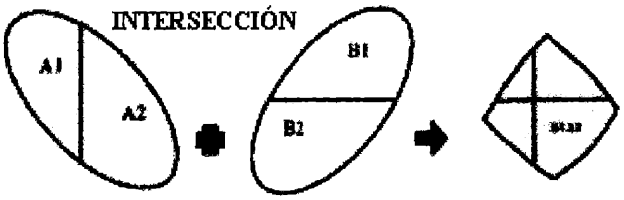


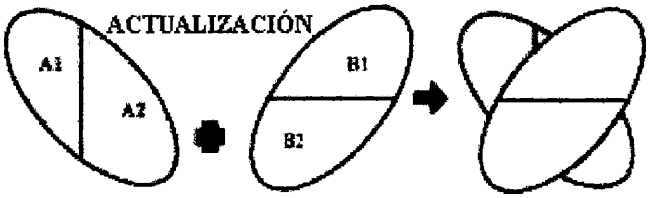
En los procesos de superposición de redes de polígonos se suelen crear multitud de polígonos de áreas muy pequeñas que no tiene ningún sentido. En algunas ocasiones es recomendable utilizar el criterio de eliminar los polígonos cuyo perímetro dividido por el área sea mayor que una determinada cantidad, este criterio eliminaría los polígonos muy largos y estrechos.

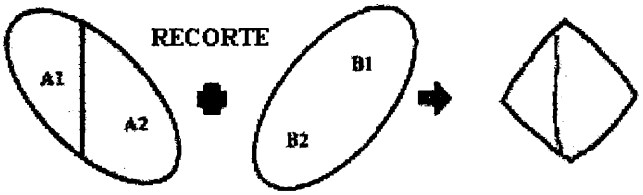
A continuación se muestran funciones de superposición de polígonos.

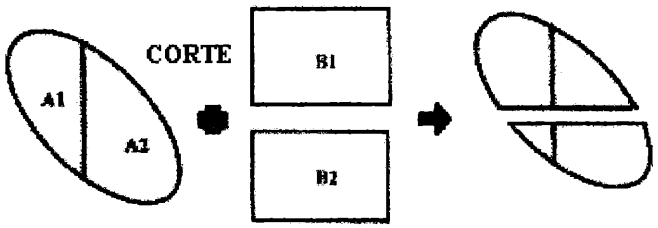


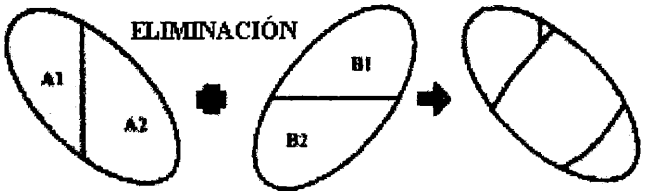












Para realizar la operación de superposición de polígonos, ambos temas deben tener una topología de polígonos. Las posibilidades de esta función son enormes en procesos de simulación y análisis de políticas territoriales, en procesos de clasificación y evaluación de suelo, etc.. Aunque son difíles de aplicar, debido a los enormes recursos de ordenador que requieren en tiempo y espacio de memoria, por lo que se pierde la capacidad interactiva de las otras funciones del SIG, siendo más bien funciones que permiten preparar mapas temáticos en las áreas de diagnóstico, donde todas las variables consideradas son constantes, y permitir sobre éstas redes de polígonos ya superpuestas las consultas que se requieran.
Esta técnica resulta poco recomendable si se requiere utilizar más de dos o tres temas en el análisis, ya que la complejidad del proceso hace inviable la superposición. Para estos casos de múltiples intersecciones, es más recomendable convertir los temas en un GRID (cuadrícula) y analizar las coincidencias entre los mapas temáticos a través de las celdillas del GRID. La superposición a través del GRID resulta más rápida, ya que permite utilizar un número ilimitado de temas aunque resulta poco precisa si las celdillas son muy grandes.

Operaciones geométricas : incluyen rotaciones, conversiones de escala y translaciones.
H-Map permite rotar mapas, conversiones de escala mediante técnicas de zooom/unzoom y estirar/contraer.

Determinación del centroide : es el centro de masa de un objeto de 2 o 3 dimensiones. Muchas veces se suele almacenar el centroide como clave de búsqueda para encontrar objetos cercanos a una región dada.

Conversión de estructuras de datos: es necesario cuando se desea ejecutar una función particular y los datos de entrada no están en el formato adecuado.

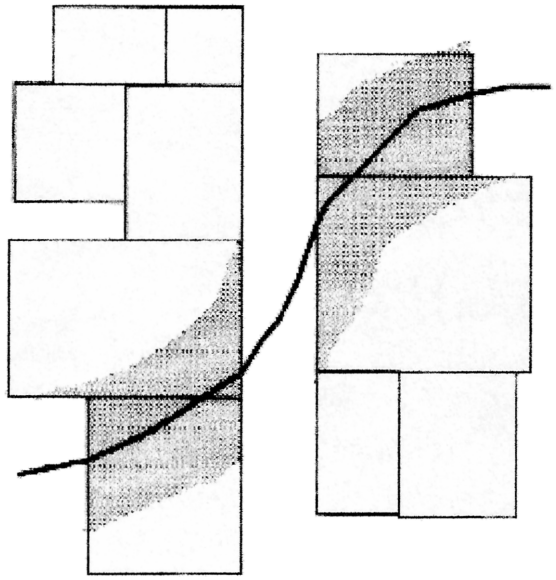
Operaciones espaciales: las operaciones con los objetos espaciales pueden dividirse en 2 familias: las de conectividad y las de vecindad.
Las primeras se caracterizan por detectar objetos a cierta distancia de otro objeto o grupo de objetos.
Ejemplos de tal tipo son: zonas de influencias, búsqueda del objeto más cercano, entre otros.

Las operaciones espaciales de vecindad se caracterizan porque involucran grupos de objetos contiguos.
En estructuras vectoriales, un ejemplo sería ver los polígonos adyacentes a otro. En el caso raster, un ejemplo sería determinar la altura promedio de una región. Otro ejemplo es la aplicación de filtros (generalmente matrices de 2X2 o 3X3) a un conjunto de celdas adyacentes.

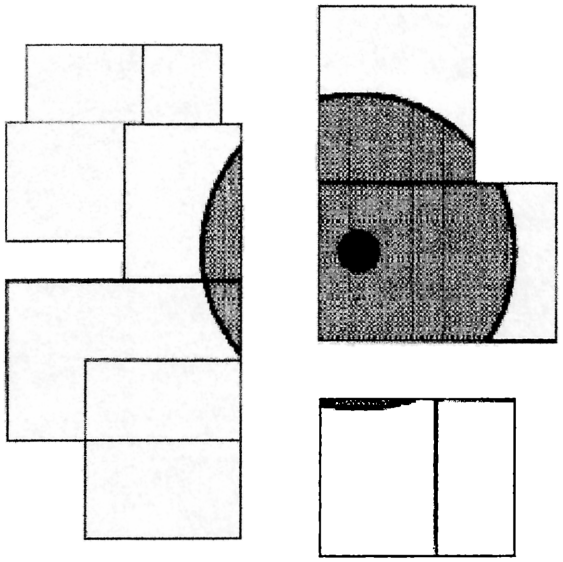
En H-Map, se encuentran implementadas varias operaciones espaciales : obtener el nodo más cercano a un punto, camino de mínimo costo, camino de mínima distancia, mapas de pendientes, mapas de orientaciones, mapas de intervisibilidad y mapas de áreas de drenaje, entre otras.
Los mapas de pendientes muestran los puntos que tienen pendientes en un determinado rango en grados, los mapas de orientaciones muestran los puntos que crecen en una determinada dirección, los mapas de intervisibilidad muestran los puntos de altura menor a un punto dado y que sean directamente alcanzables desde dicho punto. Por útimo, los mapas de área de drenaje indican, dado un punto, hacia que lugar/es correría el agua si lloviera sobre ese punto.

Otro ejemplo de función espacial de vecindad es el análisis de área de influencia, que permite obtener el área que rodea una entidad o conjunto de entidades, definida generalmente a través de una cierta distancia (F. Moldes, 1995). Esta función es muy útil en aplicaciones como la obtención del área que se debe expropiar en la construcción de una carretera ; para éste ejemplo, se toma una distancia al eje de la carretera, y tomando como entidad maestre éste eje, se dibuja la banda que está a ambos lados de la carretera. Posteriormente, con técnicas de superposición de polígonos, se puede investigar, por ejemplo, cuál es el área que corresponde a cada propietario.
Se puede obtener el área de influencia de un punto, de un arco y de un polígono. En el caso de un punto, el área de influencia es un círculo, y se suele utilizar para investigar qué entidades están a menos de una determinada distancia de ese punto. Los polígonos que resulten de la creación de un área de influencia, suelen ser temas temporales, es decir, utilizables en el momento de la consulta, aunque se pueden grabar como temas permanentes para utilizar posteriormente como mapas temáticos.
Un tipo especial de áreas de influencia son aquellas que se basan en temas raster o GRID, de forma que desde una celdilla o una entidad vectorial, como un arco, se puedan crear las áreas de influencia, asignando a éstas las celdillas que estén próximas a la entidad maestra.

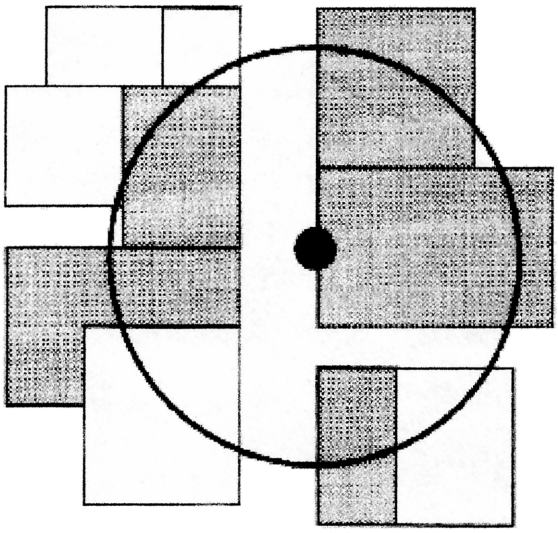
Estas áreas de influencia son muy versátiles y rápidas en su obtención, permitiendo la asignación a cada celdilla de un parámetro que define su clase en función de unos intervalos de distancia a la entidad maestra, de manera que se va creando una serie de bandas de influencia, al estilo de un degradado de una pintura.



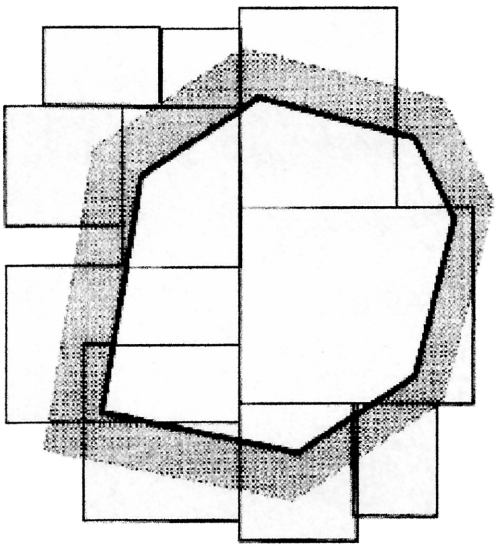
Area de influencia de un arco



Area de influencia de un punto

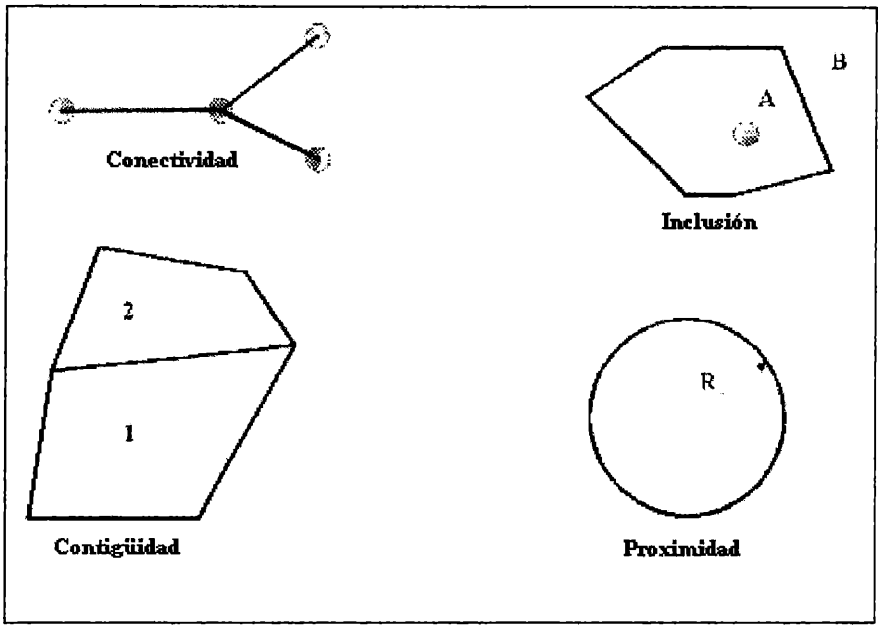


Selección de polígonos dentro de un círculo



Area de influencia de un polígono

A continuación se ilustran algunas relaciones espaciales .



Relaciones espaciales entre las entidades de un SIG.

Otra operación espacial frecuentemente usada en los SIG son los polígonos de Thiessen. Supongamos que tenemos un conjunto de cerros susceptibles de situar un castillo en cada uno, y queremos trazar las zonas de influencia que cada castillo tiene que defender. Entre cada 2 cerros trazamos una línea recta y obtenemos el punto equidistante entre ambos cerros. Por este punto trazamos la perpendicular a la línea que une ambos puntos. Es evidente que esta línea separa los dominios de cada castillo. Si juntamos todas las líneas, tendríamos un conjunto de polígonos que definen las áreas de influencia de cada punto. Estos polígonos se conocen como polígonos de Thiessen. Si un cerro tiene poco territorio, se podría eliminar de la lista de situaciones posibles y se volverían a calcular los polígonos de Thiessen. Estos polígonos nos pueden definir el área de influencia o también nos indican, por ejemplo, en qué zonas es más densa la presencia de un determinado tipo de dato puntual, por lo que podemos convertir un conjunto de datos puntuales en datos referenciados superficialmente (F. Moldes, 1995).

Mediciones: las mediciones son frecuentemente usadas en los SIGs. En una estructura raster, cada celdilla representa un área determinada. Por lo tanto la cantidad de celdas entre 2 objetos puede usarse para calcular la distancia.

En una estructura vectorial pueden adoptarse distintos criterios para medir la distancia, por ejemplo, distancia mínima entre dos objetos, diferencia entre centroides, etc..

En el caso del SIG desarrollado, para obtener el camino mínimo se usa la información de la distancia o el costo de los arcos.

Análisis estadístico: distintas técnicas estadísticas son frecuentemente usadas en los SIGs. Entre las más usadas están:

Estadística descriptiva: la media, la mediana y la varianza de atributos son usadas para aproximar ciertos valores.

Histogramas: cuentan la frecuencia con que aparece cierta característica de los objetos.

Valores extremos: la localización de máximos y mínimos en un área específica es a menudo usada.

Correlaciones: es posible comparar objetos usando coeficientes de correlación lineal o ecuaciones de regresión lineal.

4.5 Generación del producto

Esta etapa corresponde a la obtención de resultados en un SIG.
Un SIG puede mostrar sus resultados de diversas maneras: con mapas, gráficos, información tabular, etc..

Tipos de salida de un SIG:

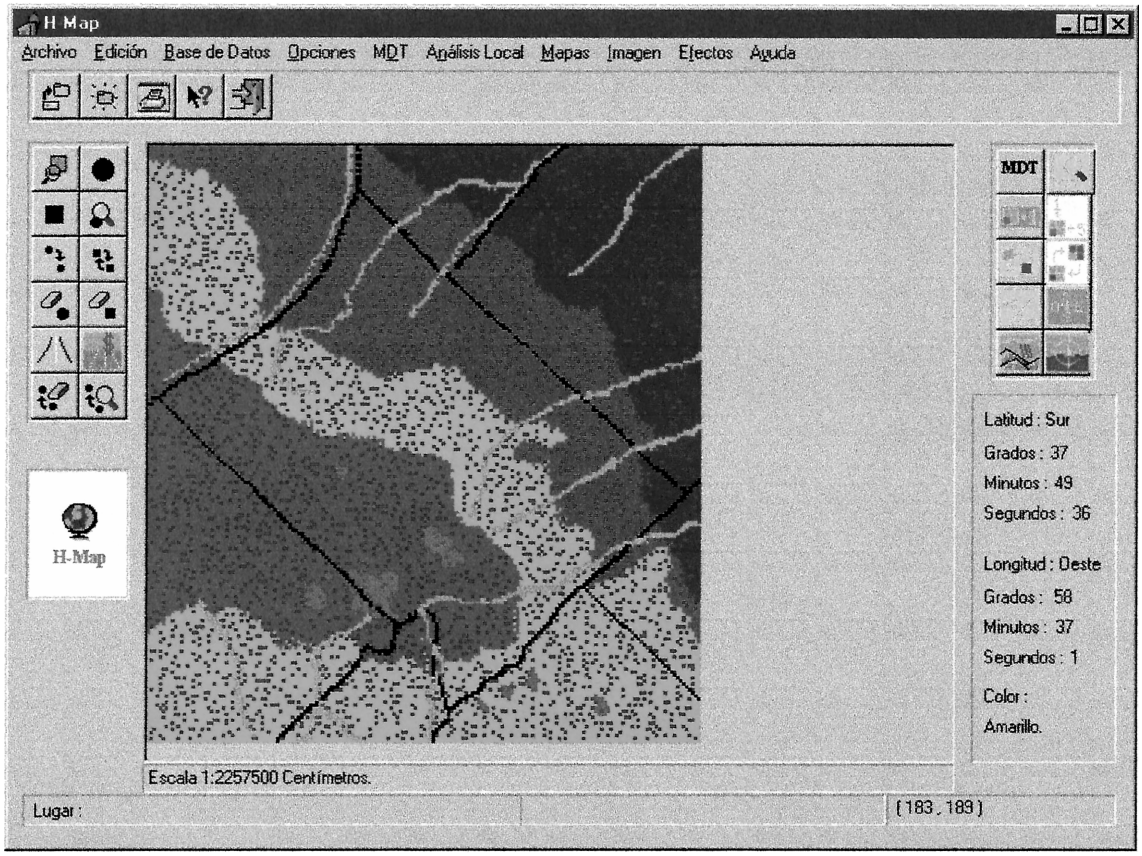
Básicamente podemos dividirlos en 3 grupos: los que generan como salida un mapa temático, los gráficos y los que devuelven un valor específico ya sea numérico o no.
Los mapas temáticos concentran su atención en las variaciones de cierta característica en una región determinada. Dentro de los mapas temáticos más comunes se encuentran aquellos que diferencian distintas regiones con distintos colores, los que marcan el contorno de las regiones y los que usan símbolos para representar determinadas características.
Otras clases de mapas son los mapas de puntos, en los cuales, cada punto representa una determinada magnitud, como por ejemplo: 100.000 habitantes.
También existen mapas animados que muestran secuencias a través del tiempo con un cierto significado.
Gráficos de distinto tipo son usualmente usados en los SIGs, como por ejemplo, gráficos de barras, gráficos porcentuales e histogramas.
En ocasiones la salida de alguna función se limita sólo a mostrar algún dato simple como podría ser el promedio de habitantes o el tipo de suelo de una zona; tales resultados se denominan numéricos o alfanuméricos, respectivamente.
Algunos SIGs usan algún dispositivo hardware para emitir su salida. Tal hardware podría ser, por ejemplo: un plotter.

H-Map, genera como salida información de los 3 tipos antes citados. A continuación se citan algunos ejemplos por cada tipo.

- Alfanumérico : permite la edición y el borrado de arcos que se presentan en forma de tabla, edición detallada de los nodos que forman el camino mínimo, edición/modificación de un MDT.
- Mapas temáticos : genera mapas temáticos cuando realiza superposiciones de MDTs, reclasificación, transformación.
- Gráfica : cuando se crean gráficos que ilustran mapas de pendientes, orientaciones, intervisibilidad, áreas de drenaje.

Capítulo 5

H-Map : Una herramienta SIG.



5.1 Características de H-Map :

Hemos visto que un SIG es un modelo informatizado del mundo real,con un sistema de referencia ligado a la Tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas, respondiendo un conjunto de preguntas concreto.

Conforme lo anterior, a continuación veremos las principales características de la herramienta SIG desarrollada:

- Sistema de referencia: latitud y longitud.
- Tipo de SIG: mixto raster-vector.
- Mantenimiento de la escala del mapa en forma automática.
- Edición permanente de la coordenada actual apuntada.

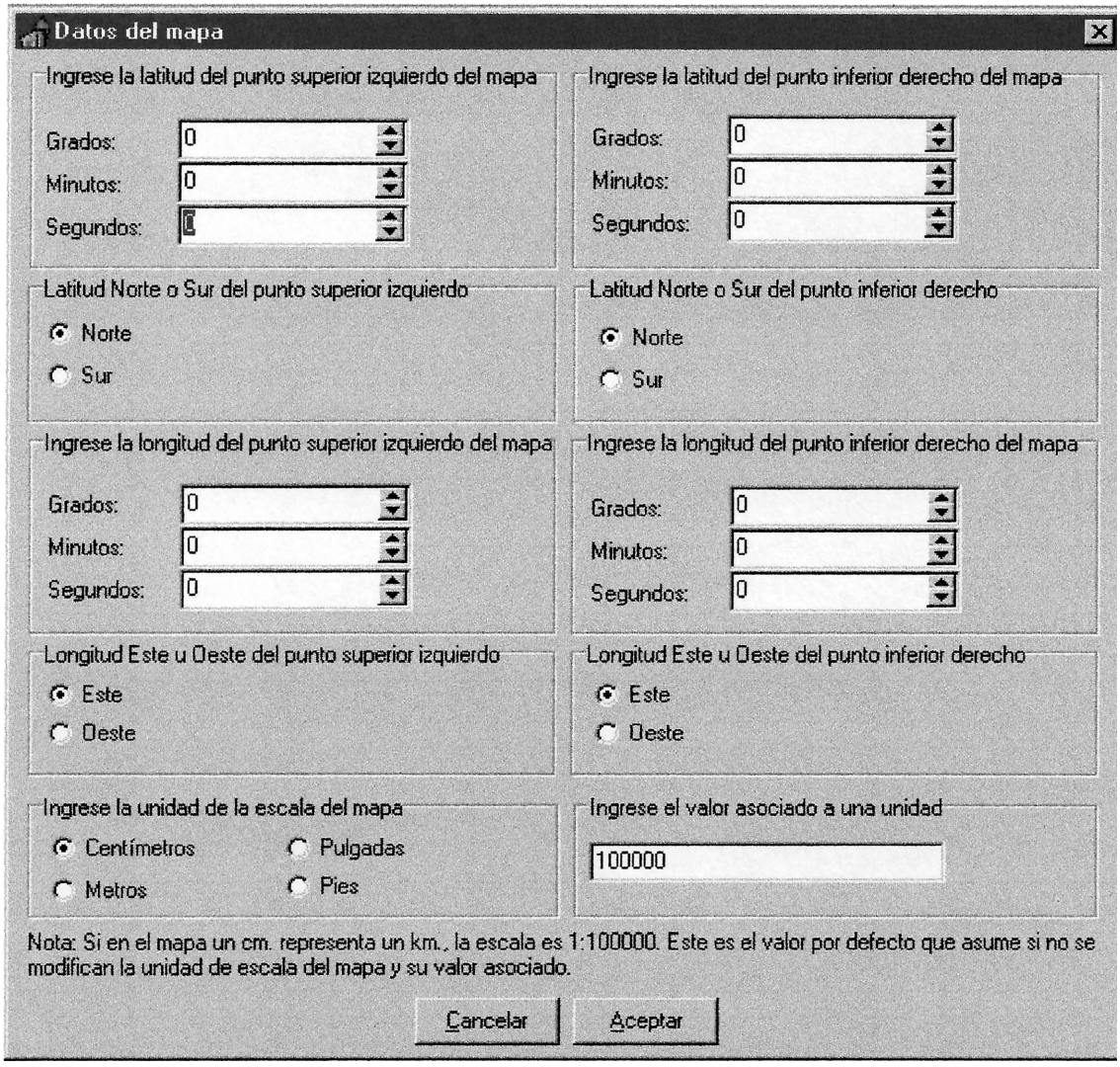
- Funciones raster : Creación, edición y modificación de MDT; reclasificar, escalar, transformar, superponer mapas temáticos; mapas de pendientes, de orientaciones, de intervisibilidad y de áreas de drenaje.
- Funciones vectoriales : funciones para la creación, edición y modificación de nodos, arcos y etiquetas. Caminos de mínimo costo o distancia.
- Función de exportación de datos : generar base de datos en formato Dbase.
- Funciones sobre el mapa: Rotar, zoom/unzoom, concatenar mapas, expandir/contraer, truncar/ampliar, filtros.

5.2 Requisitos mínimos del sistema

RAM de sistema de 8 MB (16 MB recomendado).
Monitor color.
1 MB de espacio en disco duro disponible al instalarse el software.
Unidad de disco de 3.5", 1.44 MB.
Mouse.
Microsoft Windows 95 o posterior.

5.4 Como crear un proyecto

Para crear un proyecto debemos seguir los siguientes pasos :
1) Seleccionar el mapa con que vamos a trabajar.
2) Elegir el directorio de trabajo, en el cual se guardarán los archivos asociados al mapa.
3) Ingresar la escala y las coordenadas de los puntos extremos del mapa. Para ello debemos completar los datos de la ficha que aparece debajo.

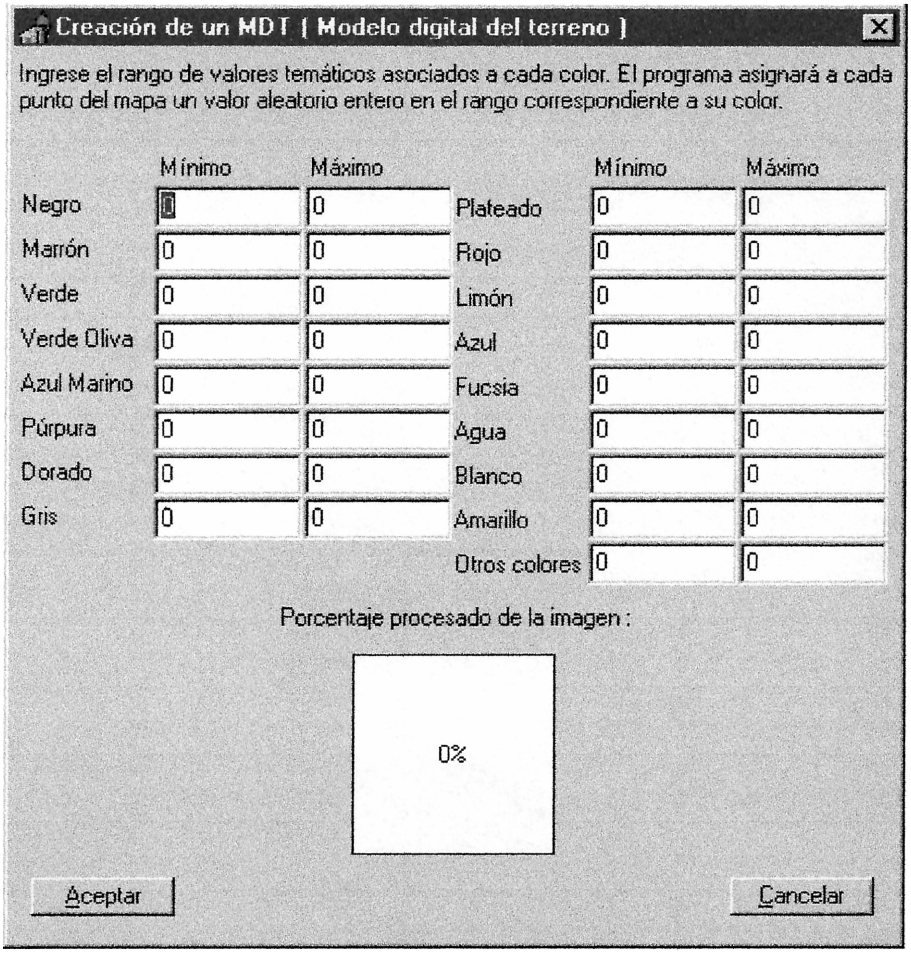


Una vez finalizados los 3 pasos anteriores se tiene un proyecto nuevo (vacío) y lo que sigue será decidir con que técnica vamos a trabajar (raster o vectorial).

5.5 Uso de la técnica raster

Una vez creado un proyecto, si deseamos trabajar con la técnica raster, debemos crear un Modelo Digital del Terreno (MDT).
Para ello debemos seguir los 2 pasos siguientes :

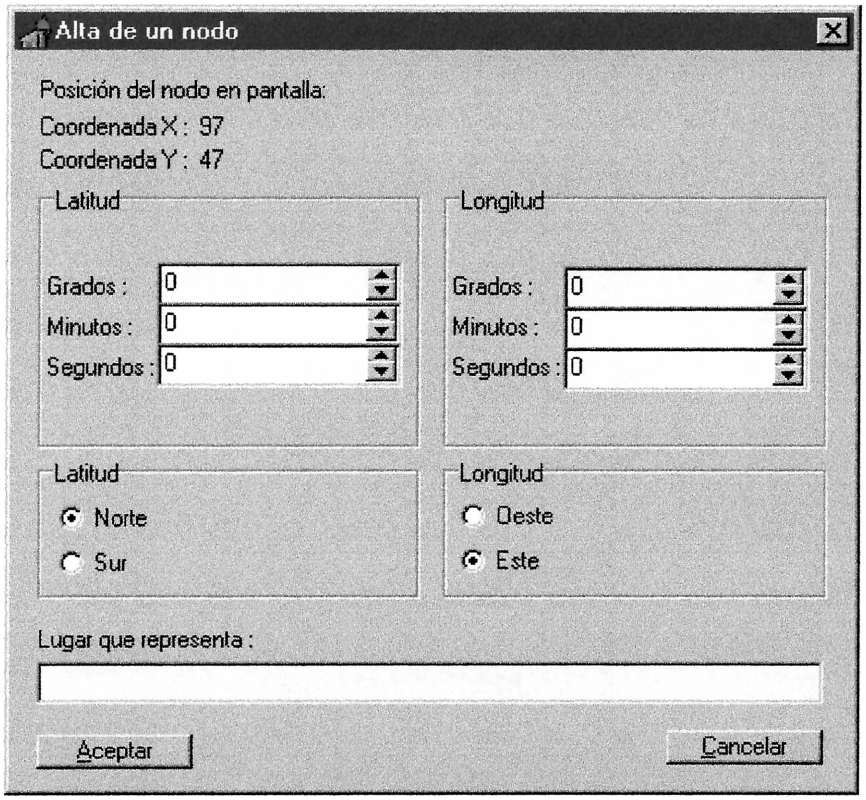
1) Seleccionar el botón Crear MDT de la barra de botones vertical derecha o el ítem análogo desde el menú. Aparecerá entonces la pantalla que se muestra debajo, que nos permitirá asociar a cada pixel con un valor aleatorio comprendido en el rango correspondiente a su valor.



2) Luego se pedirá el nombre del archivo MDT creado. Tales archivos son de la forma *.mdt. Por claridad para el propio usuario se aconseja que el archivo resultante se guarde en el directorio de trabajo.
Una vez creado el MDT podemos realizar cualquiera de las operaciones raster proporcionadas por la herramienta.

5.6 Uso de la técnica vectorial

Para crear nodos debemos seleccionar de la barra de botones vertical izquierda, el botón Agregar nodo y luego indicar en que lugar del mapa se encuentra dicho nodo. A continuación aparecerá una pantalla como la que se muestra debajo. Los datos de las coordenadas son proporcionados automáticamente por el programa, pero pueden cambiarse si se quiere.
También puede agregarse una etiqueta (opcional) si se completa el casillero que indica el lugar que representa.



Para crear etiquetas debemos seleccionar el botón Agregar etiqueta y luego indicar en que lugar del mapa se encuentra la etiqueta. Luego aparecerá una pantalla (similar a la de alta de un nodo) y procedemos de la misma forma.

Para crear arcos, debemos primero crear todos los nodos que formarán parte de la topología. Luego, seleccionar del menú Edición, el ítem Mostrar Nodos. A continuación se marcarán en el mapa aquellos lugares donde haya un nodo. Después debemos seleccionar el botón Agregar arco de la barra de botones vertical izquierda e indicar que par de nodos forman un arco.
Inmediatamente aparecerá una pantalla con los datos de los nodos seleccionados y se pedirán la distancia y el costo de dicho arco.

5.6 Uso del menú y de las barras de herramientas

A continuación veremos como se usa el programa. Para ello, se describirá el uso de las distintas barras de herramientas y del menú de H-Map.

El botón de Ver Etiqueta : cuando se presiona éste botón y luego se clickea un lugar en el mapa, el programa busca en las proximidades del punto, la etiqueta más cercana al lugar elegido. Si tal etiqueta existe podrá ver el lugar que representa en la parte inferior de la pantalla. Si no existe ninguna etiqueta en las cercanías del punto elegido, el programa mostrará un mensaje sobre lo ocurrido.

El botón de Agregar Nodo : cuando se presiona éste botón y luego se clickea un lugar en el mapa, el programa verifica si ya existe un nodo en ese lugar. En caso afirmativo, informa lo ocurrido y no se agrega ningún nodo. En caso de que no exista otro nodo en ese lugar, se procede a pedir los datos para el alta del nuevo nodo.

El botón de Agregar Etiqueta : cuando se presiona éste botón y luego se clickea un lugar en el mapa, el programa verifica si ya existe una etiqueta en ese lugar. En caso afirmativo, informa lo ocurrido y no se agrega ninguna etiqueta. En caso de que no exista otra etiqueta en ese lugar, procede a pedir los datos para realizar el alta de la nueva etiqueta.

El botón de Ver Nodo : cuando se presiona éste botón y luego se clickea un lugar en el mapa, el programa busca en las proximidades del punto, el nodo más cercano al lugar elegido. Si tal nodo existe, se muestran los datos correspondientes. Si no existe ningún nodo en las cercanías del punto elegido, el programa mostrará un mensaje sobre lo ocurrido.

El botón de Conectar Nodos : cuando se presiona éste botón y luego se clickea en 2 lugares en el mapa, el programa busca en las proximidades de dichos lugares, los nodos que formarán parte del nuevo arco. Si se encuentran los 2 nodos, el programa pide los datos para realizar el alta del arco. Si no es así, se informa lo ocurrido y no se realiza la operación.

El botón de Camino de Costo Mínimo : cuando se presiona éste botón y luego se clickea en 2 lugares en el mapa, se buscan los nodos cercanos a tales lugares. Si se encuentran ambos nodos, entonces se procede a calcular el camino de costo mínimo entre tales nodos. De lo contrario se informa lo ocurrido.

El botón de Borrar Nodo : cuando se presiona éste botón y luego se clickea un lugar en el mapa, el programa busca en las proximidades del punto, el nodo más cercano al lugar elegido. Si tal nodo existe, se verifica si existen arcos que lo referencian, y en tal caso, el nodo no se borrará. Si el nodo existe y no existen arcos que lo referencian, entonces se borra dicho nodo.
Si ningún nodo se encuentra en las cercanías del punto elegido, entonces se mostrará un mensaje sobre lo ocurrido.

El botón de Borrar Etiqueta : cuando se presiona éste botón y luego se clickea un lugar en el mapa, el programa busca en las proximidades del punto, la etiqueta más cercana al lugar elegido. Si tal etiqueta existe, entonces se borrará. Si ninguna etiqueta se encuentra en las cercanías del punto elegido, entonces se mostrará un mensaje sobre lo ocurrido.

El botón de Camino de Distancia Mínima : cuando se presiona éste botón y luego se clickea en 2 lugares en el mapa, se buscan los nodos cercanos a tales lugares. Si se encuentran ambos nodos, entonces se procede a calcular el camino de distancia mínima entre tales nodos. De lo contrario se informa lo ocurrido.

El botón de Modificar etiqueta : cuando se presiona éste botón y luego se clickea un lugar en el mapa, el programa busca en las proximidades del punto, la etiqueta más cercana. Si encuentra una, entonces muestra los datos actuales de la etiqueta y pemite la modificación de los mismos. Si no encuentra ninguna etiqueta, se muestra un mensaje con lo ocurrido.

El botón de Borrar Arco : cuando se presiona éste botón, se muestran en una lista, los datos de todos los arcos que posee el mapa. Si se desea borrar algún arco, sólo debe seleccionarlo y pulsar el botón Borrar.

El botón de Ver Arcos : cuando se presiona éste botón, se muestran los datos de todos los arcos del mapa actual. Por cada arco, se muestra el nodo origen y destino, la distancia y el costo.

El botón MDT : pide al usuario que asocie un rango de valores a cada color y el nombre del archivo a crear. Luego, de acuerdo al color de cada punto del mapa, asocia a cada punto un número entero aleatorio comprendido en el rango correspondiente a su color.
Esta operación produce como resultado un archivo con extensión MDT. El contenido del archivo MDT se puede modificar eligiendo el ítem Editar / Modificar MDT.

El botón de Edición / Modificación de un MDT : permite la edición y/o modificación de los valores temáticos asociados a cada punto del mapa.

El botón de Clasificar : permite realizar una operación aritmética con cada valor asociado al mapa. Para ello se pide que se indique la operación a realizar, que puede ser : suma, resta, multiplicación o división , y el valor de la constante. El archivo MDT resultante contendrá para cada punto, el resultado de aplicar la operación seleccionada entre el valor que tenía el punto y la constante.
Por ej., si se selecciona la operación división y el valor de la constante es igual a 2, entonces el archivo MDT que se creará asociará a cada punto la mitad del valor que antes tenía.

 El botón de Reclasificar : ésta operación permite modificar el valor asociado a los puntos de un mapa que se encuentren en un cierto rango de valores. Para ello se pide el mínimo y el máximo valor que puedan tener los valores asociados a un punto, el nuevo valor que tendrán aquellos puntos que pertenezcan a ese rango, y el nombre del archivo MDT que se creará.

El archivo MDT resultante contendrá los mismos valores que el original, excepto aquellos puntos que antes estaban comprendidos en un determinado rango ; ahora su valor es otro.

El botón de Escalar : permite realizar una operación aritmética con cada valor asociado al mapa. Para ello se pide que se indique la operación a realizar, que puede ser : suma, resta, multiplicación o división , y el valor de la constante.

El archivo MDT resultante contendrá para cada punto, el resultado de aplicar la operación seleccionada entre el valor que tenía el punto y la constante.
Por ej., si se selecciona la operación división y el valor de la constante es igual a 2, entonces el archivo MDT que se creará asociará a cada punto la mitad del valor que antes tenía.

El botón de Transformar : permite cambiar el valor asociado a cada punto, mediante la aplicación de una operación matemática. Las operaciones que podemos aplicar son : recíproco, raíz cuadrada, cuadrado, valor absoluto, mitad y doble. Para ello el programa pide que se indiquen los nombres de los archivos MDT fuente y destino.

El botón de Mapas de Pendientes : dado un archivo MDT que contenga las alturas asociadas a cada punto ; el programa puede determinar los puntos cuya inclinación se encuentra comprendida en un determinado rango en grados. Para ello, el programa pide la inclinación mínima y máxima en grados, el archivo MDT fuente y el color con que se mostrarán los puntos cuya pendiente esté entre esos 2 valores.

El botón de Mapa de Orientaciones : dado un archivo MDT que contenga las alturas asociadas a cada punto ; el programa puede determinar aquellos puntos cuya pendiente aumenta hacia un determinado punto cardinal.
Presionando éste botón, el programa procede a pedir que se seleccione un punto cardinal, el archivo MDT que tiene asociado a cada punto con su altura, y el color con que se dibujarán los puntos que cumplan la condición.

El botón de Mapa de Areas de Drenaje : dado un archivo MDT que contenga las alturas asociadas a cada punto, y un punto del mapa ; el programa puede calcular hacia que puntos correrá el agua cuando llueva en ese lugar.
Esta operación es útil para establecer, por ejemplo, las zonas que pueden sufrir inundaciones, las zonas que en una región alimentan un río o un lago, o las zonas de estancamiento de aguas.
Si se presiona éste botón, y luego se hace click en un lugar del mapa, el programa procede a pedir el archivo MDT que asocia a cada punto su altura, y el color con que se dibujará el área de drenaje.

BIBLIOTECA
FAC. DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

El botón de Mapa de Intervisibilidad : dado un MDT que contenga las alturas asociadas a cada punto, y un punto del mapa ; el programa puede calcular los puntos cuyas alturas sean menores al punto seleccionado y que sean alcanzables desde dicho punto.
Si se presiona éste botón, y luego se clickea en un lugar del mapa, el programa procederá a pedir el color con que se desea visualizar el área de intervisibilidad, y el archivo MDT fuente.

Item Archivo :

Abrir Proyecto : permite usar un proyecto desarrollado anteriormente. Cuando se elige éste ítem, se pregunta al usuario el directorio donde se encuentra los archivos del proyecto y cual es el mapa asociado (imagen .BMP). Los archivos del proyecto pueden estar en distinto directorio que el mapa, aunque por razones de claridad para el propio usuario, sería conveniente que estuvieran juntos.

Nuevo Proyecto : cuando se elige éste ítem se pide al usuario que indique el mapa (imagen .BMP) con que se desea trabajar, luego el directorio donde desea guardar los datos del nuevo proyecto, y las coordenadas del mapa y escala del mapa.

Imprimir : permite imprimir el mapa que se está visualizando.

Salir : finaliza el programa.

Item Edición :

Imagen Original : visualiza el mapa sin tener en cuenta las operaciones que se hayan realizado sobre él.

Copiar Imagen al Portapapeles : permite almacenar el mapa en el portapapeles de Windows (como imagen BMP) , de manera que pueda ser usado por otra aplicación.

Mostrar Nodos : dibuja en el mapa un pequeño círculo amarillo en los lugares donde existe un nodo. El color de un nodo puede cambiarse, si se quiere, desde el ítem Opciones.

Mostrar Arcos : dibuja en el mapa segmentos rectilíneos de color azul que conectan pares de nodos que componen un arco. El color de los arcos puede cambiarse, si se desea, desde el ítem Opciones.

Mostrar Etiquetas : dibuja en el mapa un pequeño cuadrado rojo en los lugares donde existe una etiqueta. El color de una etiqueta puede cambiarese, si lo desea, desde el ítem Opciones.

Ver Detalles del Camino Mínimo : muestra datos de los nodos que componen el camino mínimo. Por cada nodo se muestra : el número de nodo, su coordenada x e y de la pantalla, y también su latitud y longitud.

Item Base de Datos :

Generar Base de Datos en Formato DBase for Windows : crea una base de datos DBase con los datos del mapa actual. Esta operación se provee para que los datos manejados por el programa puedan ser usados desde otros programas o manejadores de base de datos.

Item Opciones :

Preferencias : mediante éste ítem se permite acceder a 4 subítems : color de los nodos, color de las etiquetas, color de los arcos y color del camino mínimo, desde los cuales se puede establecer el color con que se dibujarán tales elementos cuando se seleccione el ítem Mostrar Nodos, Mostrar Etiquetas, Mostrar Arcos o se haya calculado el camino mínimo pulsando el botón correspondiente, respectivamente.

Item MDT :

Crear Modelo Digital del Terreno (MDT) : pide al usuario que asocie un rango de valores a cada color y el nombre del archivo a crear. Luego, de acuerdo al color de cada punto del mapa, asocia a cada punto un número entero aleatorio comprendido en el rango correspondiente a su color.

Esta operación produce como resultado un archivo con extensión MDT. El contenido del archivo MDT se puede modificar eligiendo el ítem Editar / Modificar MDT.

Editar / Modificar MDT : permite la edición y/o modificación de los valores temáticos asociados a cada punto del mapa.

Item Análisis Local :

Clasificar : ésta operación permite mostrar los puntos cuyos valores asociados estén comprendidos en un determinado rango. Para ello se pide el mínimo y el máximo valor que puedan tener los puntos que se mostrarán, el archivo MDT asociado, y también el color con que se desea visualizar aquellos puntos que pertenezcan al rango antes citado.
Esta operación puede ser útil, por ej., para ver los puntos con altura entre 1000 y 2000 metros.

Reclasificar : ésta operación permite modificar el valor asociado a los puntos de un mapa que se encuentren en un cierto rango de valores. Para ello se pide el mínimo y el máximo valor que puedan tener los valores asociados a un punto, el nuevo valor que tendrán aquellos puntos que pertenezcan a ese rango, y el nombre del archivo MDT que se creará. El archivo MDT resultante contendrá los mismos valores que el original, excepto aquellos valores que antes estaban comprendidos en un determinado rango ; ahora su valor es otro.

Escalar : permite realizar una operación aritmética con cada valor asociado al mapa. Para ello se pide que se indique la operación a realizar, que puede ser : suma, resta, multiplicación o división , y el valor de la constante. El archivo MDT resultante contendrá para cada punto, el resultado de aplicar la operación seleccionada entre el valor asociado al punto y la constante.
Por ej., si se selecciona la operación división y el valor de la constante es igual a 2, entonces el archivo MDT que se creará asociará a cada punto la mitad del valor que antes tenía.

Transformar : permite cambiar el valor asociado a cada punto, mediante la aplicación de una operación matemática unaria. Las operaciones que podemos aplicar son : recíproco, raíz cuadrada, cuadrado, valor absoluto, mitad y doble. Para ello el programa pide que se indiquen los nombres de los archivos MDT fuente y destino y la operación a realizar.

Superponer : permite realizar ciertas opereciones entre 2 archivos MDT. Las operaciones posibles son : suma, resta, multiplicación, división, razón normalizada, exponenciación, enmascarado, mínimo y máximo.
Para ello se pide al usuario que especifique los 2 archivos MDT fuente, el archivo MDT destino y la operación que desea realizar.
Por ej., si se selecciona como operación, máximo. El archivo MDT resultante guardará para cada punto el máximo de los valores correspondientes a ese punto, comparando los valores del mismo punto de los archivos MDT fuente.

Item Mapas :

Mapa de pendientes : dado un archivo MDT que contenga las alturas asociadas a cada punto ; el programa puede determinar los puntos cuya inclinación se encuentra comprendida en un determinado rango en grados. Para ello, el programa pide la inclinación mínima y máxima en grados, el archivo MDT fuente y el color con que se mostrarán los puntos cuya pendiente esté entre esos 2 valores.

Mapa de orientaciones : dado un archivo MDT que contenga las alturas asociadas a cada punto ; el programa puede determinar aquellos puntos cuya pendiente aumenta hacia un determinado punto cardinal.
Para realizar ésta operación se debe seleccionar un punto cardinal, el archivo MDT que tiene asociado a cada punto con su altura, y el color con que se dibujarán los puntos que cumplan la condición.

Mapa de áreas de drenaje : dado un archivo MDT que contenga las alturas asociadas a cada punto, y un punto del mapa ; el programa puede calcular hacia que puntos correrá el agua cuando llueva en ese lugar.
Esta operación es útil para establecer, por ejemplo, las zonas que pueden sufrir inundaciones, las zonas que en una región alimentan un río o un lago, o las zonas de estancamiento de aguas.
Para realizar ésta operación el programa pide las coordenadas de la pantalla de un punto, el archivo MDT que asocia a cada punto su altura, y el color con que se dibujará el área de drenaje.

Mapa de intervisibilidad : dado un MDT que contenga las alturas asociadas a cada punto, y un punto del mapa ; el programa puede calcular los puntos cuyas alturas sean menores a la del punto seleccionado y que sean alcanzables desde dicho punto.

Pare realizar ésta operación se deberá indicar al programa las coordenadas de la pantalla de un punto, el color con que se desea visualizar el área de intervisibilidad, y por último el archivo MDT fuente.

Item Imagen :

Rotar : permite rotar el mapa en una determinada cantidad de grados.

Zoom / Unzoom : permite ampliar o reducir el tamaño del mapa que se está visualizando.

Concatenar : permite agregar un mapa al lado de otro, creando un nuevo mapa.

Expandir / Contraer : permite ampliar o reducir el tamaño del mapa de acuerdo a un determinado porcentaje.

Truncar / Ampliar : truncar permite reducir las dimensiones del mapa actual. En cambio, la operación ampliar incrementa el tamaño del mapa y rellena con color blanco los lugares que exceden el alto y el ancho del mapa.

Item Efectos :

Filtros : permite aplicar determinados filtros a la imagen que se está visualizando.

Item Ayuda :

Temas de Ayuda : invoca la ayuda del programa.

Acerca De : muestra comentarios acerca del programa y su ambiente de desarrollo.

El botón de Abrir Proyecto : permite usar un proyecto desarrollado anteriormente. Cuando se pulsa éste botón, se pregunta al usuario el directorio donde se encuentra los archivos del proyecto y cual es el mapa asociado (imagen BMP).

Los archivos del proyecto pueden estar en distinto directorio que el mapa, aunque por razones de claridad para el propio usuario, sería conveniente que estuvieran juntos.

El botón de Nuevo Proyecto : cuando se pulsa éste botón se pide al usuario que indique el mapa (imagen BMP) con que se desea trabajar, luego el directorio donde desea guardar los datos del nuevo proyecto, las coordenadas del mapa y la escala del mismo.

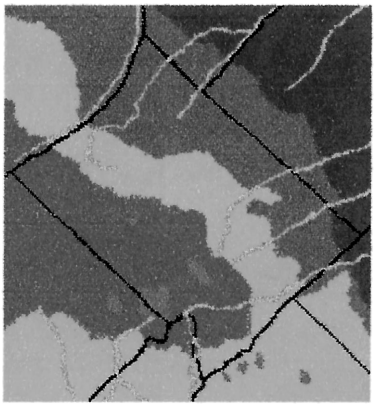
El botón de Imprimir : cuando se pulsa éste botón se imprimirá el mapa que se está visualizando.

El botón de Salir : cuando se pulsa éste botón finaliza el programa.

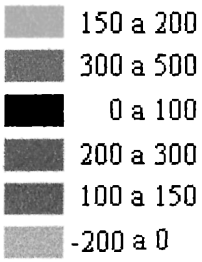
El botón de Ayuda : cuando se pulsa éste botón aparece la ayuda del programa.

5.7 Ejemplos de ejercicios resueltos con H-Map

He seleccionado para tal efecto, el mapa físico-político del partido de Tandil, provincia de Buenos Aires, que se muestra debajo.



Las referencias que asocian a cada color, con la altura en metros sobre el nivel del mar, son :



Los pasos que seguí para poder trabajar con el mapa anterior fueron :

Elegí la opción Archivo y seleccioné el ítem Nuevo Proyecto.
Elegí el mapa anterior (archivo *.BMP).
Elegí el directorio de trabajo, es decir, el directorio donde se almacenan los datos referentes al mapa.
Ingresé la latitud y la longitud del punto superior izquierdo e inferior derecho del mapa.
Los datos aproximados fueron :
Latitud del punto superior izquierdo : Sur. 36 grados 52 minutos 10 segundos.
Longitud del punto superior izquierdo : Oeste. 59 grados 52 minutos 0 segundos.
Latitud del punto inferior derecho : Sur. 37 grados 52 minutos 10 segundos.

Longitud del punto inferior derecho : Oeste. 58 grados 36 minutos 48 segundos.
La escala del mapa ingresada fue 1 : 4515000 cm..
Luego elegí la opción MDT y seleccioné el ítem Crear MDT.
A continuación ingresé los datos en la ficha que asocia a cada color un rango de valores. H-Map informa el color del punto que señala el mouse en la parte inferior derecha de la pantalla.
La ficha quedó de la siguiente manera :
Amarillo 150 a 200.
Dorado 300 a 500.
Verde 0 a 100.
Verde Oliva 200 a 300.
Limón 100 a 150.
Agua -200 a 0.
Los restantes casilleros se rellenaron con el valor 0.
Luego, el programa me pidió el nombre del archivo MDT a crear, al que llamé Tandil.mdt.
Cuando H-Map crea un archivo MDT, se fija el color de cada pixel del mapa, y graba por cada pixel, un número entero al azar comprendido en el rango especificado para ese color. Esto es interesante debido a que no contaba con la información exacta para cada punto del mapa.
Si contáramos con los datos exactos, podríamos cargarlos si seleccionamos la opción MDT y luego el ítem Ver/Modificar MDT, luego de haberlo creado.

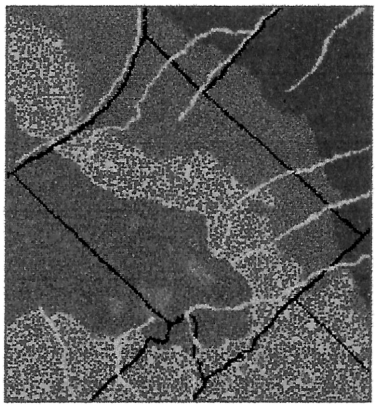
Ejemplo 1

Tomando como base el mapa anterior, supongamos que queremos constuir una casa, y que para abaratar el costo de su construcción queremos saber que lugares tienen pendientes entre -5 y 5 grados.

Para resonder tal pregunta seguí los siguientes pasos :

Elegí la opción Mapas y luego el ítem Mapa de Pendientes.
Ingresé -5 y 5 como valores mínimo y máximo, respectivamente.
Luego, cuando el programa pidió el nombre de un archivo MDT, seleccioné Tandil.mdt,.
Después eligí el color azul, con el que aparecieron los puntos que cumplían la condición.

El resultado obtenido se muestra a continuación.



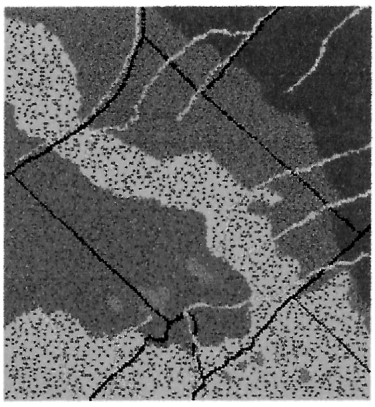
Mapa de pendientes. Los puntos azules tienen pendiente entre -5 y 5 grados.

Ejemplo 2

Ahora supongamos que deseamos construir una casa, y que queremos tener sol la mayor parte del día.

Para ello seguí los siguientes pasos :

Elegí la opción Mapas y luego el ítem Mapa de Orientaciones.
Seleccioné la orientación Este.
Elegí el color con que aparecieron los puntos que cumplían la condición (nuevamente, azul fue el color elegido).
Seleccioné el archivo Tandil.mdt.
El resultado que obtuve se muestra a continuación.



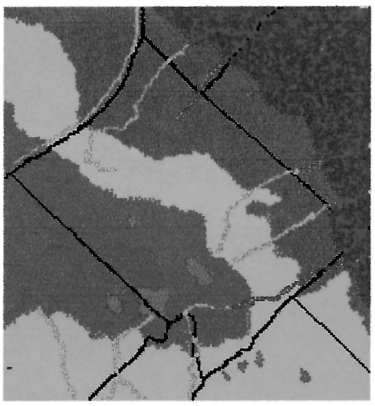
Mapa de orientaciones. Los puntos azules tienen orientación este.

Ejemplo 3

Sería interesante poder observar hacia donde correría el agua si lloviera en un determinado punto del mapa anterior.

Para ello hice lo siguiente :

Elegí la opción Mapas y luego el ítem Areas de Drenaje.
A continuación escribí las coordenadas de pantalla del punto donde supuestamente llueve. Para saber las coordenadas de pantalla del punto, debemos observar en la pantalla, la parte inferior derecha.
Allí se muestran los valores a medida que movemos el mouse sobre algún lugar del mapa.
Las coordenas ingresadas fueron :
Coordenada X : 180.
Coordenada Y : 9.
Luego seleccioné el color azul para que pinte los puntos que satisfacían la condición.
Finalmente elegí el archivo Tandil.mdt, y obtuve como resultado el mapa que se encuentra debajo.



Area de drenaje del punto (180 , 9).

5.3 Capacidades y limitaciones de H-Map :

Conforme a la definición de SIG, H-Map es un sistema mixto raster-vector que usa la latitud y la longitud como sistema de referencia, manteniendo la edición permanente de las coordenadas del punto actual apuntado y actualizando automáticamente la escala cuando alguna operación así lo requiere.
La edición de las coordenadas de un punto está basada en un cálculo de interpolación, por lo que sería conveniente que el mapa estuviera impreso con la proyección Mercátor.
Tal proyección considera los paralelos y meridianos como líneas horizontales y verticales respectivamente.
En caso de que trabajemos en formato vectorial, el sistema incluye funciones que trabajan con nodos y arcos (como los caminos de mínimo costo o distancia), pero no con polígonos (aunque es posible formar polígonos concatenando arcos vecinos), por lo que las funciones de superposición de polígonos no pueden realizarse.
El sistema puede trabajar con distintos tipos de mapas : orográficos, físicos, políticos, de carreteras y producir diversos resultados de acuerdo con el mapa en cuestión.
Podemos obtener las zonas de intervisibilidad, las áreas de drenaje, los lugares con cierta orientación o pendiente a partir de un mapa orográfico.
También podemos obtener los caminos de mínimo costo o distancia si contamos con un mapa de carreteras (mapa vial), por citar algunos ejemplos.
Provee algunas funciones de procesamiento de imágenes; como filtros, rotaciones y operaciones que redimensionan el tamaño del mapa original.
No trabaja con un formato de datos estándar (como por ejemplo DIME o POLYVRT), sino con uno original propio.
La base de datos puede transformarse a formato DBase, para realizar consultas tipo SQL.

Capítulo 6

Conclusión y trabajos futuros

6.1 Conclusión

Hemos visto que un SIG es un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la tierra, con objeto de poder responder un conjunto de preguntas concreto.
Tales sistemas son el resultado de múltiples desarrollos metodológicos e informáticos procedentes de muy diversas disciplinas, tales como los sistemas de cartografiia automática, bases de datos, modelos urbanos y territoriales, sistemas de CAD, etc., con la idea común de crear una herramienta multidisciplinaria que permita una gestión de los datos geográficos con sistemas informáticos sin perder las particulares relaciones espaciales entre los datos geográficos.
Los SIG pueden clasificarse en raster, vectoriales o mixtos raster-vector ; siendo éstos últimos los que se usan en mayor medida en la actualidad.
H-Map es un sistema mixto raster-vector que usa la latitud y la longitud como sistema de referencia.
Ha sido provisto de una gran variedad de funciones, tanto del tipo raster como vectorial, que producen resultados en diversas formas : alfanumérica, tabular, gráfica o mediante la generación de modelos digitales del terreno (MDTs).
Además incluye funciones de IDP (procesamiento digital de imágenes) como filtros, rotaciones, zooming, etc.. También permite exportar sus ficheros a formato estándar (DBase IV for Windows) para poder ser usado por otras aplicaciones o responder consultas SQL.
Este texto pretendió ser una guía para el desarrollo conjunto de los aspectos teóricos y prácticos de un SIG.
La tecnología de la programación orientada al objeto y los sistemas expertos permitirán la evolución futura de los SIG, tal vez para que sean menos complejos y mas útiles.

6.2 Trabajos Futuros

H-Map podría ampliarse en el futuro incorporando :

- Soporte de SQL sobre su base de datos : la estandarización y la normalización son características fundamentales que se deben investigar en la selección de un sistema de consultas a la base de datos, y el lenguaje SQL es uno de los más extendidos, por lo que se deberá tener en cuenta que el SIG admita éste sistema de consulta. H-Map almacena los datos en un formato propio, pero permite generar una base de datos en formato estándar, para permitir, por ejemplo, consultas SQL. Un trabajo futuro podría consistir en que H-Map trabaje directamente con una base de datos estándar sin necesidad de proveer la función de conversión.
- Sistema de generación de documentación : dependiendo de los productos y servicios que se pretendan con el SIG, será necesario conocer como se resuelve el diseño y creación de documentos tales como listados, fichas alfanuméricas y mixtas con datos gráficos, sistemas de mailing, etc..
- Sistema de control de acceso : en instalaciones con múltiples puestos de consulta y con usuarios con diferentes niveles de formación y competencias, es necesario que exista algún sistema que permita establecer un sistema de control de acceso, con el que se consigue, por un lado, proteger la integridad de los datos del SIG, y por otro, facilitar determinadas operaciones de consulta a usuarios no expertos en el SIG. En este sentido, el sistema permitiría que se pudieran bloquear diversas funciones, como la posibilidad de modificación gráfica o alfanumérica, o que un determinado usuario sólo pueda modificar las tablas de símbolos y fuentes propias y no las generales del sistema.
- Proveer lenguajes de desarrollo de aplicaciones : El hecho de que un sistema de información cuente con un lenguaje de programación que permita adaptar éste a las necesidades concretas del usuario. El lenguaje más elemental es aquel que permite ejecutar listas de comandos del sistema a modo de MACROS ; es importante que estos lenguajes cuenten con acceso a ficheros de texto y con estructuras de control de flujo estructuradas que permitan realizar bloques alternativos, repetitivos, etc.. Lo más recomendable es que utilicen una sintaxis similar al QBASIC que sea fácilmente asimilable.
- Sistema de importación y exportación de datos y su organización a ficheros estándar de intercambio de datos.

BIBLIOTECA
DE INFORMÁTICA
U.M.U.

Bibliografía

Geographic Information systems. Jeffrey Star, John Estes.

Patterns for GIS application design. F. Balaguer, S. Gordillo, F. Das Neves.

Sistemas de información geográfica: Prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI. J. Bosque, F. Escobar, E. García y M. Salado.

Tecnología de los sistemas de información geográfica. F. Javier Moldes.

Understanding GIS The Arc/Info method. E.S.R.I. (Environmental System Research Institute).

Pc ARCEDIT. Users Guide. Redlands, California, EE.UU. E.S.R.I.

Pc ARC/INFO Starter Kit. Users Guide. Redlands, California, EE.UU. E.S.R.I.

Pc ARCPLOT. Users Guide. Redlands, California, EE.UU. E.S.R.I.

Pc NETWORK. Users Guide. Redlands, California, EE.UU. E.S.R.I.

Pc OVERLAY. Users Guide. Redlands, California, EE.UU. E.S.R.I.

Pc SML. Users Guide. Redlands, California, EE.UU. E.S.R.I.

Enciclopedia práctica de la informática aplicada, Tomo 20, Visión artificial : tratamiento de imágenes por computador. S. Figueroa, G. Cristóbal y J. I. Couto.

BIBLIOTECA
FAC. DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

DONACION ..... TES
$ 99/3
Fecha 29-9-05
Inv. E ..... Inv. S. 2068

TES
99/3
DIF-02068
SALA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE INFORMATICA
Biblioteca
50 y 120 La Plata
catalogo.info.unlp.edu.ar
biblioteca@info.unlp.edu.ar

DIF-02068