

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE DATOS

EXPLORACION DEL SIG

Yovanny Arturo Martinez Martinez

INTRODUCCION

La implementación del S.I.G, parte de la selección de los equipos y paquetes en que se estará implantando el modelo de datos, en general el punto de partida siempre estará definido por las funciones que cumple la empresa, la información que manipula, los procesos que realiza para cumplir las funciones y el tipo de operaciones que lleva a cabo.

La selección de equipos y programas depende del tipo de información y los procesos por cuanto estos dan la pauta para definir Modelo de Datos Interno, estructura de almacenamiento y topología que requiere la empresa de acuerdo con las actividades que realiza, por esta razón se debe seleccionar la tecnología de acuerdo con los requerimientos definidos en la conceptualización y el diseño del modelo de datos; es bueno anotar que la realidad define que tecnología se debe adquirir y no acomodar la realidad a alguna solución computacional.

Una vez definido la plataforma tecnológica, el procedimiento que generalmente se utiliza para implementar el S.I.G., se organiza de acuerdo con el flujo de las actividades que se llevan a cabo en el sistema así:

- Captura de datos
- Almacenamiento
- Procesamiento y Análisis
- Conservación
- Salida y diseminación de la información

1. CAPTURA DE DATOS Y VALIDACIÓN

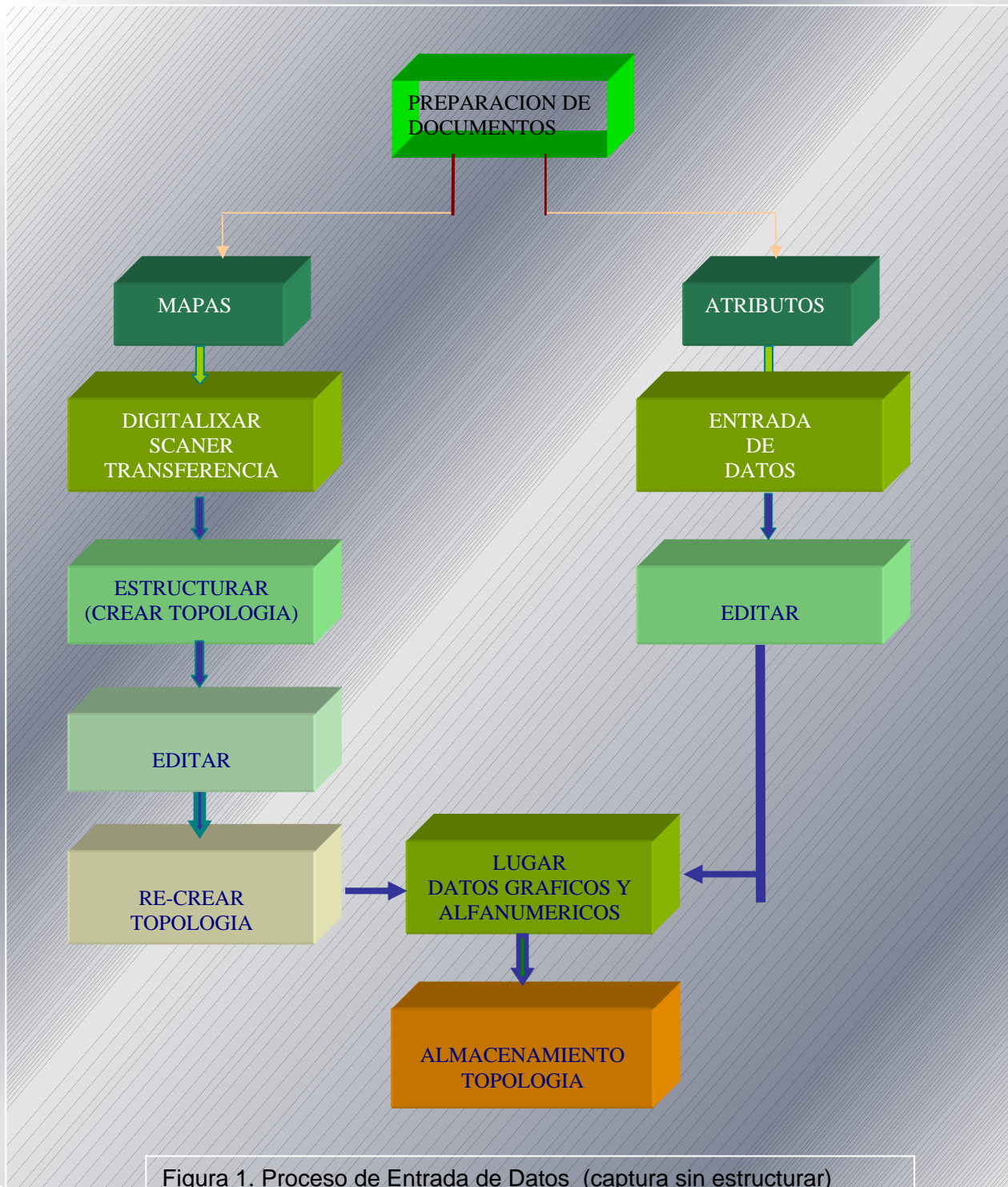
Es el proceso por el cual se convierten los datos desde mapas existentes, archivos de texto, fotografías, etc., a forma digital para ser involucrados al computador: al poseer los objetos físicos características mapeables y no mapeables, los datos se deben involucrar en procesos separados de acuerdo con su tipo. El primer paso a seguir en esta etapa es la preparación de los documentos que van a ser entrados al computador: esta actividad se refiere al preproceso de los datos que ayudará a efectuar en forma más ágil la digitalización y garantizar que se evite cometer demasiados errores.

Todos los objetos deben ser revisados previamente en la denominada etapa de preparación de documentos, para verificar entre otros:

- Empalme de planchas
- Definición de puntos de control
- Codificación y clasificación de objetos
- Preparación de textos e identificadores
- Revisión de la consistencia de la información, de tal manera que al empalmar planchas, las líneas o regiones correspondan al mismo elemento.
- Preparación de los datos que serán involucrados en la base de datos.

El flujo general con las diferentes etapas que conforman la captura se muestra en la figura 1.

En la etapa de diseño del Sistema de Información, se deben definir tanto los datos que se necesitan como la forma en que se almacenan, por esto es claro que la información almacenada se tiene que constreñir a lo que sea estrictamente necesario evitando los datos superfluos y la falta de los mismos, que en un momento puedan causar problemas en el manejo del sistema



- Enlace de las dos bases de datos

La tendencia es que los objetos (entidades) sean almacenados en una sola base de datos que administre tanto la información gráfica como la alfanumérica, independientemente del modelo de datos interno, con esto se garantiza una mayor flexibilidad y una estructuración más simple para quienes trabajan en el S.I.G. esto se ha implementado en los S.I.G. orientados a objetos y es un paso más hacia la integración total de la información.

1.1. ENTRADA DE DATOS GRÁFICOS

Convencionalmente, los elementos del paisaje han sido plasmados en los mapas por medio de un punto, una línea o un polígono.

El punto puede representar la ubicación de un objeto sin longitud ni área, que podría ser un poste de la luz o la boca de un pozo.

La línea puede representar tres cosas, un elemento lineal del terreno como un camino, el límite entre dos polígonos o la circunferencia de una entidad tipo área.

El polígono es la representación de algún objeto (entidad) tipo área como una cuenca hidrográfica o una unidad de suelo.

En el computador, solo se almacenan puntos por medio de sus coordenadas (que al ser unidos formarán cualquier figura) e información alfanumérica que describe los objetos; al entrar líneas, en realidad se capturan sus puntos inicial y final y los de cambio de dirección (por medio de sus coordenadas) que al ser unidos por segmentos rectos, estructuran las líneas que se están digitalizando. Con las tres primitivas definidas más arriba (punto, línea, polígono) se describe el **tipo** de objeto y con las propiedades, la **clase** de objeto que se esté manipulando (vegetación, usos, etc.)

Con el modelo interno orientado a manejar bases de datos, se capturan figuras geométricas y con la estructuración se convierten el elementos espaciales (entidades) adicionándose la información temática, esto quiere decir que la información se almacena a nivel de geometría y no de objetos espaciales. Con el modelo orientado a manejar objetos, se almacena un objeto con sus características (una de estas es la geometría), su comportamiento y relaciones.

1.1.1. CALIDAD DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS

Un aspecto importante de la captura y almacenamiento de datos geográficos, es la calidad y el error que este proceso conlleva ; los datos en si contienen generalmente algún tipo de error que se pueden clasificar según las tres componentes básicas que tienen los elementos del paisaje: espacial, temática y temporal.

Normalmente, el error se puede definir como la distancia (desviación) entre un valor medido o calculado y uno real; los errores se miden de dos formas, por medio de su exactitud que se refiere a la proximidad de una observación a su valor real y por medio de la precisión referida al número de dígitos decimales con que se efectúa la medición.

Al tratar la calidad de los datos, se le pueden definir las siguientes componentes:

- Exactitud posicional, muestra la exactitud en la localización de los elementos sobre el mapa comparada con la posición real que ocupan en el paisaje, por esto se puede decir que la exactitud mide la proximidad de una observación a su valor real. La precisión por su parte se refiere al número de dígitos decimales con que se efectúa una medición.
- Exactitud temática: está dada por la exactitud de los atributos que describen los objetos que se trabajan, esto se debe ver desde el punto de vista del grado de detalle y el tipo de información, ya que una región que define una zona industrial puede no tener este uso en un ciento por ciento por encontrarse algunos comercios.
- Consistencia lógica: al verificar la calidad de la información, no solo se debe mirar la parte geométrica ya que la temática tiene vital importancia; los elementos deben tener identificador único y las mismas unidades ubicadas en diferente sitio en el mapa deben tener las mismas características.
- Temporalidad de los datos: las características de los datos geográficos varían con el tiempo y en ocasiones a grandes velocidades, por esto se tiene que analizar datos de igual época a menos que se estén efectuando estudios de comparación; en lo fundamental, toda la información debe ser del mismo tiempo para adelantar los análisis necesarios.

1.2. TIPOS DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Dentro del computador, los mapas pueden ser almacenados de dos formas de acuerdo con dos tipos de estructuras **Vector** y **Raster** o una combinación de las mismas, un ejemplo de lo que es la representación en los dos tipos de estructuras, se muestra en la figura 2.

En la **Estructura Raster**, los elementos del paisaje pueden ser descritos en términos geométricos como una o varias celdas que no se superponen y no tienen espacios vacíos entre ellas, conformando así los objetos en el mapa; puntos, líneas y áreas, son almacenados en una serie de celdas o píxeles que conforman una malla regular que cubre toda el área de trabajo, de tal manera, que cada celda está definida por una columna, una fila y un valor que representa el atributo que ha de ser mapeado.

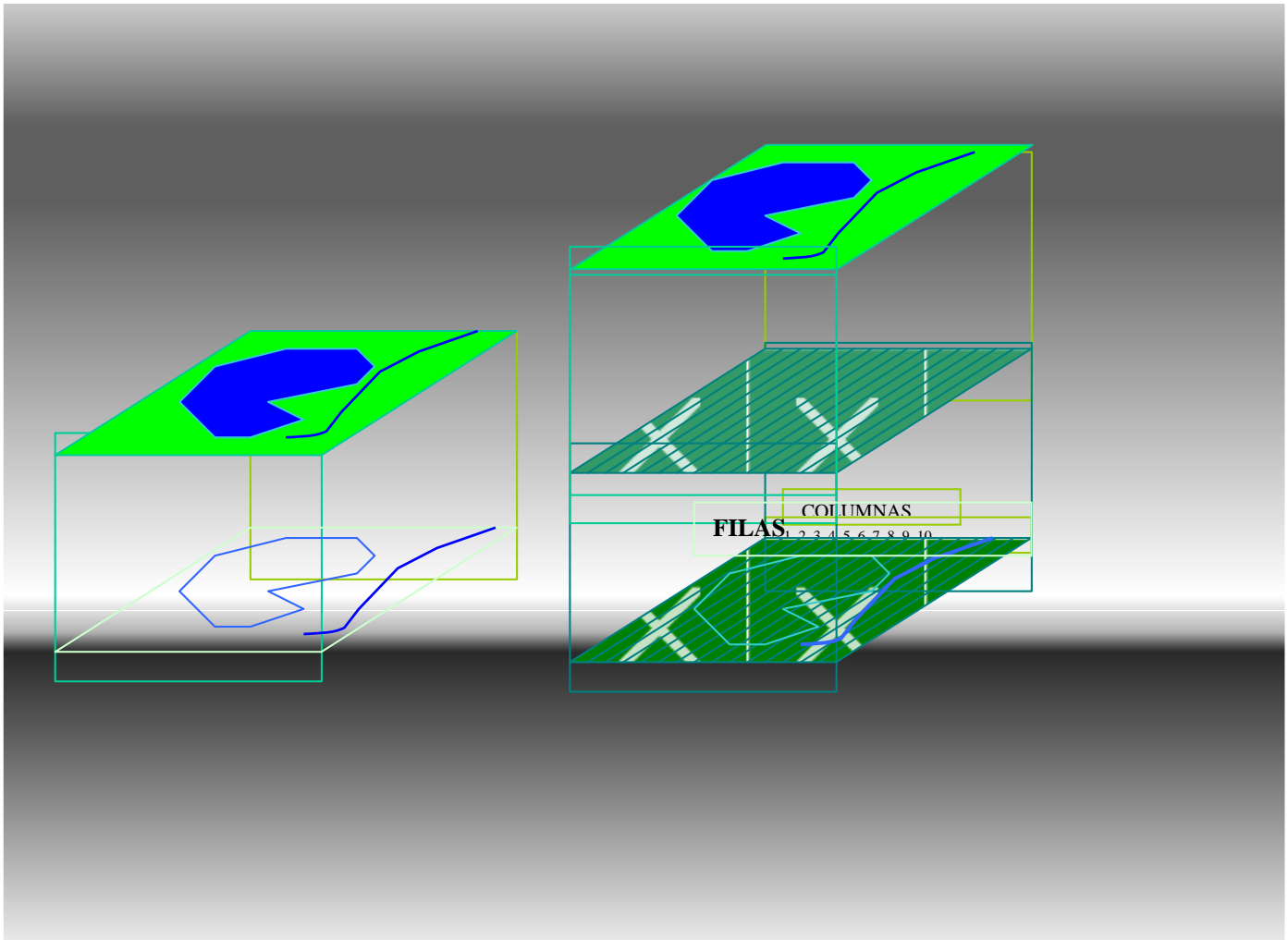


Figura 2. Representación de dos estructuras

En la estructura raster, un punto es almacenado y representado por una celda, y una línea recta es almacenada en el computador por una serie de celdas consecutivas que al ser representadas, forma una línea del espesor de la celda y las entidades tipo área son descritas como una serie de celdas adyacentes.

En esta estructura el interés principal se centra en las propiedades del espacio y no en la representación exacta de los elementos que lo conforman (figura 3), para aplicar esto, el espacio temático del terreno es ligado directamente a la posición del elemento y las celdas que lo conforman, para aplicar esto, el aspecto temático del terreno es ligado directamente con la posición del elemento y las celdas que forman un objeto reciben el mismo atributo (una celda debe tener un solo valor), con lo cual las figuras se forman uniendo las celdas vecinas con el mismo atributo o sea que se conectan los elementos raster, definiéndose así las relaciones espaciales.



Figura 3. Descripción de elemento en raster

Debido a que en esta estructura cada elemento es identificado con una característica del objeto en el paisaje (valor del pixel), la geometría de un elemento solo se puede determinar tomando todas las celdas vecinas o encadenadas que tengan el mismo valor de atributo. En este caso, se almacena la posición y el atributo de los objetos por medio de las celdas. Las dimensiones de cada celda son definidas por el usuario, de acuerdo con las especificaciones del soft/ware y de la precisión que se requiera teniendo en cuenta que si la celda es muy pequeña, se obtiene un alto grado de detalle. pero se requiere una mayor cantidad de memoria.

En teoría, las celdas pueden hacerse tan pequeñas que podrían llegar a tener igual exactitud que las coordenadas x,y pero para esto se requeriría de tal cantidad de memoria que ningún computador podría manejar la base de datos; de acuerdo con esto, se puede decir que el problema no es la exactitud posicional sino de resolución.

De acuerdo con los posibles significados que pueda tener una línea, en la estructura raster esta puede ser una serie concatenada de celdas o una diferencia de atributo entre celdas vecinas que conforman áreas.

En la **estructura vector**, se utilizan los conceptos básicos de la geometría vectorial según la cual un vector es una línea que tiene una **magnitud** que mide su extensión, una **dirección** definida por un ángulo y un **sentido** que indica cuales son los extremos inicial y final de la línea.

Los puntos son almacenados por medio de las coordenadas que los representan; las líneas aparecen como una serie de puntos continuos teniendo cada una un punto inicial y uno terminal denominados modos, para definir un vector con su magnitud, dirección y sentido; a su vez, los polígonos son definidos como una serie de líneas conectadas que conforman su perímetro; con este procedimiento, los objetos se asemejan más a lo que son la realidad y las líneas simplemente aparecen como tal (ver figura 4).

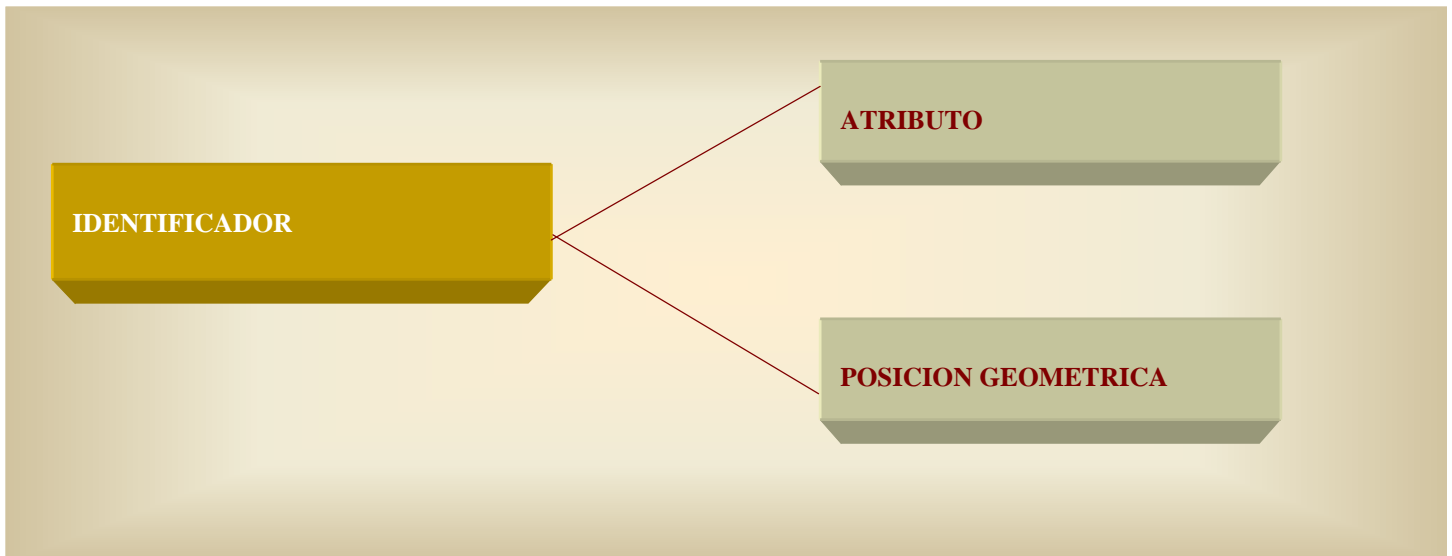


Figura 4. Descripción de Elemento en Vector

La estructura vectorial garantiza buena información sobre **forma**, **tamaño** y **localización** del elemento en el terreno y sus relaciones espaciales.

La comparación entre las dos estructuras, muestra que la vectorial es más prolija en contenido de información debido a que los elementos son identificados con su estructura geométrica en tanto, en el raster se almacena el atributo temático y la posición: naturalmente que al ser más rica en información, el potencial de consulta es mejor en los S.I.G. con estructura vector; pero al estar la información de atributos (valor de la celda) unido directamente a los elementos gráficos, la capacidad de análisis es mayor en la estructura raster.

Utilizando ciertas actividades fundamentales, se pueden hacer estudios comparativos entre las dos estructuras para vislumbrar esquemáticamente las ventajas y desventajas de cada una.

ACTIVIDAD	VECTOR	RASTER
Captura de datos	Lenta	Rápida
Necesidad de memoria	Poca	Grande (x)
Representación	Muy buena	Regular
Estructura	Compleja	Simple
Exactitud de la geometría	Muy alta	Baja
Análisis de redes	Muy bueno	Pobre
Análisis de polígonos	Lento-Bueno	Rápido muy bueno
Superposición	Regular	Buena
Generalización	Compleja	Simple
* Para similar precisión.		

1.3. CONVERSION ENTRE ESTRUCTURAS

Dentro de las investigaciones para ensanchar el poder de los S.I.G. se dan grandes pasos tendientes a lograr interfases que permitan la combinación lo más exacta posible, entre los dos tipos de estructuras y se han desarrollado metodologías y algoritmos que permiten la conversión entre ambas.

1.3.1. CONVESIÓN DE VECTOR A RASTER

Este proceso fundamentalmente se convierte en una especie de sortear celdas que sean cruzadas por una línea o un punto y que representarán la nueva configuración; existen dos métodos para adelantar esta tarea:

- El archivo de datos vectoriales es procesado en forma secuencial y los datos, convertidos a celdas, son almacenados en un nuevo archivo por medio del llamado “sorteo de casillas” en este método, todas las celdas cruzadas por una línea toman un valor de uno y van formando la secuencia de celdas que conforman la línea rasterizada; de acuerdo con el tamaño o resolución de las celdas, se necesita gran capacidad de memoria.
- En el segundo método las intersecciones de las líneas son las encontradas en y almacenadas en un archivo vectorial para luego ser sorteadas con respecto al valor de las coordenadas, seguidamente se hace un examen celda por celda y la prueba de vecindad entre ellas, calculando la posición de la que formen las intersecciones de las líneas encadenadas, para almacenarlas en el archivo secuencial de datos raster; con este método, se requiere menos capacidad de memoria.

Si bien es sencillo y está más desarrollado en el proceso de conversión desde el vector a raster se pierde algo de información al definir matemáticamente las líneas para pasarlas a celdas.

1.3.2. CONVERSIÓN DE RASTER A VECTOR

Esta conversión implica mayor grado de dificultad y genera más procesamiento y tiempo de computación; se lleva a cabo en cuatro pasos.

Esqueletización: (determinación del eje de la línea); es el proceso por el cual se reduce el ancho de la línea, disminuyendo el tamaño de la celda al mínimo posible, hasta encontrar lo más cercano al eje de la línea; el ir reduciendo el tamaño de las celdas, se van eliminando las que quedan al lado de la línea y esta quedará del ancho de la celda mínima definida; se deben cumplir tres condiciones para efectuar este proceso:

- Las celdas no pueden estar aisladas
- Siempre deben estar conectadas a sus vecinas
- Si se mueve una celda, se rompe la continuidad existente entre las líneas.

Vectorización: En este paso, se encuentran los modos iniciales y terminales de la línea y los puntos de quiebre que serán conectados para formar el vector.

Estructuración de los datos: Consiste en la creación de la topología, que para el caso, se trata de conectar los segmentos para formar arcos y a partir de estos estructurar los polígonos que se requiera construir.

Edición, normalmente, se debe efectuar una revisión para detectar y corregir posibles errores que se pueden generar en los pasos anteriores o que provengan de la manipulación de la información en la estructura original.

1.3.3. COMBINACION DE LAS DOS ESTRUCTURAS

Dado que la estructura raster permite con mayor flexibilidad todo tipo de superposiciones de mapas con diferentes temas, requiriendo para ello solamente que ambos tengan la misma geometría para las celdas, lo recomendable es que siempre que se necesite combinar para efectuar los análisis espaciales, se pasa de vector a raster. Normalmente, se utilizan dos métodos para realizar dicha combinación.

- **Usando la posición:** se trata de utilizar la posición común de los objetos en los mapas para lo cual, se convierten los datos de vector a raster tomando el mismo tamaño y tipo de celda del mapa raster de acuerdo con su geometría y una vez convertidos efectuar los análisis necesarios.
- **Usando los objetos:** para este método, se requiere que los objetos estén representados en ambos mapas y luego se conviertan de una estructura a la otra para desarrollar los análisis.

1.3.4. SELECCION DE ESTRUCTURA

Como se planteó en el comienzo, las dos estructuras son perfectamente buenas de acuerdo con los intereses y necesidades específicas de la entidad que vaya a implementar el S.I.G. y sus usuarios o clientes; en líneas generales, las siguientes pautas marcarán una base de referencia en la toma de decisiones con respecto a la selección de una estructura:

- Siempre que se vayan a trabajar polígonos cerrados por líneas jurídicas, como parcelas o límites, que exigen alto grado de precisión, se debe usar la estructura vectorial, ya que el raster no cumple dicha exigencia.
- Para manejar cualquier tipo de información que requiera precisión en áreas o distancias, se debe utilizar la estructura vectorial.
- El manejo de cualquier tipo de redes como vías, teléfonos, ríos o electricidad, en que tiene que efectuar análisis, se desarrolla con mayor frecuencia, con la estructura vectorial.
- Si las zonas a trabajar son extensas y no requieren gran precisión es recomendable usar el raster.
- Si es necesario usar imágenes de sensores remotos en el S.I.G. se debe seleccionar la estructura raster debido a su compatibilidad, ya que las imágenes se almacenan en la misma estructura de píxeles o celdas.
- Cuando se vaya a trabajar problemática medio ambiental y de recursos naturales lo recomendable es seleccionar una combinación de las dos estructuras, para lo cual se debe contar con la interfase que permita efectuar conversiones.

La selección del sistema a adquirir depende en cualquier caso de los objetivos específicos que se persigan, por cuanto cada sistema es bueno dependiendo de las funciones que debe cumplir, aunque en términos ideales, lo recomendable sería contar con ambos sistemas para trabajarlos de acuerdo con cada situación contando para ello, con los estándares y formatos de intercambio que permitan combinar las estructuras cuando sea necesario.

1.4. MÉTODOS DE CAPTURA DE DATOS

Para definir el procedimiento para capturar los datos, se tiene que partir de la fuente de información que se tenga para alimentar el SIG, generalmente se tienen como fuentes principales las siguientes:

- Mapas existentes

- Fotografías aéreas
- Observaciones de campo
- Imágenes de sensores remotos
- Archivos de textos
- Otros sistemas

Como se explicó en lo referente a equipos, estos deben garantizar que se puedan adelantar las actividades; en este caso, se trata de contar con los implementos que hagan posible la conversión a un medio compatible con el computador de la información encontrada en la anterior forma.

1.4. DIGITALIZACION

De acuerdo con las fuentes de datos, se debe contar con instrumentos que permitan realizar el paso de estos al computador (ver figura 5), y con una serie de procedimientos metodológicos, que garanticen el desarrollo de la actividad; comunmente equipos usados para convertir en digital la información gráfica desde un mapa son:

- Digitalizadores manuales
- Digitalizadores semi-automáticos
- Digitalizadores automáticos

DIGITALIZACIÓN MANUAL

En este método, es utilizado un digitalizador manual que es un instrumento electromagnético o electrónico para transformar datos gráficos desde papel a un medio magnético, consta básicamente de una mesa o superficie plana cuyo interior se encuentra una retícula de alambres para determinar las coordenadas x,y de cada punto del gráfico que esta montado en ella; dichas coordenadas son enviadas al computador desde la superficie de la mesa por medio de un dispositivo llamado cursor

o ratón que generalmente es un disco normalmente de plástico con un fino alambre conectado al computador, el cursor tiene una parte transparente con una fina cruz en el centro y una lupa que sirven para ubicar los puntos con precisión (Ver figura 5)

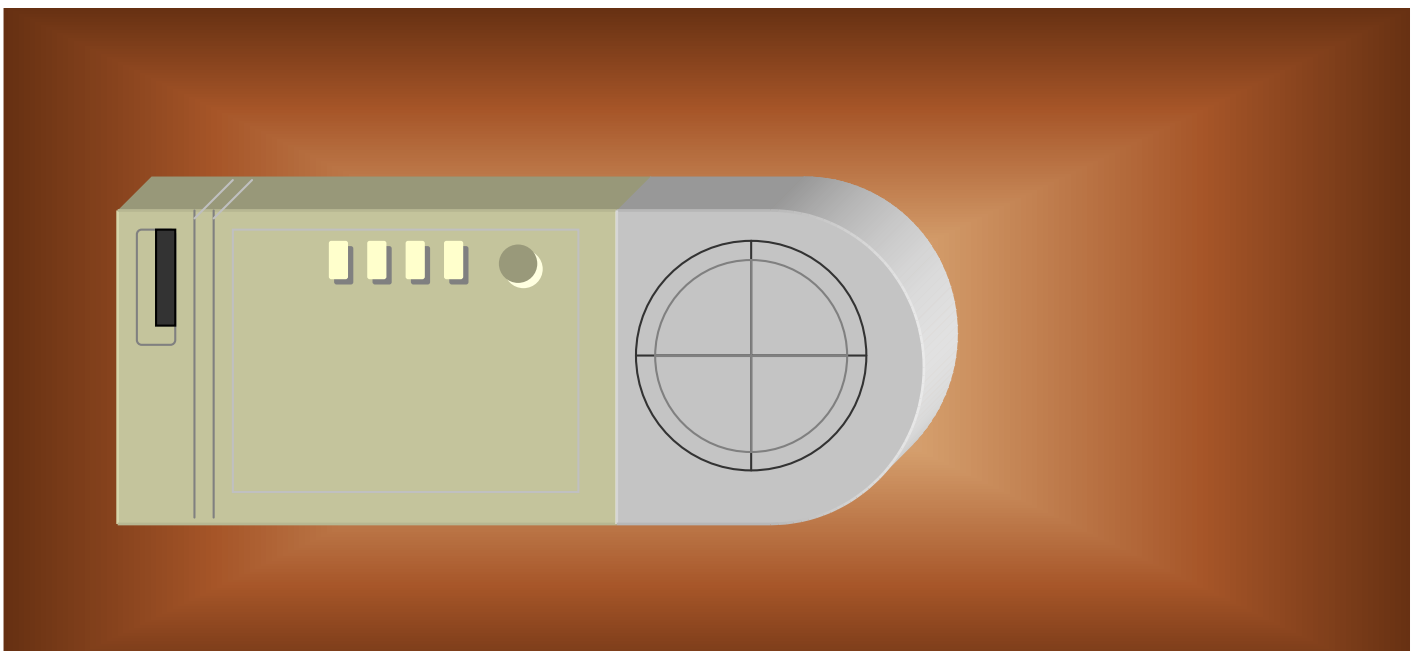
Los cursores poseen de cuatro a dieciséis botones para capturar las coordenadas y efectuar ciertas operaciones de control; normalmente las dimensiones de las mesas varían entre .3 y 1.5 metros.

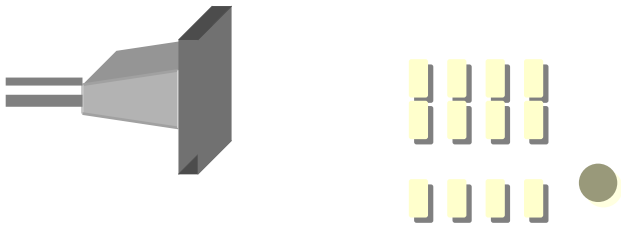
Los puntos de control para amarrar los datos a las coordenadas, son involucrados por medio de un archivo magnético o del teclado. Existen dos métodos para digitalizar manualmente: modo de punto y modo continuo.

En el **modo de punto**, se posesiona el cursor sobre el punto inicial de la línea (cada arco comienza y termina en un nodo) y se presiona el botón de captura de coordenadas, cada cambio de dirección, se indica con un botón específico con lo cual se definen los alineamientos y al finalizar, se almacena la coordenada del punto final.

En el **modo continuo** la cruz del cursor se ubica sobre el punto inicial de la línea y se almacena la coordenada del nodo inicial, luego se va siguiendo esta con el cursor hasta el nodo final; cada intervalo de tiempo o distancia, es almacenado un par coordenado definiendo puntos, esto implica un alto consumo de memoria y menor precisión debido a la dificultad de seguir la línea exactamente.

Para curvas como ríos o costas, es conveniente usar el modo continuo y para líneas formadas por segmentos más rectos o que requieran de mayor precisión, el modo punto.





1

Figura 5. Cursor

Al digitalizar, se pueden usar dos técnicas de acuerdo con los intereses de la Organización y la calidad técnica del operario:

En el llamado **modo interactivo**, el operador del sistema puede ver los resultados en la pantalla en forma inmediata, con lo cual se puede ir comprobando la bondad del trabajo en forma automática e incluso corregir ciertos errores, pero, tiene el inconveniente que el operador, mira constantemente la pantalla en lo que pierde bastante tiempo.

También es posible digitalizar sin ver resultados en la pantalla utilizando el método de **digitalización ciega**, con el que simplemente se van digitalizando los objetos sin ver lo que se almacena, esto es más rápido pero los errores solo se aprecian en una etapa posterior por lo que se requiere de un operario de experiencia y buen control de calidad.

Todos los datos que se capturen deben ser validados y editados en busca de fallas que normalmente pueden ser por falta de detalles, objetos incompletos o información repetida.

DIGITALIZACIÓN SEMIAUTOMÁTICA

Es un proceso más rápido y exacto que el manual y por lo tanto bastante costoso debido a que el instrumento utilizado, llamado rastreador o seguidor de línea, tiene un precio elevado.

El dispositivo solo requiere que el operador le marque el punto inicial de la línea con el cursor y luego el proceso es automático repitiéndose para todas las líneas.

DIGITALIZACIÓN AUTOMÁTICA

Los llamados Scanners o barredores, capturan automáticamente los objetos representados en un mapa colocado en el digitalizador y el operador ubica el mapa y este es “barrido” por celdillas (forma raster) que luego serán convertidas a estructura vectorial o puede usarse un scanner para vector que usa un laser para seguir la línea lo que conlleva una gran inversión; los datos deben ser procesados para convertir, por ejemplo, las líneas en linderos prediales; este método es el de mayor rendimiento por rapidez y precisión pero también el de mayor precio y esto hace que su uso no sea muy extendido.

1.5. RESTITUCIÓN ANALÍTICA

Si la fuente de datos para ser introducidos al computador son fotografías aéreas, se puede usar el restituidor Estereo Ploter Analítico que permite pasar los objetos desde un estereoscópico montado en el aparato directamente al computador o a un medio magnético y luego al sistema. Este método garantiza mayor precisión por cuanto evita la distorsión introducida al mapa y que luego se aumentará al digitalizar desde el papel que además puede sufrir distorsiones; para obtener mapas topográficos digitales, es la técnica más avanzada y que se está extendiendo con mayor amplitud.

Esta técnica se utiliza para capturar la información topográfica básica que conforma el mapa base, luego se puede digitalizar sobre éste, la información temática que es más variable y de menor precisión.

1.6. RESTITUCIÓN DIGITAL

Esta técnica de rápido desarrollo en la década del 90 permite capturar los datos a gran velocidad escaneando la fotografía utilizando pixel a nivel de micrones, al menos académicamente es el método de captura del futuro utilizando en unión con el uso de imágenes satélites de alta resolución.

1.7. CAPTURA DE DATOS DE CAMPO

Los aparatos modernos para trabajo topográfico de campo, traen acoplado un instrumento que permite almacenar temporalmente coordenadas, distancias y azimutes o rumbos que luego pueden ser transferidos al computador e involucrados al sistema para ser procesados con los demás datos.

Una fuente de datos de alta precisión y que cada día está tomando mayor importancia en los S.I.G. es el GPS o sistema de posicionamiento global que brinda información de coordenadas planas y/o altura de cualquier punto de la superficie de la tierra con lo cual se pueden conformar puntos, líneas o polígonos que luego son estructurados y manipulados en el sistema.

1.8. OTRAS FUENTES

Los datos también pueden provenir de fuentes que los tengan en un medio magnético tales como: percepción remota en cinta compatible con el computador o desde otro sistema que permita la transferencia directa de los datos que luego serán procesados en el sistema. Otra posible fuente es un archivo de texto que contenga por ejemplo coordenadas y distancias o rumbos, etc.

1.9. ENTRADA DE ATRIBUTOS

Las características no mapeables de un objeto geográfico, denominados atributos, normalmente son introducidos al sistema por medio del teclado del computador, o por transferencia de datos existente en formato digital. Los datos deben ser revisados y preparados en la etapa inicial para evitar errores que obliguen a un largo trabajo de edición.

Las variables que conforman los atributos en los S.I.G. se clasifican básicamente teniendo dos criterios:

1. Variables continuas y variables discretas. De acuerdo con los valores que pueden tomar, las variables son continuas si admiten cualquier valor intermedio entre dos valores dados, es lo utilizable cuando se mide el área de un predio con dígitos decimales como 325.43m^2 .

Hay datos que no pueden tomar números decimales caso en el que se llaman variables discretas como el número de propietarios de un predio que tiene que ser obligatoriamente un número entero.

2. Variables fundamentales y variables derivadas. Esta división se refiere a los procesos que se siguen para la obtención de los valores; las fundamentales tienen que ser obtenidas directamente mientras que las derivadas se obtienen mediante alguna operación matemática entre variables fundamentales.

Al diseñar el modelo lógico de un S.I.G. se deben tener en cuenta que además los valores de las variables discretas deben almacenarse como números enteros mientras que los valores de variables continuas como números reales.

Con respecto a las escalas en que se pueden medir los valores, se tienen las siguientes:

- Escala nominal: Es una clasificación de unidades espaciales en categorías o clases en que no se usan valores numéricos sino nombres; los objetos que tengan el mismo nombre en el atributo pertenecen a la misma categoría o clase. Con estos valores no se pueden hacer cálculos matemáticos ni comparaciones como mayor o menor que.
- Escala ordinal: Además de establecerse una diferenciación, se efectúa una jerarquización de las diferentes unidades espaciales.
- Escala de intervalo: Se establecen diferenciación y la jerarquización además se indica la distancia existente entre las distintas unidades espaciales.

Las variables que se expresan en escalas de intervalos son denominadas cuantitativas ya que son representadas por un valor numérico, mientras las nominales se nombran cualitativas debido a que solo sirve para determinar la pertenencia a una categoría.

Normalmente no es recomendable el cambio de escala de medida ya que esto conlleva una pérdida de información, no obstante en ocasiones es necesario hacerlo sobre todo cuando se trata de análisis estadísticos que exigen determinados tipos de datos. En los S.I.G. es muy importante definir durante el diseño, en que escala de medida se van a

almacenar los datos de acuerdo con los análisis que se van a realizar durante la etapa de funcionamiento.

Cada objeto debe tener un único identificador que servirá para enlazarlo con los datos no gráficos con lo que la información podrá ser accesada junta o por separado; el enlace de las dos base de datos (gráfica y alfanumérica) es analizado en el capítulo concerniente a transformación de datos.

2. CREACIÓN, ALMACENAMIENTO Y ADMINISTRACION DE LA BASE DE DATOS

Los datos que se almacenan en el S.I.G. son la abstracción en el sistema de unos objetos de la superficie terrestre, que por lo tanto se pueden representar con puntos, líneas y polígonos; estas entidades son descritas por una serie de atributos y tienen incorporadas las tres relaciones detalladas anteriormente Geométricas, Cartográficas y Topológicas.

Al tratarse de elementos del paisaje, quedan completamente caracterizados por las características geométricas y alfanuméricas llamados atributos que tienen que ser almacenados de tal manera que guarden una relación permanente con el objeto que describen; el comportamiento que tiene cada objeto y los procedimientos que se van a efectuar sobre ellos. Estos aspectos garantizan a que la entidad que se esté analizando en cada momento se pueda estudiar como un todo, por esta razón, en el proceso de entrada de datos se desarrolla tres (3) pasos cuando se hace captura sin estructurar y sólo los dos primeros pasos se hacen con captura estructurada que es un procedimiento normal para los soft/ware orientados a manejar objetos.

Entrada de datos espaciales
Entrada de datos alfanuméricos
Enlace de los dos tipos de datos(básicamente para captura sin estructurar)

Una Base de Datos (B.D) es la colección de datos que pueden ser compartidos por una serie de diferentes usuarios; en los S.I.G. las bases de datos se organizan de tal forma que de acuerdo con el interés del momento, la información pueda ser encontrada

rápida y fácilmente y en forma total o parcial. Las bases de datos deben cumplir al menos los siguientes objetivos generales:

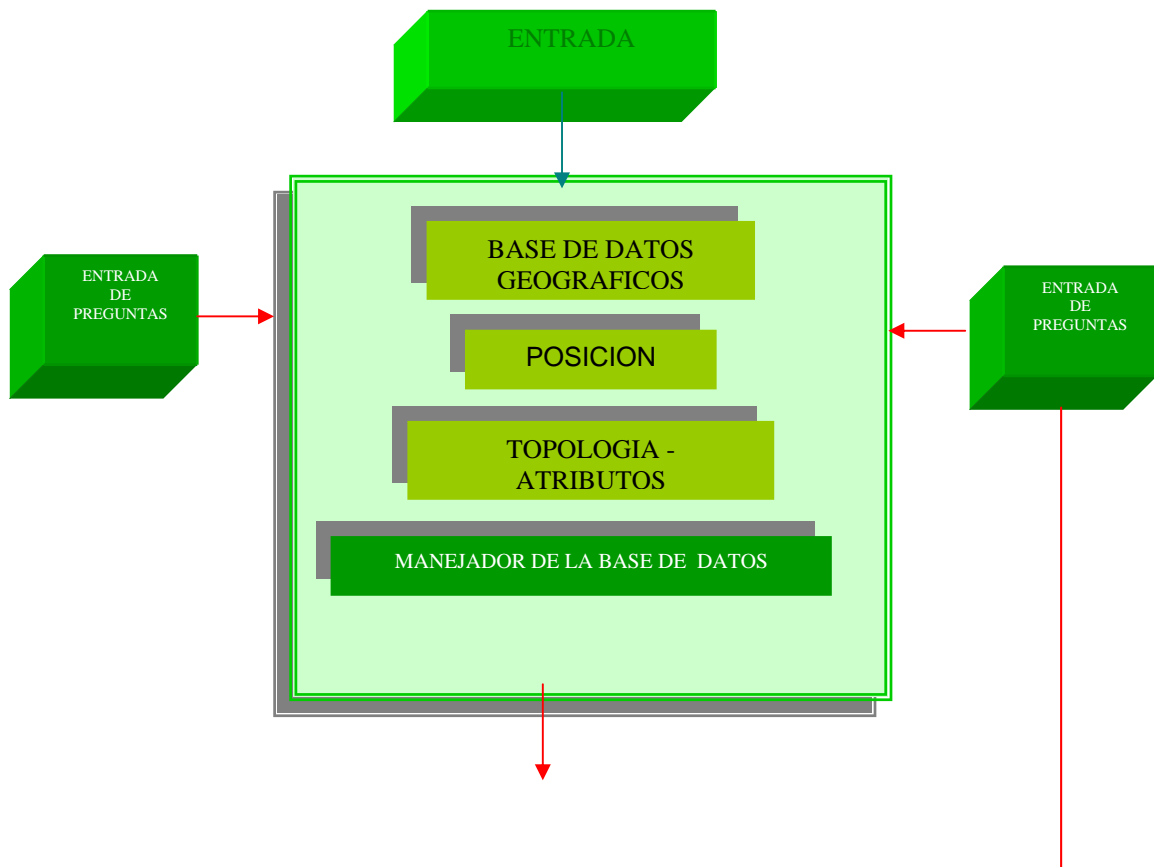
- Permitir varios métodos de acceso
- Permitir el almacenamiento de los datos en forma independiente del uso que se les vaya a dar.
- Minimizar la redundancia y repetición de los datos
- Facilitar las modificaciones que sean necesarias.
- Garantizar que se puedan efectuar diversas operaciones de manipulación y extracción de la información.
- Garantizar la actualización sin que esto afecte la estructura ni a los demás datos.

Para trabajar los datos almacenados en la B.D. se utiliza un programa especializado de computador denominado **Sistema Manejador de la Base de Datos (S.M.B.D)**, con el cual se puede almacenar, analizar, mantener, proteger la consistencia de las entidades con sus atributos y las relaciones que guardan entre ellas, consultar y extraer la información. (Ver figura 6).

La base de datos geográficos en un S.I.G. es un modelo del mundo real en que se representa digitalmente la información con base en objetos discretos; puede definirse entonces como una colección de datos referenciados en el espacio que actúa como un modelo de la realidad (NCGIA, 1990), mientras las reglas con las cuales se modela el paisaje por medio de objetos discretos conforman el modelo de datos.

Es bueno aclarar que los términos modelo de datos (la conceptualización del espacio) y estructura de datos (implementación de la conceptualización en el sistema) normalmente se denominan estructuras de datos de alto nivel a los primeros y estructura de datos de bajo nivel a la segunda.

Siempre se debe tener en cuenta que el modelo interno determina como se van a almacenar y procesar los datos; tan solo con el modelo O-O, se está almacenando el paisaje como un todo y por lo tanto en un solo manejador de base de datos, lo que significa que finalmente los elementos del paisaje se almacenan de acuerdo con lo que hace mucho tiempo se denomina naturaleza de los elementos del paisaje.



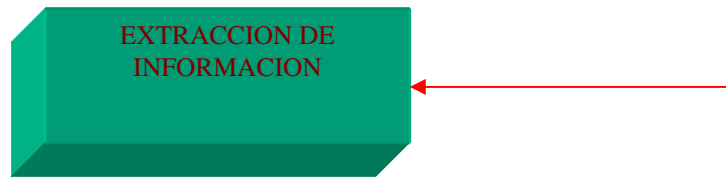
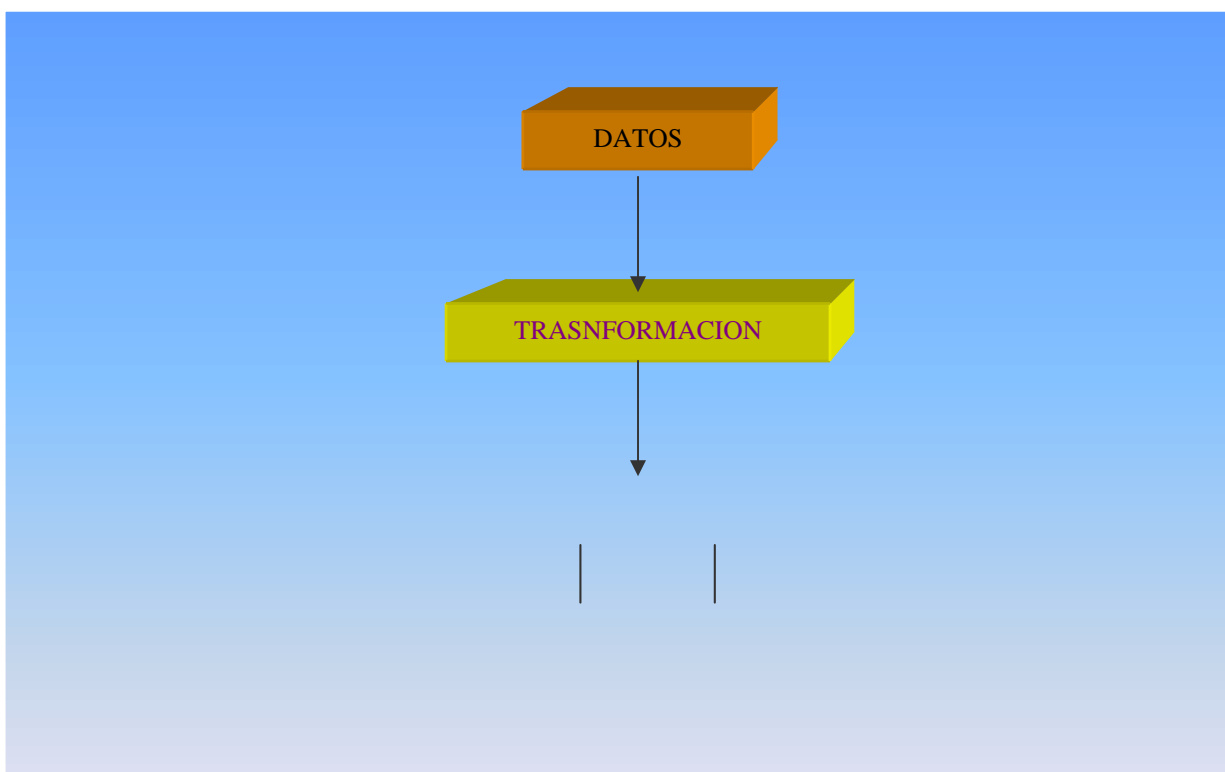


Figura 6. Componentes de la Base de Datos

3. TRANSFORMACIÓN, MANIPULACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Al plantearse la tarea del diseño del S.I.G. se tienen que definir las manipulaciones de datos que se estarán efectuando para dar respuestas a los requerimientos de los clientes y usuarios del sistema, esto permitirá establecer que transformaciones y análisis será necesario programar dentro del S.I.G para cuando entre en la etapa de operación. El primer criterio que se debe tener en cuenta, es que todos los datos involucrados en el sistema (cuando se captura sin estructurar) son simplemente “la materia prima” que se convertirá en información por medio de un proceso de transformación (Figura 7).



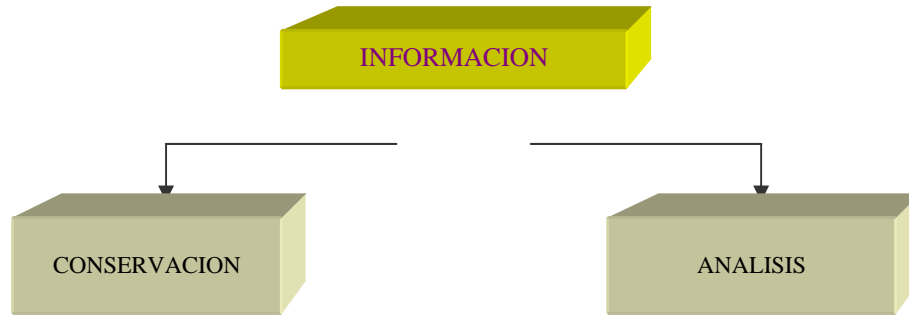


Figura 7. Transformación de los datos

La captura de los datos no puede estar libre de errores, bien sean cometidos por el operador, la calidad de los materiales o por problemas electrónicos, pero se debe partir de la base de que, la mejor forma de evitar un largo trabajo de corrección, es preparar acertadamente los datos antes de ser involucrados al sistema. Los datos como tal, no tienen mucha utilidad dentro de un S.I.G., ya que sólo son la base para extraer información; por esta razón, una vez que los datos gráficos y alfanuméricos han sido involucrados en el sistema, deben ser procesados, fundamentalmente para ser convertidos en información.

3.1. ESTRUCTURACIÓN DE LOS DATOS

Como se discutió desde un comienzo, los datos gráficos que se introducen al computador, solamente son puntos (por medio de sus coordenadas) que luego deberán unirse para formar líneas y polígonos; esto quiere decir que dichos gráficos no guarden la estructura geométrica que deben tener para ser una representación de la realidad ni mantienen las relaciones de vecindad que guardan los objetos espaciales en el mundo real; por lo tanto no permiten efectuar ningún tipo de análisis. Por la anterior razón, se dice que los datos son almacenados sin estructuración o en spaquetti en que cada elemento es almacenado en un registro en la base de datos.

Una línea es presentada en esta estructura como una concatenación de coordenadas, mientras que los polígonos son “mostrados” como una línea que forma su perímetro; para digitalizar es un modelo más sencillo y práctico, por esto los Soft/ware usan la estructura spaquetti.

El modelo Spaquetti, para entidades que son de tipo línea, es muy útil para digitalizar y plotear mapas, de hecho esta estructura es siempre usada en los procesos cartográficos en que se trata solamente de representar objetos con las primitivas ya enunciadas. Esto hace que todos los paquetes para hacer cartografía automatizada usen la estructura spaquetti.

Dentro de un S.I.G **la estructuración de los Datos** es vital para la correcta definición de los polígonos y sus relaciones con los vecinos, lo anterior se logra utilizando la llamada topología como punto de partida vital para convertir los datos en información utilizable.

No obstante lo anterior, el proceso de estructuración tiene mayor validez con el modelo orientado a manejar bases de datos que parten de almacenar figuras geométricas como el aspecto fundamental; con el modelo O-O, la estructuración forma parte del comportamiento particular de los objetos y por esa razón se cuenta con estructuración en tiempo real.

3.2. LA TOPOLOGIA

Una vez los datos han sido capturados y almacenados, los análisis serán permanentes para extraer toda la información necesaria para suplir requerimientos de los usuarios; todos los elementos espaciales, mantienen ciertas relaciones que se basan en el espacio tales como adyacencia, contiguidad, conectividad, contención, proximidad, etc. Muchas de esas relaciones deben estar almacenadas en el S.I.G. para un rápido y eficiente análisis y algunas otras son calculadas cuando se requiera por medio de la geometría usando las coordenadas de los objetos.

Para adelantar los análisis, los sistemas de información cuentan con el concepto de topología que permite generar en el sistema las relaciones espaciales que existen en el paisaje; la topología “expresa” las relaciones espaciales entre objetos en forma cualitativa; cuando dos predios son colindantes (adyacencia) si una unidad de suelos está contenida dentro de otra (inclusión) o si dos vías están conectadas (conectividad), para la mayoría de las actividades la posición relativa definida por la topología es lo más importante.

El concepto de la topología data del siglo XVII, cuando se iniciaron los primeros “Análisis situs” ó estudios del espacio, con lo que se buscaba efectuar análisis de los objetos espaciales representados por figuras geométricas en un mapa para determinar las influencias en el entorno en que se encontraban.

Al efectuar estos estudios, se tenía en cuenta principalmente las propiedades geométricas de los objetos sin coordenadas o distancias, pues lo importante era el

objeto, y sus vecinos, de esta manera, si se cambian o rotan las coordenadas o se alargan o se encogen las figuras, la ubicación relativa se mantiene, por esto se dice que es “Libre de coordenadas”. Topológicamente, son iguales las relaciones espaciales y las regiones mostradas en la Figura 8.

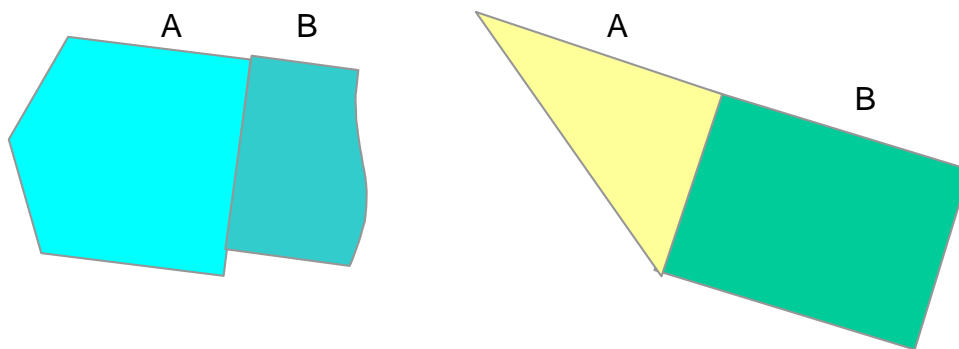


Figura 8. Regiones y Posición Relativa

La topología aunque parece demasiado abstracta y compleja, acompaña a las personas en muchas actividades desde niños ya que la posición relativa de los objetos sirve de referencia al ser humano para muchas actividades: al decir “la cita es en la tienda que está después del teatro” o “ nos vemos frente al estadio” sabemos exactamente la ubicación de algún elemento sin saber sus coordenadas y sin mirar un mapa, simplemente se utiliza instintivamente la relación de la vecindad que en los S.I.G es definida por la topología.

La topología muestra las relaciones entre elementos espaciales en forma cualitativa con lo que se define si dos regiones son colindantes, si una está contenida en la otra o si dos líneas están conectadas.

Las ideas básicas de la topología son tan esenciales que las vamos aprendiendo desde la infancia, no solo usamos las relaciones de vecindad desde niño sino que conceptos como interior y exterior, conexión y no conexión los cuales son adquiridos desde la primera edad.

Al estar todos los elementos del paisaje interactuando de una u otra forma, es necesario que la interacción con los demás elementos del paisaje se pueda mantener y analizar en cualquier momento. Estos análisis solo se pueden hacer si se mantiene siempre la posición relativa de un objeto respecto a sus vecinos aunque se cambie de escala, se haga rotación o se “alarguen o encojan” los elementos. Esto hace que topológicamente una circunferencia sea equivalente a un triángulo o cualquier polígono regular.

En los tiempos modernos, la topología deja de ser una herramienta para análisis geométrico ya que los objetos geográficos no son solamente una figura geométrica, sino, esta y todo lo que contiene y la forma en que tanto el perímetro como su interior, interactúan con los objetos vecinos; lo anterior, forma la base de los análisis espaciales que conforman el corazón de los S.I.G.

El paso de manejar figuras geométricas a manejar objetos geográficos, en que se deben hacer uniones, intersecciones y sustracciones de objetos con sus atributos, se resolvió dándole primordial importancia a la vertiente algebraica de la topología, que trata de la manipulación algebraica de símbolos que representan una configuración geométrica y sus relaciones, de esta manera se pueden llevar a cabo análisis espaciales de diversas índoles; esta es la que se utiliza primordialmente en los S.I.G.

Desde los primeros tiempos de los S.I.G. la topología se encargaba de mantener las relaciones geométricas existentes entre los elementos representados por puntos, líneas y polígonos de acuerdo con la estructura de los grafos en que la forma y la ubicación relativa con respecto a los vecinos y se mantiene.

El concepto más elemental y en el que se basa la topología es la llamada “cadena” que proviene de la teoría de los grafos, en que es definida como una secuencia de arcos no intersectados, con un nodo en cada extremo; la línea puede tener puntos internos o no, caso en el que el arco se divide en segmentos.

Las figuras son entonces descritas por cadenas y puntos de tal manera que un elemento tipo línea será una cadena abierta y uno tipo área será descrito por la cadena cerrada (ver figura 9)

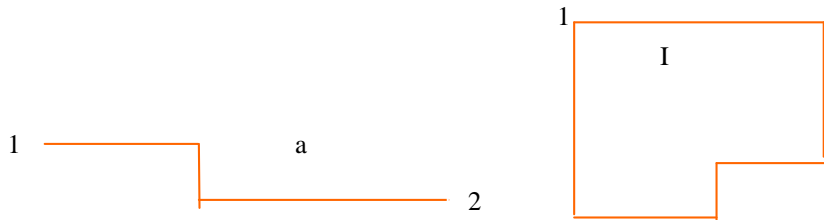


Figura 9. Cadenas abierta y cerrada: Línea y polígono en los S.I.G.

En la figura 9. la cadena abierta “a” inicia en el nodo 1 y termina en el 2 lo que se usa en los S.I.G. para presentar un elemento tipo línea y que pasa a ser definida como un arco; el polígono 1 es representado por una cadena cerrada que inicia y termina en el modo 1.

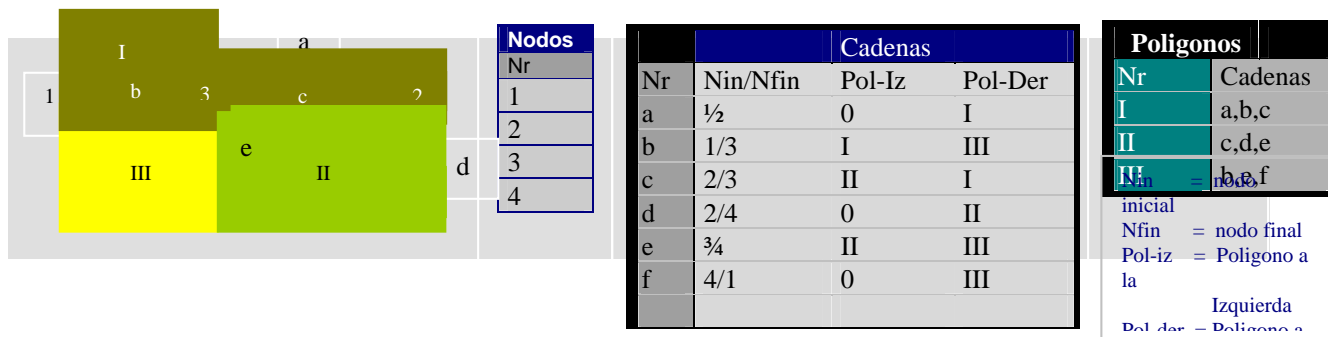
El desarrollo del modelo topológico, básicamente para la estructura vectorial, requiere de la conformación de una serie de tablas relacionadas en las que se almacenan las relaciones entre PUNTO-LÍNEA-POLÍGONO como se muestra en la figura 25 en que además se aprecia la relación espacial que existe entre tres polígonos.

En la estructura raster, el concepto de topología es más sencillo que en la vectorial ya que las relaciones espaciales son definidas por las celdas vecinas que tengan el mismo valor de atributo. Con las celdas, las figuras se van formando al “unir” todas aquellas que tengan el mismo valor temático.

Con cadenas de arcos (abiertas, cerradas) y nodos se estructuran las entidades que se modelan en los sistemas tal como se aprecia en la figura de abajo.

En los grafos también se define que la línea no se estructura por su forma o posición, sino por la conexión entre los nodos por medio de la cadena, ya que las dos primeras sólo importan para la geometría y la cartografía y no para los análisis.

En el caso de la figura 10, existen seis (6) cadenas formadas por; los arcos a,b,c,d,e,f, que inician o terminan en los puntos o nodos 1,2,3,4 y conforman los polígonos I,II,III que comparten alguno de los arcos ya enumerados definiendo así las posiciones relativas.



3 Figura 10. Topología para tres polígonos

En los S.I.G. no se efectúan superposiciones elementales tal como se hace en la cartografía automatizada (con cualquiera de los CAD o CAM), en que simplemente se “dibuja” un mapa sobre el otro; en aquellos se llevan a cabo “superposiciones” en que combinan puntos, líneas o polígonos con la información que describe las características de los objetos que representan.

El propósito principal que se persigue con el uso de la topología en los S.I.G., es ensanchar la capacidad de efectuar análisis especiales de datos estructurados topológicamente, que son una representación de un objeto de la naturaleza que no se puede ver simplemente como una figura geométrica, sino como un conjunto de información gráfica y alfanumérica.

Por otro lado, la topología reduce (en los S.I.G-00 se elimina totalmente) la posibilidad de almacenar datos redundantes, principalmente cuando se trabaja con polígonos que comparten arcos (que es lo normal), los cuales se almacenan una sola vez; con el avance obtenido con la posibilidad de manejar objetos, los S.I.G resuelven este tipo de “impases” como en el caso del predio totalmente construido en que los dos polígonos, terreno y construcción se “superponen”, el gráfico se almacena una sola vez y se crean dos registros que guardan la información alfanumérica del terreno y la construcción por separado.

Los análisis espaciales, se logran usando las técnicas de trasladar un problema desde su forma geométrica, a símbolos algebraicos en que se hará la manipulación; las figuras geométricas no permiten análisis que impliquen combinación de varias de ellas, ya que solo se logra efectuar superposiciones tal como se hace en la cartografía automatizada.

Al resolver un problema en que se necesita combinar dos o más mapas (permanente en los S.I.G.), se siguen normalmente cuatro pasos así:

- Capturar y estructurar los datos en su forma geométrica, con la topología simple (solo la geométrica).
- Convertir el problema desde su configuración geométrica, a símbolos algebraicos que representan esa configuración.
- Resolver el problema en la forma algebraica.
- Trasladar el resultado a la configuración geométrica.

Los resultados de la topología algebraica, pueden ser usados como tal, pero su representación no sería la más apropiada por cuanto no aparecerían figuras geométricas formadas por líneas y puntos, sino por símbolos que no significarían mucho a los ojos de los usuarios; pero es esta vertiente la que permite el uso de las posibilidades del Algebra Relacional para efectuar los procesamientos y análisis dentro de un S.I.G. tales como unión, intersección y sustracción, inclusión o contención que no se pueden aplicar sobre simples figuras geométricas.

Por ejemplo, tomando los siguientes casos que son típicos en los análisis; para la búsqueda de la intersección de dos puntos u objetos lineales, el sistema busca dos (2) nodos comunes; mientras que la coincidencia de dos líneas se convierte en la búsqueda de dos arcos o lados comunes; la adyacencia de una línea sobre el área que representa un objeto es el proceso de encontrar un lado común de esa línea y el área circundada por los límites del polígono y la adyacencia de áreas es definida como lados o nodos comunes dentro de los límites de ambos polígonos.

Es el modelo topológico el que posibilita que los objetos representados en el sistema conserven no sólo su posición absoluta determinada por las coordenadas, sino su ubicación relativa dentro de un contexto geográfico en relación con sus vecinos, con lo cual se mantienen las relaciones espaciales entre los objetos. Este es un aspecto de vital importancia en muchas actividades que usen el recurso tierra; cuando se están

manipulando las vías de una ciudad conexión existente entre las vías para la red vial de la ciudad o sea la conectividad entre arcos en el sistema; de la misma manera, cuando los encargados de la planeación van a desarrollar un proyecto en una parcela, necesitan analizar la influencia que esto tendrá en los predios vecinos o en toda la vecindad, por que se están manejando objetos geográficos.

Aunque existe más de una docena de relaciones que guardan los elementos entre sí, cuya conservación es garantizada por la topología, se pueden destacar principalmente:

- **ADYACENCIA:** Define la relación espacial que se presenta cuando los elementos tipo polígono son vecinos y por lo tanto, comparten un arco.
- **CONTINUIDAD:** que garantiza que los objetos tipo polígono, mantengan la posición a un lado u otro de un objeto lineal, como los predios que se encuentran a lado y lado de un río ó una vía.
- **CONECTIVIDAD:** representa la relación existente entre objetos espaciales descritos por puntos y arcos en la base de datos; para esto, se utiliza la teoría de grafos que permite la conexión explícita entre nodos y arcos para formar una red, esto es lo que hace posible que se puedan analizar los flujos en un poliducto o en una vía; la conectividad posibilita también que se almacenen y manipulen áreas que representan objetos poligonales y que se pueda asociar atributos a dichas superficies.
- **PERTENENCIA** determina la capacidad espacial de los objetos geográficos de pertenecer o ser compartidos por dos o más objetos de un nivel superior, en la superficie terrestre es de común ocurrencia: cuando un tramo de una vía puede formar parte del lindero de un predio o el límite de un predio puede ser además, parte de la delimitación de la edificación que este tiene. Esto evita almacenar varias veces los arcos, eliminando así la redundancia.
- **CONTENENCIA:** Propiedad que define la relación existente entre un polígono y algún elemento contenido en él, como las escuelas de una vereda o los patíos dentro de una construcción.

Además se pueden mencionar: disyunción, unión, cubierta por, igualdad, propiedades que describen relaciones que normalmente se utilizan al efectuar análisis espaciales.

Con las relaciones descritas, se pueden efectuar consultas y análisis sin tener en cuenta las coordenadas ni las distancias, por que dichas relaciones, se refieren solo a

la posición relativa de los objetos y su relación con el espacio en que se encuentran, tales como:

¿Están los arcos A y B conectados? ¿Es el polígono X vecino del polígono Y? ; ¿O está el punto Y dentro del polígono A? ; estas posibilidades forman parte de los análisis espaciales normales en los S.I.G., la topología permite además chequear los errores de cierre de polígonos o conexión de arcos.

Claro que se debe mencionar que los S.I.G. orientados a manejar bases de datos, solo permiten la captura de datos en forma Spaquetti y la topología se crea en un proceso posterior independiente del tipo de datos que se esté capturando, contrario a esto, los S.I.G-00 permiten la creación de la topología en forma inmediata o tiempo real como se verá más adelante en este mismo capítulo.

Son las herramientas de la topología (gracias a la parte algebraica), las que permiten soportar dentro de un S.I.G. todos los requerimientos de los S.M.B.D. tales como los accesos a los datos y las consultas y análisis de los mismos para ambos atributos, gráficos y alfanuméricos, que fundamentalmente se realizan haciendo uso de las propiedades del cálculo relacional tales como: mayor que, menor que, igual que, etc, que lógicamente, solo se puede aplicar a símbolos algebraicos y no a figuras geométricas.

Desde que la topología es creada, son almacenados en el sistema las dos representaciones de los objetos, la geometría y la algebraica, esto hace que los modelos topológicos requieran mayor cantidad de memoria, pero, tiene la ventaja de evitar procesos y redundancia puesto que al estar los objetos en símbolos algebraicos, se pueden efectuar los análisis espaciales sin tener que estar repitiendo los dos primeros pasos descritos anteriormente y por lo tanto en una forma más rápida y eficiente.

La topología se ha ido depurando en los S.I.G., desde la más elemental o de primer grado (solo geométrica) que se usó en los comienzos y que no permite mayor capacidad de análisis, pasando por la que se utiliza en los S.I.G. orientados a manejar BD que implica tener solo objetos similares tanto en la clase (temático) como en el tipo (geometría) (no permiten tener en el mismo archivo, objetos con diferente tipo de geometría, siendo necesario separar la información por capas o "layers" que contienen únicamente líneas, puntos o polígonos) hasta la topología que se maneja en los más modernos S.I.G -00 en que la filosofía de nodos y ejes que representan una línea con uno o más significados, posibilitan manipular la naturaleza con la complejidad que tiene y permite hacer captura estructurada o con topología en tiempo real, lo que garantiza que al finalizar un elemento, este quede estructurado inmediatamente.

Al tener la información almacenada por capas, solo se puede generar una topología bastante simple por cuanto solo se mantiene la relación para elementos de la misma capa con lo cual el paisaje digital se tienen que procesar para “generar” las relaciones entre los objetos.

Con el modelo O-O, la topología se genera como respuesta al comportamiento de unos objetos en el paisaje, por lo tanto se definen como reglas para almacenar y manipular la información; esto hace que se genere automáticamente al capturar cada objeto. Al estar el paisaje como un todo, la gran mayoría de las relaciones se pueden generar en el sistema sin mayor procesamiento.

3.3. RE-ESTRUCTURACIÓN DE LOS DATOS

Un aspecto importante en la manipulación de los datos, es que después de cada etapa de edición en que se modifica la parte gráfica de las entidades para corregir errores o actualizar la información es necesario re-estructurar los datos para actualizar la topología; para realizar este proceso se tienen dos alternativas:

- **Actualización en tiempo real:** la topología se va creando automáticamente, de tal manera que los datos pueden ser utilizados en cualquier momento ya que el usuario cuenta con la información estructurada permanentemente; esta posibilidad es bastante flexible por cuanto se ahorra tiempo (en casos complejos como el catastro urbano es muy perceptible) y mucho recurso de máquina; además las anomalías de tipo geométrico, se pueden detectar al mismo tiempo.

Lo ideal sería que los datos permanecerían estructurados independientemente de los cambios que se presenten, pero, básicamente, son los S.I.G-00 los que pueden efectuar este proceso de actualizar la topología en tiempo real por el modelo de datos más desarrollado que tienen, ya que los orientados a manejar bases de datos, no tienen esta capacidad por que los SDBD convencionales no soportan los flujos de datos que se requieren para esta tarea.

- **Actualización en tiempo posterior:** esta se efectúa una vez concluida la edición o de acuerdo con la necesidad del usuario; tiene el inconveniente, que la cantidad de datos es importante, toma bastante tiempo en revisar toda la información y estructurar los datos modificados; mientras dura el proceso, no es posible efectuar ningún tipo de análisis y mucho menos se puede apreciar como quedarán los datos; ésta alternativa es la utilizada por los S.I.G. orientados a manejar bases de datos.

No se puede pretender que la topología sea la llave que resuelve todos los problemas; algunos análisis que teóricamente son simples, como manipulación de distancias y otras consultas de medidas geométricas, exigen ciertos “arreglos” por cuanto la topología no los puede resolver; normalmente para superar estos inconvenientes, los S.I.G. incluyen generación de buffers y corredores con la posibilidad de calcular distancias dentro de ellos o resolver consultas por medio de intersecciones además de búsquedas métricas de límites; por otro lado, la estructura topológica aumenta el tamaño de la memoria utilizada por cada objeto y el tiempo de procesamiento, lo que implica una mayor capacidad en los equipos.

3.4. EDICIÓN

Finalizada la etapa de captura de los datos, es necesario efectuar la validación de los mismos, para verificar la bondad del trabajo por medio de la identificación y corrección de los errores en el denominado proceso de edición, que es la primera etapa del procesamiento de la información.

Al iniciar la captura de los datos, se debe efectuar la preparación de los materiales siguiendo los pasos detallados anteriormente, esto garantizará que no se cometan demasiados errores. Al introducir los datos, se presentan errores debido a fallas del operador, calidad de los datos, los equipos o los materiales que se toman como base para la digitalización.

Muchos de los errores los marca automáticamente el sistema, facilitando esta tediosa actividad, pero cuando se trata de datos faltantes, normalmente se debe efectuar una identificación visual que cuesta bastante tiempo. Los errores se pueden clasificar de acuerdo con los objetos digitalizados en:

- Con respecto a polígonos:

- Arcos no conectados
- Sobrantes
- Mal ubicados
- Faltantes
- Sin identificador, con más de uno, o identificador equivocado.

- Con respecto a Arcos:

- No conectados
- Mal ubicados
- Sobrantes

Faltantes

Sin identificador, con más de uno o identifiicador equivocado

- Con respecto a puntos:

Mal ubicados

Faltantes

Sobrantes

Sin identificador, con más de uno o identificador equivocado

Además de estos errores gráficos, los textos de los mapas deben ser revisados para verificar fallas que deben ser editadas; normalmente, la mayoría de los errores gráficos se puede vislumbrar automáticamente, dependiendo de las posibilidades que brinde el sistema, pero los errores de textos se captan mejor en los ploteos de prueba sobre papel.

Los datos alfa-numéricos (atributos) tienen que ser revisados para detectar y corregir los posibles errores, que normalmente pueden ser:

Faltantes

Incompletos

Equivocados

Los SMBO orientados a objetos facilitan al máximo la depuración de los datos al momento de encontrarlos, porque permiten fijar reglas o restricciones que impiden que se cometa un buen número de errores.

En cualquier caso, la mejor forma de corregir errores es garantizar que los datos que se van a introducir estén en forma óptima, esto muestra la importancia que en el proceso tiene la preparación de los datos de la cual dependen tanto la calidad y facilidad de la digitalización como el tiempo dedicado a la edición.

Como se discutió anteriormente, dentro de un S.I.G. los datos hasta que no han sido procesados no permiten extraer respuestas a las necesidades del usuario, por cuanto un dato no es información hasta que no ha sido objeto de un **proceso de transformación** (ver figura 7). Precisamente la principal diferencia entre los S.I.G. y los CAD/MAN es la capacidad que tienen los primeros para transformar los datos espaciales de tal forma que se conviertan en información y puedan responder a preguntas específicas.

4. MANIPULACIÓN

Dentro del proceso de **manipulación de datos**, comúnmente se efectúan las siguientes operaciones como procesamiento para garantizar los análisis espaciales:

- Empalme de mapas adyacentes: a pesar de ser la superficie de la tierra un continuo, su presentación cartográfica se hace por partes, en forma de planchas que una vez en formato digital, pueden ser unidas para adelantar las diferentes manipulaciones y procesamientos.

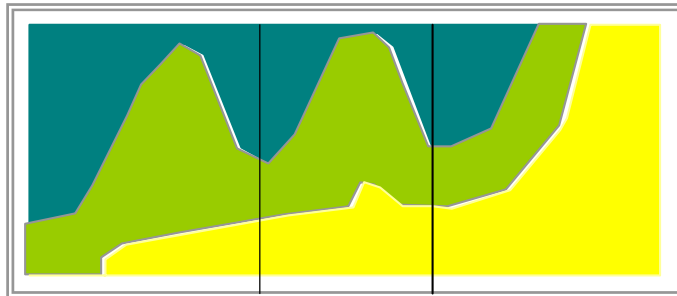


Figura 11. Empalme de planchas

- Cambios de escalas: Se debe anotar que los Soft/ware para SIG son independientes de la escala por cuanto, para el sistema esto es solo un factor de relación numérica entre dos distancias; para el especialista y de por sí para el SIG, la escala indica el grado de detalle con que se captura y manipula la información.
- Rotación de coordenadas
- Eliminación de distorsiones
- Cambio de proyecciones

Fundamentalmente, la manipulación de los datos es la etapa en que se preparan para llevar a cabo los análisis espaciales.

5. MODELAMIENTO Y ANÁLISIS ESPACIALES

En los S.I.G. los análisis espaciales se pueden definir como la capacidad que tienen para producir información como resultado de alguna operación espacial efectuada sobre las bases de datos gráficas y alfa-numéricas.

Con respecto a los análisis espaciales que convencionalmente se realizan en los S.I.G. no es pertinente entrar en el convencimiento impulsado por los vendedores de soft/ware de que las actividades que no sean complejas y dificultosas no son útiles para los usuarios finales y por lo tanto la manipulación de los datos, su descripción y despliegue no forman parte de los análisis espaciales; la realidad muestra otra cosa por cuanto estas operaciones son las más utilizadas en las actividades diarias utilizando los sistemas. Para un S.I.G. catastral, lo más importante es la conservación de la información y su despliegue y si el soft/ware no garantiza que estas dos actividades se efectúen rápidamente, “brillante” papel juegan las grandes capacidades de análisis.

La tendencia de los S.I.G. es la de involucrar análisis que permiten determinar la tendencia que tengan los elementos analizando las reglas que los rigen para efectuar las inferencias necesarias, por esta razón se está involucrando cada vez más la estadística como un componente básico en los S.I.G. ya que en lo fundamental, hasta el presente se han efectuado análisis de la información existente pero sin profundizar lo suficiente con cálculos estadísticos y de probabilidades sin pensar en “que pasaría si” que habitualmente se utiliza en los S.I.G.

La vertiente algebraica de la topología, hace posible que se puedan desarrollar variados análisis espaciales en los S.I.G. envolviendo tanto la parte gráfica como la alfa-numérica, para obtener objetos que son producto, de una combinación de otros o una selección de atributos; en los S.I.G. no se efectúa superposición geométrica de mapas como en la cartografía digital sino, superposición algebraica que manipula símbolos algebraicos que representan puntos, líneas o polígonos e información de atributos, a esta se refiere el texto cada vez que se use la expresión. Por esa vertiente es que se pueden aplicar las leyes del Algebra Relacional en estas actividades, lo que sería “bastante complicado” si solo se tratara de simples figuras geométricas.

UNIÓN; es la unión física de objetos para obtener otro objeto con las características de ambos.

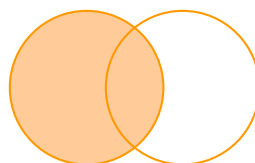


Figura 12. Unión de Conjuntos

INTERSECCIÓN; combinación de objetos para obtener uno nuevo en el que aparece la información representada por las áreas comunes de ambos.

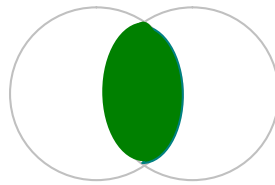


Figura 13. Intersección

SUSTRACCIÓN; remover las características de un objeto que aparece en otro con el que se está superponiendo, para producir un objeto más pequeño y determinar los elementos más comunes.

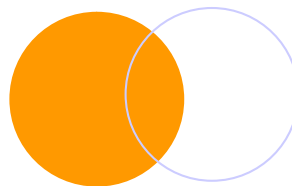


Figura 14. Sustracción

Son estas propiedades las que posibilitan la combinación de los elementos trabajados para generar información que no está explícita en el sistema.

Un actividad normal en los SIG es la de superponer elementos de la misma o diferente geometría para extraer información sobre sus relaciones espaciales; cuando se usa un modelo que almacene la información por capas, es necesario llevar a cabo una serie grande superposiciones:

Punto en polígono

Línea en polígono - vía y predios
Polígono en polígono - uso y suelos

PUNTO EN POLÍGONO; normalmente se intenta encontrar la relación que pueda existir entre un objeto representado como un punto, que puede ser una escuela o un hospital y un polígono que por ejemplo sea una vereda o una cuenca, este requerimiento se convierte en un S.I.G. en las preguntas; ¿Está el punto dentro del polígono? ¿O hasta donde llega la zona de influencia del punto? ; en síntesis se trata de averiguar en que polígono se encuentra cada punto o sea una relación de inclusión; para resolver las preguntas en un S.I.G. orientado a manejar bases de datos, se debe hacer una superposición mientras en los S.I.G. orientados a manejar objetos, se hace un “análisis” de inclusión por cuanto toda la información se encuentra en un sólo proyecto.



PLANO DE PUNTOS DE INVESTIGACION
AVALUOS MASIVOS – ESPECIALES
CONSERVACION CATASTRAL

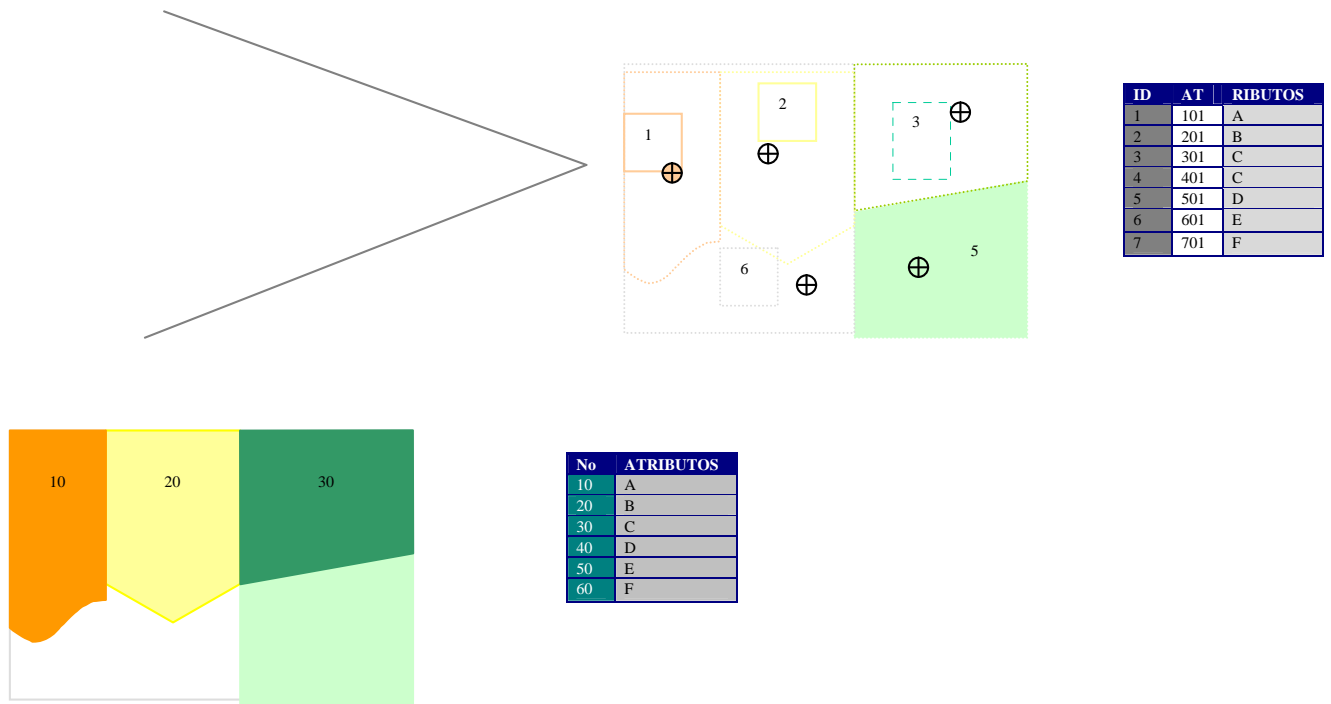
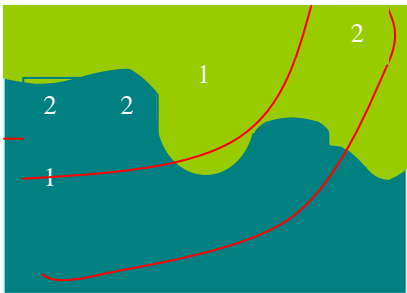


Figura 15. Superposición de Punto en Polígono

Para resolver consultas como las anteriores, en los S.I.G. orientados a manejar bases de datos se efectúa la superposición de mapas que contienen los objetos definidos con sus características particulares y se obtiene uno nuevo conteniendo las características de ambos de tal forma que si los puntos se unen a los polígonos, se obtiene un mapa en el que los puntos tienen un nuevo atributo que indica en que polígono se encuentra cada uno; en los S.I.G. orientados a manejar objetos, simplemente se cuentan los puntos contenidos en el polígono por cuanto, la información se encuentra en un solo proyecto.

- LÍNEA EN POLÍGONO;** la relación existente entre una vía y los predios o zonas que son beneficiados por ella, es de vital importancia para determinar avalúos o analizar sus posibilidades de explotación o las zonas de influencias que sirvan para planificación o cualquier otro propósito; estas son actividades que pueden ser de común ocurrencia en el catastro multipropósito y sus clientes; estas consultas conllevan la unión o la intersección de mapas que contienen líneas con mapas de polígonos y sacar como resultado uno con las características de ambos objetos para extraerle la información requerida o hacer un conteo de selección de las líneas contenidas en el polígono.



VIA	ATRIBUTOS
1	PENDIENTE
2	SIN PENDIEN.

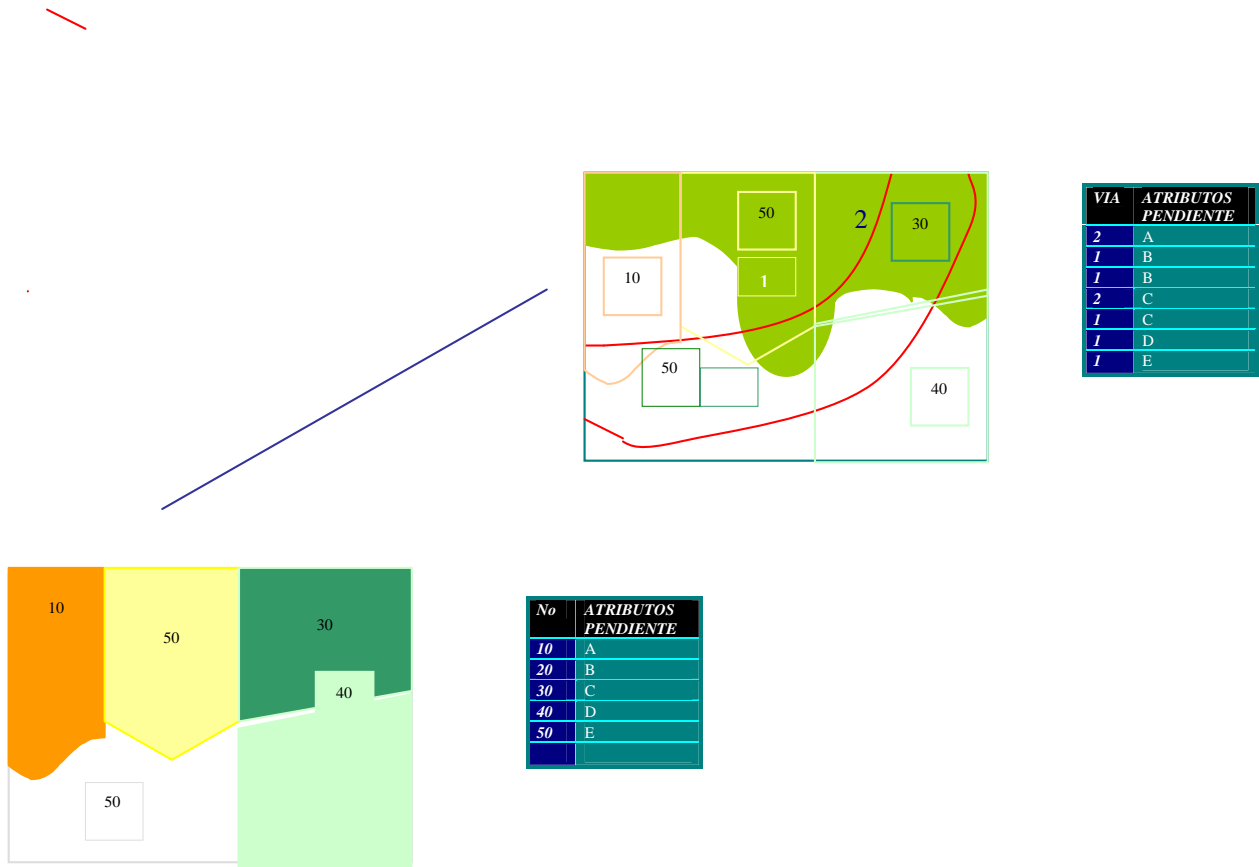
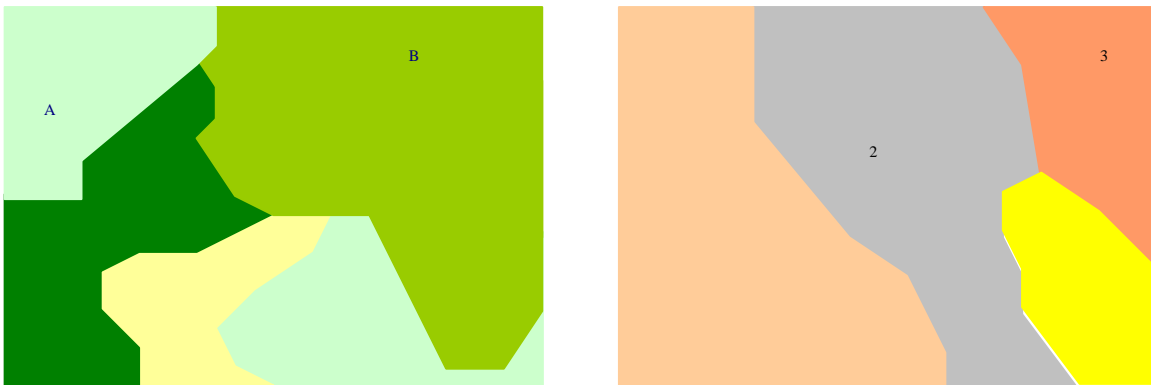


Figura 16. Superposición de Línea en polígono

- POLÍGONO EN POLÍGONO**; cuando un mapa en el cual se tienen almacenados los predios, se tiene que cruzar con otro, en el que se representan los suelos de una región para saber que tipo de suelo presenta cada predio, se debe realizar la unión de los objetos en un análisis espacial que conlleva la superposición de polígono en polígono, que dará como resultado la combinación de los dos mapas en uno nuevo conteniendo las características de ambos.



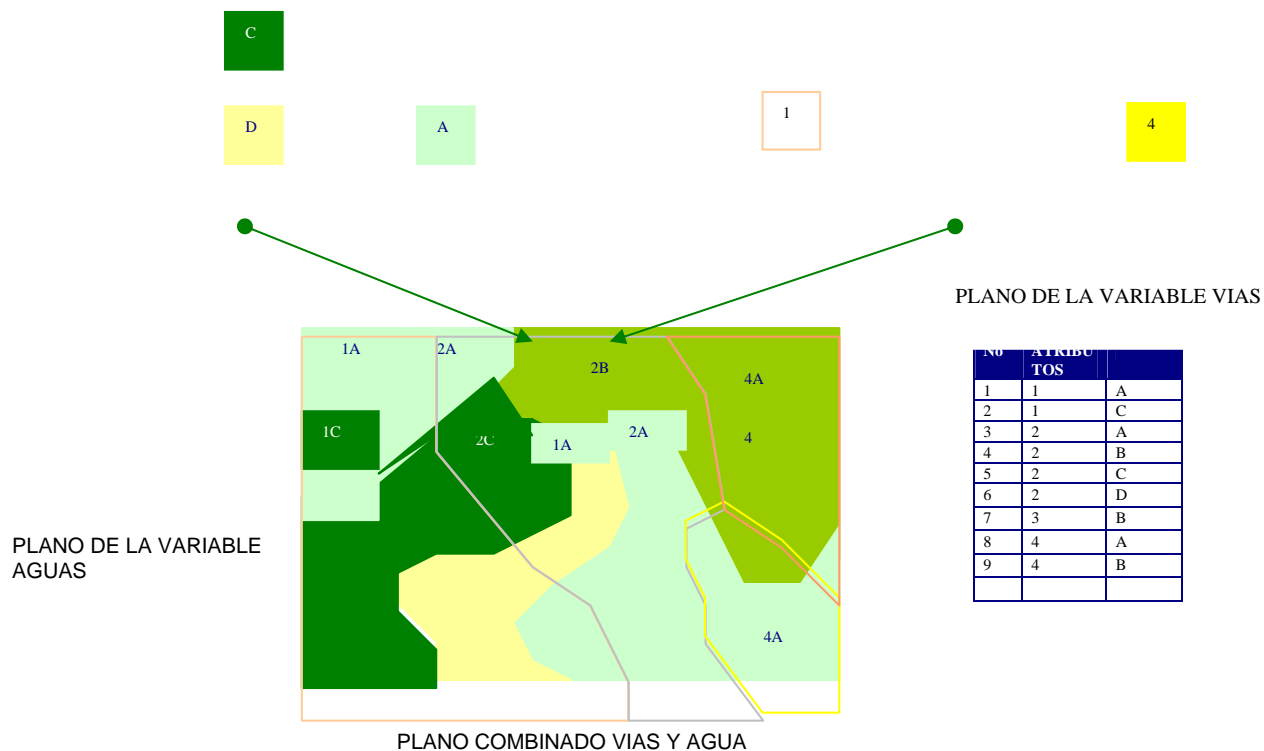


Figura 17. Análisis de Línea en polígono

Todas las superposiciones y análisis anteriores conllevan un procesamiento algebraico que aprovecha las leyes del Algebra Relacional y son costosos cuando se trabaja con una estructura vectorial, por que debe efectuarse una búsqueda punto por punto para determinar si el punto “inicial” del mapa A se intersecta con otro en el mapa B estructura raster, se facilita la tarea, por que se trata de comparar celdas (que pueden contener una buena calidad de puntos) y si se trabaja con el mismo tamaño de celda, el proceso es rápido y mucho menos costoso en memoria y en tiempo, por esto se dice que los análisis espaciales que conllevan superposición, son más sencillos en la estructura raster.

En los S.I.G. con estructura raster, se pueden realizar superposiciones **Lógicas** y **Aritméticas**, en las primeras se extraen áreas en que se cumplen determinadas condiciones lógicas dadas básicamente por los operandos AND/OR; para el primer caso (Y), se trata de identificar zonas que cumplan las dos condiciones dadas y en el segundo, (O) se trata de encontrar las zonas que se da una de las dos condiciones. La superposición aritmética, se efectúa al combinar dos o más “capas” celda a celda mediante ecuaciones matemáticas.

Las superposiciones lógicas no se pueden realizar en los S.I.G. vectoriales por no existir una relación directa entre la parte gráfica y la información temática de los elementos.

GENERACIÓN DE BUFFER Y CORREDORES; al igual que los otros análisis espaciales, esta posibilidad obedece a necesidades específicas de los usuarios para medir influencias de varios objetos, como demarcar la zona de influencia de una vía o

un río y luego determinar que predios se encuentran dentro de la zona para analizar sus posibilidades de explotación. En forma digital, estos análisis se pueden desarrollar por medio de la generación de buffer y corredores alrededor del objeto (punto, línea o polígono) de acuerdo con parámetros de distancias definidos por el usuario.

Un buffer es una línea cerrada en torno a un elemento, definida por el interesado y expresada como curva o recta de acuerdo con las posibilidades del sistema; el resultado es una serie de polígonos que permiten calcular distancia y áreas internas o externas o la superposición con otros objetos para hacer nuevos análisis.

El corredor es una zona de influencia no aledaña al elemento. En los S.I.G. orientados a manejar objetos, cualquiera de las dos posibilidades se generan como polígonos y se pueden hacer inmediatamente análisis de contención.

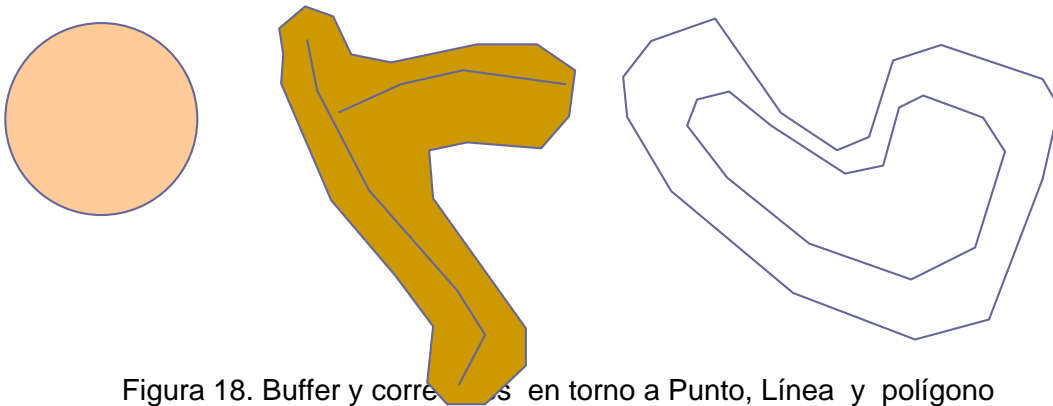


Figura 18. Buffer y corredores en torno a Punto, Línea y polígono

Estos análisis son de mucha utilidad cuando se trata de medir distancias en torno a algún objeto, ejemplos muy usados pueden ser:

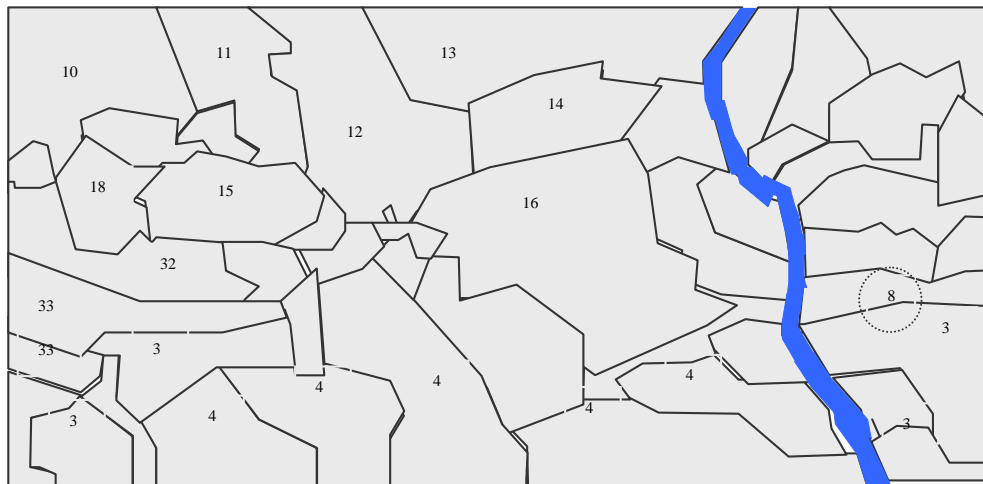
- Demarcar la zona de influencia de un hospital y encontrar las viviendas a determinada distancia.
- Determinar un corredor alrededor de una vía para ubicar un basurero.
- Definir zonas alrededor de un centro poblado de acuerdo con distancias definidas por algún parámetro.

DISOLUCIÓN DE POLÍGONOS; cuando se presenta una mutación catastral en que dos predios deben unirse porque se presentó una transacción, la línea que separa los dos predios debe eliminarse para convertirse en uno solo, esto se denomina disolución de polígonos y se realiza automáticamente indicándole al sistema que elimine la línea que

separe dos polígonos que tienen, por ejemplo, el mismo identificador; en análisis de las características de las zonas y su actualización, es muy utilizada esta propiedad.

En general, las operaciones de reclasificación conllevan la agregación de clases (variables cualitativas) o la agrupación de valores (variables cuantitativas), la disolución de arcos y la fusión o unión de arcos para forma nuevos polígonos.

CARTA PREDIAL RURAL MOSTRANDO DELIMITACION POR VEREDAS



CARTA PREDIAL RURAL MOSTRANDO AGREGACION DE POLIGONOS, DE ATRIBUTOS SEMEJANTES (CON DISOLUCION DE LINEAS INTERNAS)

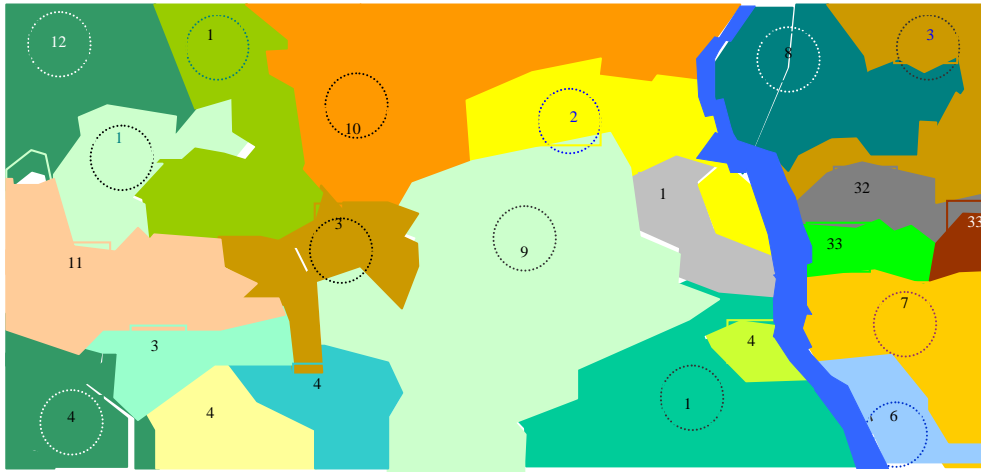


Figura 19. Disolución de Polígonos

ANÁLISIS DE REDES; para muchos requerimientos, se puede necesitar escoger la ruta más eficiente para que se movilicen los vehículos de acuerdo con el flujo, las distancias, impedimentos, optimización de rutas, localización de algún tipo de recurso, etc, estos procesos en los S.I.G. se denominan análisis de redes y se aplican a cualquier objeto de tipo lineal como ríos, poliductos, redes telefónicas, etc, ya que una red está conformada por un conjunto de elementos lineales interconectados para constituir un patrón; esto está definido por la propiedad topológica llamada conectividad.

En los S.I.G. los análisis de redes son utilizados primordialmente para determinar o estudiar la forma en que se mueven los recursos de un lugar a otro. Para diseñar un modelo para efectuar un análisis de redes se deben tener en cuenta tres aspectos primordiales:

- Objetivo a cumplir
- Recursos con que se cuenta
- Lugar donde están ubicados los bienes y recursos

CÁLCULOS DE ÁREAS Y DISTANCIAS; son las actividades básicas que se realizan normalmente y en los S.I.G. forman parte de los procesos más “elementales”, agrupándose dentro de las llamadas funciones de medición que se utilizan para extraer

información de los datos estructurados o de los resultados de algún análisis espacial; tomemos dos ejemplos comunes pero vitales en el catastro y que son permanentes en los S.I.G

- Medición de las áreas de los predios que son un atributo principal, tanto física como jurídicamente.
- Medición de las distancias entre puntos, esto es determinante, por cuanto son los linderos que definen elementos jurídicos que se tienen que determinar con la mayor exactitud posible, esto se logra automáticamente en los sistemas.

5.1. MODELAMIENTO

Es utilizado en los S.I.G. para resolver problemas espaciales complejos mediante el uso de funciones de manipulación básicas de acuerdo con una secuencia lógica; para esto, se definen modelos que representan un conjunto de relaciones y de información acerca del mundo real.

El modelamiento es un proceso conceptual, cuyo producto es un modelo que se implementará en el sistema, por esa razón, ningún Soft/ware puede hacer modelamiento. La representación del modelamiento es la esquematización de los diferentes procesos que conforman un análisis espacial y por esta razón, aunque son uno de los fundamentos de los S.I.G., no se puede perder de vista que los modelos son simplemente un producto de la conceptualización general del mismo, entonces, si esta no es acertada, los modelamientos no serán muy productivos.

En líneas generales, para estructurar un modelo de análisis en el sistema se recomienda seguir los siguientes pasos:

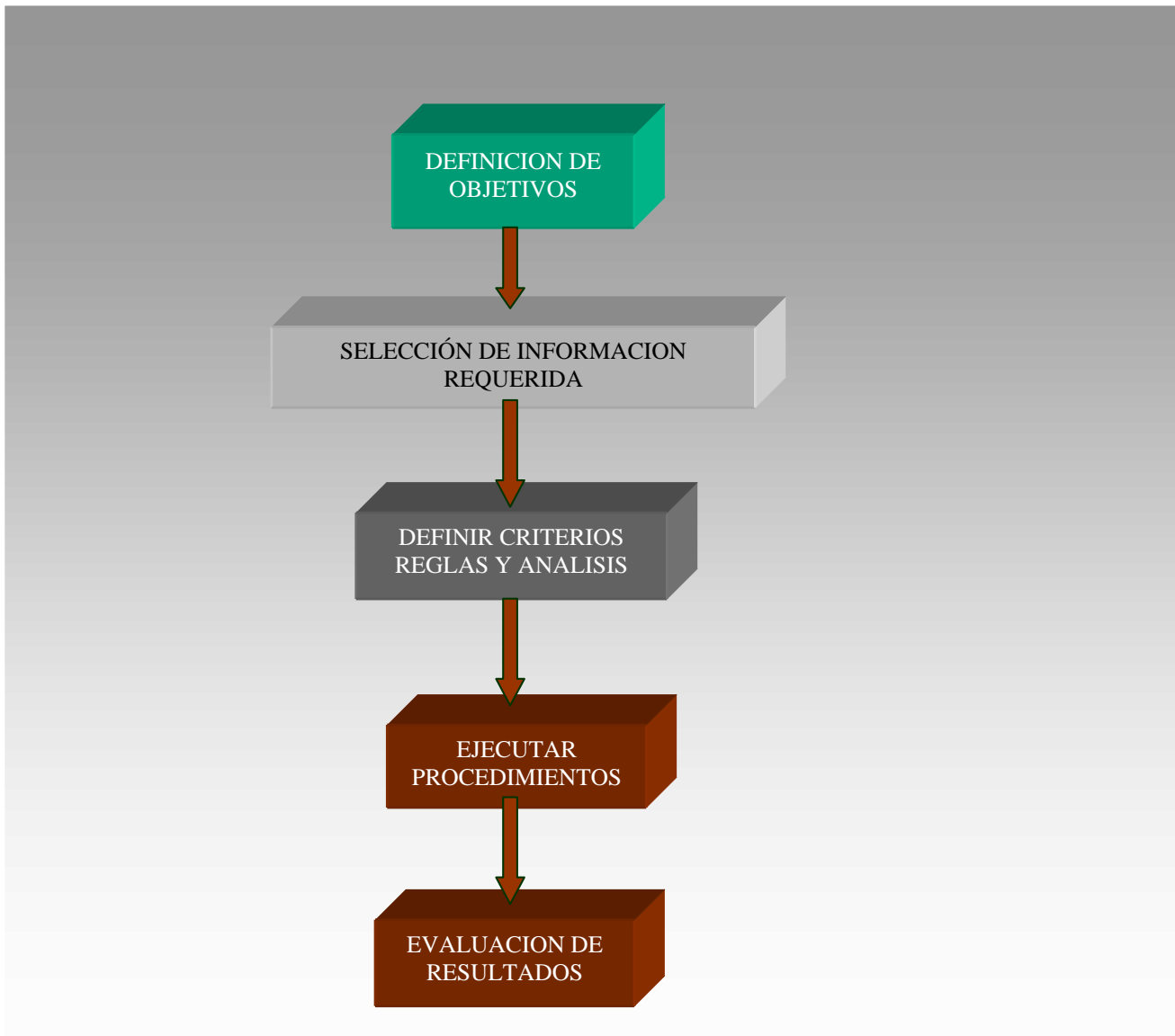


Figura 20. Fases para Estructural modelos

MODELOS DESCRIPTIVOS, se usan para realizar procedimientos que se presentan en el terreno y que describen fenómenos de la realidad para extraer información de los datos almacenados en el sistema simplemente interpretando lo que ocurre en la realidad.

MODELOS PREDICTIVOS, sirven para estimar la variación y las consecuencias que acarrearía un fenómeno bajo ciertas condiciones, responden a análisis de situaciones futuras que contestan a preguntas como QUE PASARIA SI? se debe tener en cuenta que en este caso, el SI? está definido por alguna variación introducida a cualquiera de las variables que intervienen en el proceso.

MODELOS DE DECISIÓN: permiten tomar ciertas acciones en respuesta a determinadas circunstancias.

Los modelamientos que se han de efectuar en un S.I.G., dependen de los datos que se capturaron y la forma en que están estructurados, por lo tanto, en el modelo lógico en que se describen los análisis básicos que se tienen que llevar a cabo en el futuro se deben definir que tipo de modelamientos se estarán realizando normalmente.

Un ejemplo del desarrollo de un modelo se presenta abajo.

La determinación de predios aptos para la agricultura que se mantengan dentro de las características siguientes: a una distancia no superior a cinco kilómetros de la vía principal, con pendiente promedio entre 10% y 20% con suelos con un potencial de productividad entre 60 y 80 puntos.

Para desarrollar el modelo que permita determinar los predios según estos parámetros, el primer paso es seleccionar la información necesaria para realizar el análisis; para obtener el mapa con la información de pendientes se necesitan las curvas de nivel y un procesamiento, para definir la distancia a las vías se hace necesario definir un buffer alrededor de esta de cinco kilómetros y finalmente se requieren los mapas con la información de suelos y de predios.

Con la información ya detallada, se estructuran los pasos que se deben seguir y los procesamientos necesarios para cumplir con el objetivo planteado que puede ser algo similar al siguiente flujo de procesos.

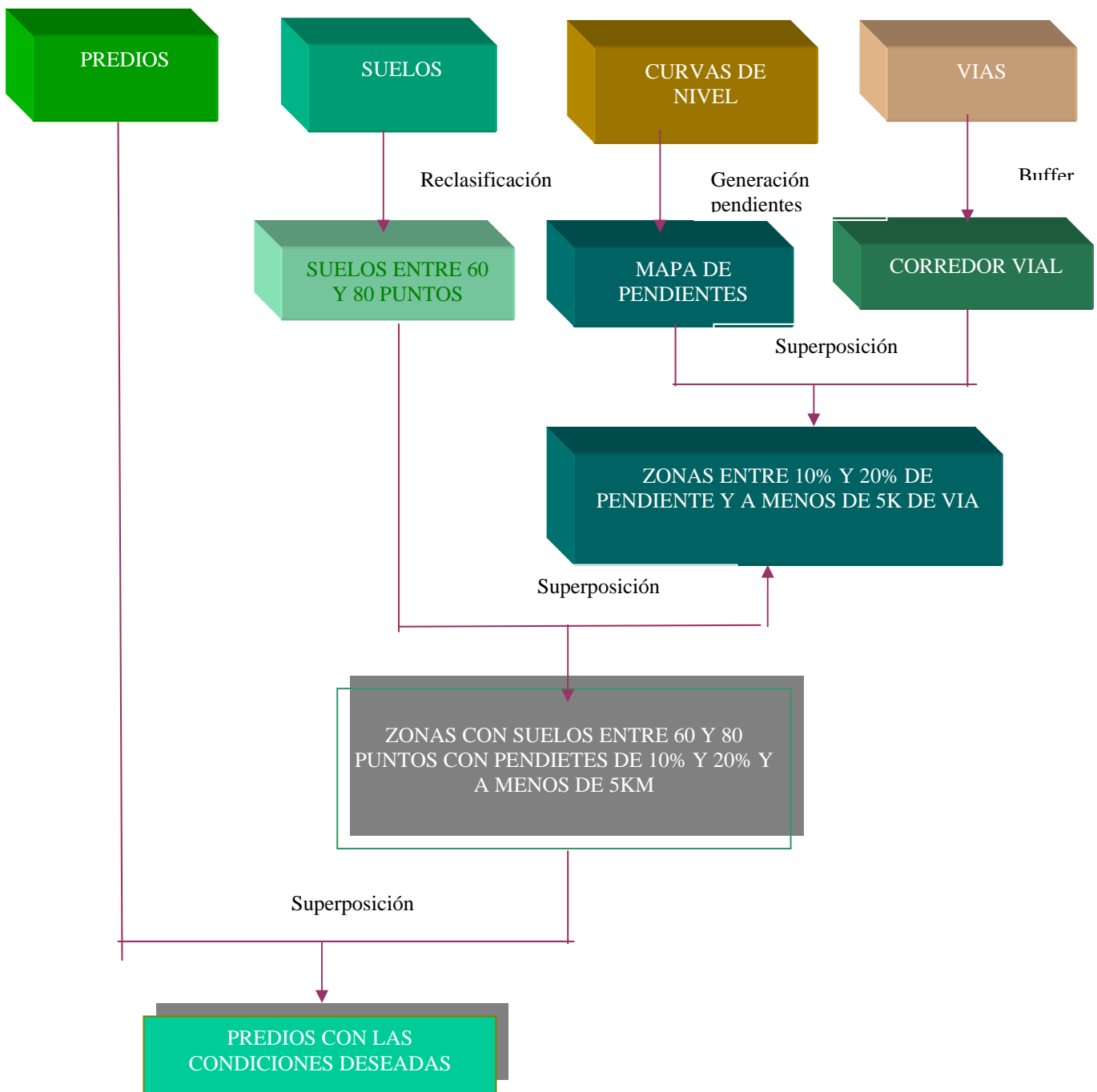


Figura 21. Modelo de Análisis Espacial

6. GENERALIZACIÓN ESPACIAL

Los elementos del espacio que se modelan en los Sistemas de Información Geográfica, se almacenan de acuerdo con la importancia que tengan en el paisaje que se va a manipular y de los procesos que se llevarán a cabo; hasta el presente, la información espacial se ha almacenado por grados de detalle o escalas, con lo cual, el mismo elemento se guarda en el computador varias veces. En términos de eficiencia, lo recomendable sería almacenar con un alto detalle los objetos en una sola Base de Datos y luego, por medio de procesos automáticos, analizarlos y presentarlos en diversas formas por medio de la generalización.

1. Aspectos Conceptuales

Los elementos del mundo real que conforman el paisaje juegan diferentes papeles según la importancia que en un momento dado tenga la información que contenga dicho elemento, por esta razón existen diferentes grados de detalle que convencionalmente se han definido por medio de las escalas. Al almacenar y manipular los elementos espaciales en el computador, lo ideal sería contar con todo el paisaje en forma digital utilizando una abstracción que lo describa en una forma lo más cercana posible a la realidad y de acuerdo con las necesidades de los usuarios, representar o procesar la información en diferentes escalas manteniendo las características de cada uno de los objetos pero simplificando su geometría.

Normalmente, los Sistemas de Información Georreferenciada (S. I. G.) han forzado el establecimiento de muchas bases de datos para diferentes grados de detalle de tal manera que la misma información se almacena varias veces, con lo cual se violan normas mínimas de estas modernas tecnologías como son el evitar la redundancia de datos almacenado una sola vez un mismo objeto. Aunque la geometría de un elemento espacial está definida por la importancia que este juegue en el paisaje que se va a modelar y no por su apariencia física, el tipo de representación gráfica se ha definido tradicionalmente en término de escala y no de grado de detalle debido a la carencia de algoritmos suficientemente potentes para procesar y reproducir la información en diferentes escalas.

Para que el anterior esquema se pueda implementar, se requiere básicamente de los siguientes principios:

- Modelo de datos diseñado
- Modelo de datos del sistema

- Operadores de generalización
- Capacidades del sistema
- Facilidad de interacción con el computador

El primer aspecto queda resuelto si se hacen una buena conceptualización y un diseño aceptado del S.I.G., de tal manera que esto se puede minimizar en la medida en que los expertos en la materia cuenten con los conocimientos para realizarlo.

El segundo punto, depende estrictamente del modelo de datos del S.I.G. comercial en que se implemente el diseño y de sus capacidades para efectuar procesos de generalización; contrario a lo que recomendaría la técnica normal, la mayoría de los sistemas tienen algunas capacidades pero en forma aislada tales como simplificación, suaviamiento, desplazamiento, simbolización, selección y eliminación; con estas posibilidades juntas se lograrían productos de bastante calidad a la hora de hacer generalización pero se han implementado por separado debido a que se impuso hasta ahora el punto de vista de la perspectiva cartográfica en que lo más importante es la representación del objeto en el papel aunque se sacrifique la consistencia y el contenido de la información en la base de datos.

Los anteriores aspectos, impidieron que hasta hace muy pocos años se comenzará una verdadera investigación en torno a la creación de algoritmos que permitieran una avanzada generalización el campo de los S.I.G.; como un paso adelante, se puede mencionar el hecho de involucrar clasificación y agregación como capacidades para generalizar aunque en forma aislada, pero destacándose como aspecto importante el que se utilizan en este caso los atributos para generar un nuevo elemento.

Con este paso, se dio mayor importancia a la base de datos y la información contenida en ella que a la representación gráfica con lo cual se pasó del punto de vista cartográfico al de la información espacial. El objetivo fundamental es llenar la base de datos y por generalización pasar a escalas más pequeñas con una nueva base de datos. El mayor impedimento que se ha tenido para implementar una generalización con un alto grado de robustez lo ha constituido el modelo de datos orientado a manejar bases de datos en que las líneas son almacenadas una vez por cada significado temático utilizando los layer, con lo cual los procesos son más complejos por no decir que casi imposible.

2. La Generalización como aspecto vital de los S.I.G.

Partiendo del criterio de que la generalización se basa en aspectos geométricos, topológicos y temáticos, las funciones que conllevan estos procesos principalmente se presentan como:

- Reclasificación, definida como el proceso de reagrupar elementos en clase, utilizando para ello uno o más atributos comunes.
- Agregación, operación espacial que consiste en formar polígonos a partir de elementos tipo puntos siempre y cuando estén a una distancia predefinida.
- Amalgamiento, es la unión de elementos contiguos (tipo área) utilizando una característica temática común o que prevalezca en la vecindad, normalmente a esta capacidad se le denomina agregación para áreas.
- Simplificación, es la reducción de la complejidad de una línea eliminando cambios de dirección menores a ciertos parámetros predefinidos.
- Suavisamiento, consiste en eliminar sinuosidades para “aplanar” el elemento y obtener una línea con menos cambios de dirección.
- Colapsar, es la operación de convertir un elemento tipo área en otro tipo línea o punto, calculando automáticamente el eje de la región para formar una línea o el centroide para ubicar allí el punto y garantizar una acertada representación en una escala menor.

Se debe mencionar que la generalización consiste en cambiar el grado de detalle de la información, creando para esto, una nueva base de datos partiendo de una base que contiene información detallada.

2.2 Flujo de los procesos.

Un aspecto importante que se debe considerar cuando se van a ejecutar las operaciones de generalización es el orden en que estas se llevan a cabo; lo recomendable sería comenzar con los procedimientos que impliquen cambio de tipo (punto, línea, polígono) como es el caso de la agregación o el colapsamiento.

Como un segundo grupo de operaciones se deben llevar a cabo las que conlleven un cambio de aspecto temático como en la reclasificación y en una tercera etapa aquellas en que la definición espacial sufre una variación como en el caso de el suavisamiento en que cambia la forma.

3. Líneas Metodológicas en la generalización

En el momento existen tres tendencias al implementar las operaciones de generalización:

- a.** Procesamiento simultáneo, cuando los objetos se clasifican y procesan en orden pero en forma continua utilizando para eso unas reglas predefinidas hasta finalizar la generalización en forma totalmente automática. Se requiere una definición de jerarquía que permita avanzar por niveles hasta llegar a la nueva base de datos. En este caso, el paisaje que se está modelando se trata en una forma compacta pero por niveles a los que se les aplican ciertas reglas.
- b.** El segundo método, puede ser definido como un “proceso por paquetes” en que la información se maneja por clases de objetos que se pueden formar por geometría, atributos o una combinación de ambos. En este método, cada clase es tratada hasta el final, por lo tanto, se deben definir totalmente las relaciones existente entre elementos de diferentes clases como ríos y curvas de nivel o estas y las vías. En líneas generales, es menos ambicioso que el primero pero mucho más efectivo en términos reales sobre todo si se trata de elementos especiales como catastro o redes hidrográficas.
- c.** Paquete de funciones para generalización, se trata de diseñar algoritmos que cumplen una tarea específica ejecutados en forma independiente pero agrupados para facilitar las operaciones. Este método brinda una gran posibilidad para que el usuario decida en forma interactiva como aplicar cada operador; en general, se trata de efectuar la generalización manual en forma computarizada y en principio es la opción más desarrollada en este momento.

Cualquiera que sea la metodología que se siga, el S.I.G. comercial que en pocos años no avance en la implementación de algoritmos para generalización en un nivel superior a lo que se tienen en este momento, será erradicado por el juez inexorable de la historia, sobre todo cuando se habla de implementar el paisaje tal cual como es y obtener salidas con cualquier grado de detalle.

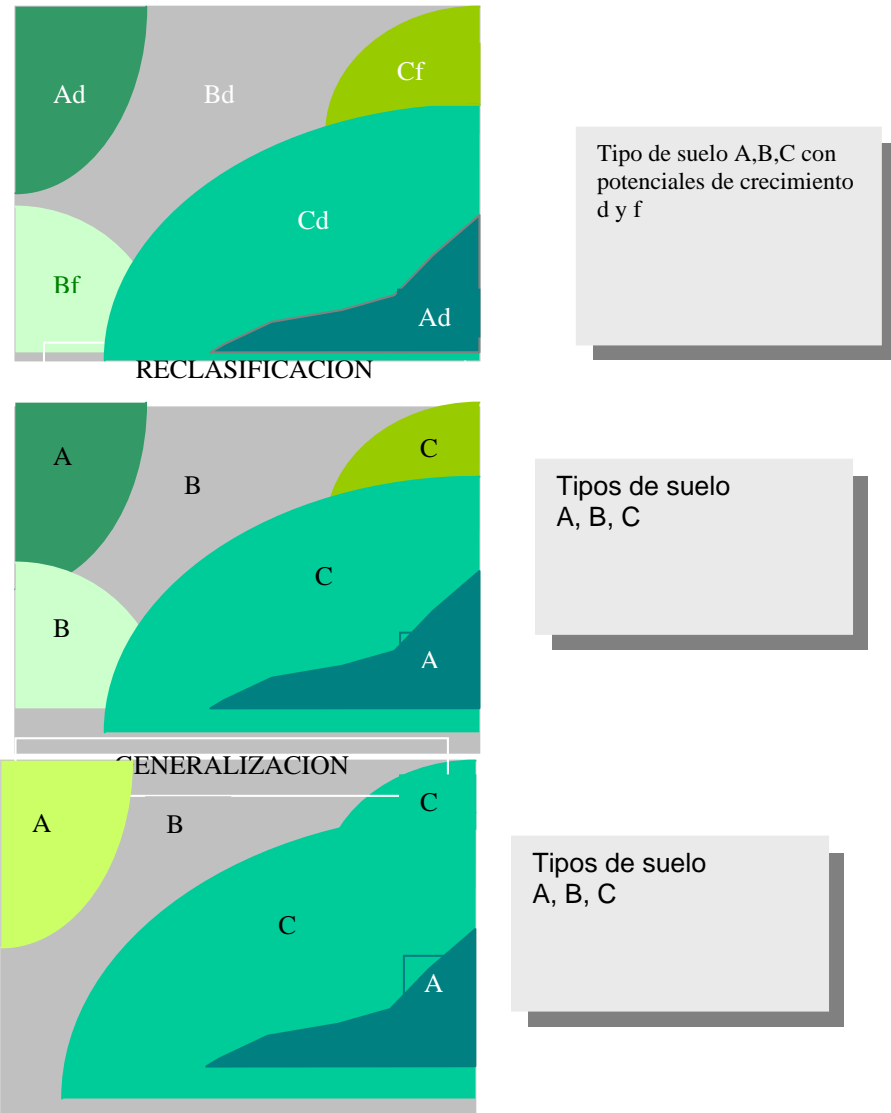


Figura 22. Generalización



7. MODELOS DIGITALES DEL TERRENO

En muchas actividades técnicas, son usadas las diferencias de altura que representan la superficie de la tierra en “alto relieve“, dentro de los SIG, existe la posibilidad de desarrollar esta representación y manipularla, tomando como base las cotas o altura de

una serie de puntos y las curvas de nivel; dentro de los **usos de estos modelos** se tienen:

- Trazado de vías, canales, etc.
- Estimación de posibles rutas de escurrimiento o de erosión
- Estudios de visibilidad e iluminación solar
- Análisis de pendientes y drenajes
- Para combinación con diversos datos temáticos, etc.
- Para análisis de pendientes
- Como mapa de fondo para análisis visual con algún mapa temático.
- En modelo de simulación.

Los Modelos Digitales del Terreno (MDT), en los S.I.G. son más que la representación con curvas para dar idea de las formas de la superficie de la tierra, por cuanto ellas no permiten mostrar discontinuidades del terreno y mucho menos los Análisis Algebraicos que se efectúan en los SIG; por esto, en los (MDT) se usan las alturas (Z) de una serie de objetos representativos de la superficie como valles, picos de montañas, etc., que permiten representar la discontinuidad del terreno.

Para generar los MDT, son necesarios:

- Los puntos relevantes de la superficie por su altura (Z) que conforman una malla de puntos y permitirán construir una grilla regular que por interpolación permita “calcular” otras alturas y curvas de nivel.
- Ubicación; por las coordenadas (incluyendo la altura) de los puntos destacados: puntos máximos o mínimos. Valles, terrazas, interrupciones bruscas dependiente, cuerpos de agua y sus alturas.
- Las curvas de nivel.

Los datos para general los M.D.T. son capturados por medio de:

- Digitalización de mapas existentes
- Restitución analítica
- Restitución digital para generarlos automáticamente
- Levantamientos topográficos
- Superponiendo imágenes de satélite con datos de altura (en fotografías, datos de terreno, etc.).

Una vez en formato digital, los datos son objeto de un procesamiento de depuración que puede conllevar: filtración, interpolación, transformación de coordenadas, etc.

además de esto, no se puede perder de vista que los documentos de donde provienen los datos tienen una precisión, resolución y un grado de detalle, que unidos a los parámetros técnicos de los equipos, son los que garantizan que la información se pueda usar para efectuar análisis espaciales y no sólo para análisis visuales o presentación.

Los MDT se representan normalmente con:

- Puntos para generar una malla regular o irregular conformada por rectángulos u otro polígono de tamaño igual fijo. El grado de regular o irregular, lo dan los datos de altura que pueden ser capturados en forma continua, interpolados o tomados en forma selectiva de acuerdo con la interpretación del operador.
- Líneas de curvas de nivel; que se puede digitalizar o generar, de puntos con ubicación y altura, para luego desarrollar perfiles con ellas.
- Áreas continuas; representan zonas cerradas por una línea, que constituyen una forma de la tierra y se muestran en los planos de pendientes.

La selección de una de estas posibles representaciones depende de las necesidades que se vayan a suplir, las capacidades del sistema y los datos que se usarán para crear el modelo.

La malla regular formada con los puntos por su altura, es la más usada por la sencillez y la posibilidad de aplicación de los algoritmos de cálculos en el sistema que permite obtener pendientes, líneas de drenaje, estudios de erosión, etc, pero este modelo presenta inconvenientes técnicos, por cuanto no puede reflejar discontinuidades o cambios bruscos de pendiente ya que, al ser la malla regular, no es posible variar su resolución (tamaño de cada elemento) y esto impide que se vea en su totalidad la verdadera forma de la tierra. Con este método, se representan muy bien las diferencias de altura en los relieves altos (cortes abruptos) pero no en las zonas en que los cambios de pendiente no son muy pronunciados.

La malla regular es más popular para representar la superficie de la tierra por la facilidad de manipulación al efectuar las operaciones pero esto implica manipular una forma muy irregular que es la superficie de la tierra en una estructura totalmente regular.

Para resolver el anterior inconveniente, sería necesario capturar demasiados datos y trabajar con una cuadrícula de rectángulos muy pequeños que permitiera ver las diferencias de altura no muy grandes, pero la redundancia que esto genera al trabajar

con la parte quebrada o totalmente plana, es tal, que la capacidad de memoria y el tiempo necesario complicarían cualquier proceso.

Los MDT generados con curvas de nivel se usan para hacer una representación de las variaciones de la superficie de la tierra de acuerdo con su verdadera forma y para análisis visuales de los relieves, pero no son precisamente lo más práctico para realizar los análisis algebraicos que permitan los modelamientos necesarios y además requieren un gran procesamiento y reorganización de los datos. En cualquier caso, se debe tener en cuenta que las curvas de nivel muestran la altura de los puntos a lo largo de la curva, para obtener una buena cobertura, se tiene que digitalizar una cantidad enorme de éstas que chocaría con la capacidad de memoria y la eficiencia del sistema.

El objeto primordial de generar MDT es crear una abstracción digital lo más aproximada posible de la superficie de la tierra utilizando el menor número de puntos con sus elevaciones que al ser interpolados generen un espacio tridimensional continuo.

La técnica más avanzada para generar los MDT con las especificaciones delineadas en los párrafos anteriores, es una combinación de puntos regulares (su ubicación geográfica y su altura), puntos irregulares que representen aspectos claves (valles, picos, depósitos de agua, quiebres bruscos de pendiente) y curvas de nivel. Esto se logra con las “redes de triángulos irregulares”, TIN - por su sigla en inglés - que utiliza una malla de triángulos irregulares, conectados para mostrar en una aproximación muy alta, la verdadera forma de la tierra; para lograr esta ejecución, se parte del principio geométrico de que cualquier superficie plana puede ser representada con tres puntos coplanarios no colineales.

En el sistema, estas líneas conforman una red de vectores en un modelo topológico, similar por su forma, a una red de polígonos como la conformada por los predios rurales. Los pequeños triángulos, son construidos uniendo puntos que se convierten en nodos que mantienen sus relaciones topológicas al igual que los arcos que conforman los polígonos, permitiendo así, los análisis espaciales de los SIG.

Como **producto de los MDT** se pueden enumerar:

- Estimación de volúmenes
- Mapas de pendiente
- Mapas de curvas de nivel
- Redes de drenaje
- Diagramas, perfiles, horizontes
- Mapas de sombras, etc.

Con una avanzada capacidad de análisis y manipulación de la información, el S.I.G. es capaz de operar sobre la topología, las relaciones espaciales, o sobre atributos no espaciales, o una combinación de ambos, en un proceso interactivo en que el usuario fácilmente obtiene respuestas de diferente índole a sus preguntas; para lograr lo anterior, los dos tipos de información, gráfica y alfanumérica que describen un objeto, deben estar unidos con una llave o clave que permita su manipulación en forma separada o conectada según el trabajo que se realice.

8. REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Concluido el procesamiento de los datos y el análisis de la información, el usuario o las diversas personas o entidades que vayan a utilizarla, necesitarán ver los resultados en una forma u otra, esta parte del proceso es conocida como presentación de la información.

La salida de la información debe estar de acuerdo con los resultados esperados por los clientes y usuarios, de tal manera que resuelva las necesidades de quienes la requieran en un momento dado; esta es una gran ventaja de los S.I.G. ya que serán el usuario o el cliente quienes deciden como necesitan la información; por esta razón, el estudio de los requerimientos de los usuarios actuales y futuros, sirve para definir que equipo se deberá tener en el momento de implantar el S.I.G. de acuerdo con los tipos de salidas prioritarias definidas en el modelo lógico.

No se puede perder de vista que en el marco de los S.I.G. la mayoría de los productos que se representan como salidas, son el resultado de algún tipo de análisis o procesamiento y por lo tanto para determinar los productos que presentarán se deben tener en cuenta criterios generales como:

1. Necesidades de los usuarios
2. Información necesaria para suplir las necesidades
3. Preparación de datos disponibles en la Base de Datos
4. Definición de pasos y funciones que se deben seguir para obtener el producto.

Al analizar los tipos de presentación de la información, se debe tener en mente que, los mapas son el objetivo final de la cartografía automatizada, pero con respecto a los S.I.G. solamente son una de las alternativas posibles que se le brinda al cliente para obtener la respuesta a sus requerimientos.

Normalmente los resultados se pueden presentar:

- En la pantalla o terminal gráfico, que es el método más rápido de visualizar la respuesta gráfica o alfanumérica a una inquietud; si está conectada con una unidad de impresión, la información puede presentarse como mapa o reporte.
- Los mapas, graficados por medio de un plotter, presentan varias ventajas por cuanto son los clientes quienes deciden según sus necesidades, que objetos desean en ellos y la escala en la que quieren la información, con la posibilidad de visualizar el trabajo previamente en la pantalla.
- Tablas y reportes impresos, elaborados específicamente de acuerdo con lo que solicite el interesado.
- Información en medio magnético (cinta, disco, etc.), esto garantiza que las personas o entidades que busquen la información puedan definir en que tipo de material, desean llevar lo que requieran.

Las anteriores posibilidades de representación, se deben definir en el proceso de diseño de lo que será el sistema, esto permite que los clientes más constantes del S.I.G. den la pauta de los instrumentos de salida que se deban adquirir y permitan desarrollar menús de consulta, para todas las que se presentan mayoritariamente, con lo que se ganará gran agilidad a la hora de responder a sus necesidades.

Al implementar un sistema de las magnitudes delineadas en este texto, no se puede perder de vista que las personas que estarán consultando la información no serán ningunos expertos en sistemas y por lo tanto, deben diseñarse **menús de consultas** que les faciliten esta tarea. En concordancia con la anterior frase, para que un sistema cumpla en forma completa su función, se deben desarrollar los llamados menús de consulta que serán el medio de comunicación entre el S.I.G. y los usuarios.

Un menú debe ser simple y efectivo, para garantizar una consulta rápida y eficiente, con sencillo procesos de selección de posibilidades indicándole al cliente la manera de efectuar su escogencia; utilizando el lenguaje común y corriente, sin pensar en la forma

en que es escrito para el computador; este aspecto debe ser considerado como parte fundamental al tiempo de diseñar el S.I.G.

Dentro de los S.I.G. un aspecto importante es el intercambio de datos e información entre sistemas que permita ahorrar esfuerzos al compartirlos, para esto se deben desarrollar dos puntos técnicos:

9. INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES

La información que describe los elementos del paisaje, es utilizada diariamente por infinidad de empresas y personas que manipulan datos referentes al recurso tierra en muchas actividades; a la par con lo anterior, los volúmenes de datos capturados van creciendo día a día y la necesidad de compartirlos se hace cada vez más urgente. Hacia el futuro, el proceso de captura de datos en formato digital pasara a un segundo plano y la transferencia de información estará al frente como actividad primordial en el campo de los S.I.G.

Para garantizar que lo anterior sea una realidad y se pueda compartir eficientemente la información, se requiere de una Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (INDE) que se define como “ un conjunto de tecnologías, políticas, estándares y recursos humanos tendientes a impulsar o mejorar el uso de la información espacial así como los procesos de captura, almacenamiento y distribución de dichos datos”.

Para conformar una infraestructura de estas características, se requiere inicialmente de:

- Definición de Metadatos
- Definición de estándares de información
- Implementación de Sistema de Información al usuario (Clearinghouse)

9.1. METADATOS

Normalmente, las personas manipulan información espacial usando mapas que contienen leyendas, fechas de toma de fotografías, fecha de restitución, etc., esos datos que describen aspectos importantes del contenido del mapa no son otra cosa que metadatos o información acerca de los datos o de los procesos seguidos para generarlos o actualizarlos.

En general, los metadatos documentan la información desde su origen y proveen terminologías comunes y definiciones para los elementos espaciales como nombres de los objetos y sus componentes. Lo central de los metadatos es identificar que datos

existen y cuales son las características de calidad que tienen para ser usados en diferentes aplicaciones específicas.

Cada una de las empresas que produzca información espacial, debe documentar sus datos principalmente para lograr los siguientes objetivos:

Homogenizar los datos internamente en la empresa.

Brindar información sobre los datos que la organización mantiene.

Definir los parámetros para procesar e interpretar los datos recibidos por transferencia.

Brindar una descripción detallada de los datos para que los usuarios los conozcan.

Proveer información para catalogar los datos e introducirlos en la red de información al usuario.

La documentación sobre los procesos que se realizan en una empresa, es tan importante que si estos no existen y se encuentran solo en la mente de las personas, la ausencia de alguien puede entorpecer las actividades. Una buena descripción del contenido y precisión de los datos es vital para aumentar el buen uso de parte de los clientes.

En lo fundamental, la información requerida para desarrollar los metadatos está disponible en las empresas desde el momento mismo de la captura de los datos y en la medida en que se depuran servirán para mejorar los procesos tanto de captura como de manipulación.

En general, los metadatos deben contener al menos la siguiente información:

- Identificación del elemento y sus componentes.
- Calidad de los datos
- Referencia espacial
- Tiempos
- Distribución

En un contexto nacional, los metadatos se definen como ayuda a la empresa y a los usuarios que encontrarán información sobre:

- Qué datos tiene la empresa
- Qué características tiene el dato
- Como se encuentra

- Donde se encuentra

Pero la información espacial se encuentra diseminada en muchas empresas y todas requieren definir sus metadatos y para que el cliente no tenga que tratar con una variedad grande de formatos, lo recomendable es estandarizar las metodológicas para desarrollarlos.

9.2. ESTANDARES.

La información que describe el paisaje, es capturada y procesada por diversas empresas con intereses diferentes, necesidades diferentes y desde puntos de vista diferentes. Pero los objetos que conforman ese paisaje son únicos, reales y con una condición muy importante: son elementos espaciales.

Día a día aumentan las aplicaciones que utilizan los datos espaciales al igual que los usuarios, pero la información más usada se constriñe a unos temas específicos que han sido capturados y manipulados sin mucha coordinación; de esa manera, mientras aumenten el uso de la información espacial y los usuarios con requerimientos específicos, las necesidades fundamentales giran en torno a los mismos temas.

Para hacer que la información espacial sea presentada en forma lo más homogénea posible, se hace necesario que las diferentes empresas usen “lenguajes” similares al representar de alguna manera los fenómenos. Para lograr lo anterior, se definen los Estándares para la información espacial que pueden llevar a que los productores por medio de acuerdos, decidan utilizar ese lenguaje común para describir los elementos que conforman ese paisaje.

Los estándares se desarrollan para los elementos y sus atributos tanto para la captura, almacenamiento y procesamiento como para su automatización, la respuesta mínima que se espera de este proceso es:

- Proveer definiciones comunes para la información de tal manera que se facilite su uso, conocimiento y automatización.
- Homogenizar los atributos y sobretodo los valores que estos puedan tomar.
- Homogenizar los procesos para las operaciones de captura, almacenamiento y presentación de la información.

Lo que se tiene que estandarizar es la información preferida a elementos, atributos y procesos; los modelos normalmente no deben ser objeto de estandarización ya que la

realidad que se modeliza por medio de una abstracción, es diferente para cada empresa. Los estándares se aplican a la información que se presenta en diferentes tipos de documento pero estos en si no se deben estandarizar.

Como antesala de los estándares de información, es básico que se establezcan los llamados metadatos de las diferentes empresas que han de participar en su elaboración. Como se trata de llegar a acuerdos sobre diferentes aspectos acerca de la información, las metodologías para desarrollar los metadatos también deben ser objeto de estandarización para facilitar los acuerdos y que los usuarios encuentren las documentaciones que describen los datos en formatos similares.

9.3. SISTEMA DE INFORMACIÓN AL USUARIO (DATA CLEARINGHOUSE)

En la comunidad cada vez mayor de usuarios de la información espacial, se tiene una carencia de medios que ayuden a conocer qué dato existe, dónde existe, que pasos seguir para obtenerlo y cómo transferirlos; para facilitarle la vida a las empresas y los clientes, evitando que tengan que deambular averiguando por el lugar donde están los datos y su documentación, se requieren que las empresas productoras de información faciliten la búsqueda poniendo a disposición sus metadatos en un sistema de información para el usuario que lo guíe.

Ese sistema de información al usuario (Data Clearing House) le garantiza a los interesados en la información espacial la posibilidad de encontrar un inventario de los datos existentes, sus características y la forma como pueden ser obtenidos. Cada productor de información espacial debe poner a disposición de los usuarios sus metadatos en un medio electrónico con lo cual se ayuda no solo al conocimiento de dónde se encuentran las cosas, si no a que las empresas compartan esfuerzos dándole un impulso al uso de los datos.

El sistema puede ser definido como una red de datos espaciales distribuida conectada electrónicamente y que pueda ser accesada por medios de comunicación como Internet. Con esto, los usuarios podrán ubicar rápidamente los datos que necesiten para sus aplicaciones específicas y evaluar si cumplen o no con sus requerimientos.

En general, con el sistema de información al usuario se pretende contestar las preguntas que estos se hacen diariamente sobre:

Donde está que dato

Quien tiene el dato

Cual es la forma más rápida y barata para obtener el dato.

9.4. INFRAESTRUCTURA NACIONAL DE DATOS ESPACIALES.

Al acumularse la información en grandes volúmenes y aumentar diariamente la cantidad de usuarios de la información espacial, apareció también la necesidad de compartir datos almacenados en diversas bases de datos y evitar al máximo la duplicación de procesos y esfuerzos; con esto nació el objetivo de encontrar la forma de proveer un acceso a la información estando almacenada en diferentes empresas y sistemas para permitirle a los usuarios combinar datos de múltiples fuentes.

La Infraestructura Nacional de Datos Espaciales es diseñada para crear una red nacional de bases de datos conectadas que le garantice a los usuarios el acceso y uso de los datos espaciales. El principal objetivo de la INDE es servir de soporte informático tanto a las empresas públicas como privadas y usuarios en general garantizándoles una mayor eficiencia, asegurando de esa forma acceso amplio a la información a toda la sociedad.

Para lograr el establecimiento de la INDE, se requiere al menos resolver cuatro condiciones específicas:

- . Políticas
- . Administrativas
- . Organizativas
- . Técnicas

Como aspectos fundamentales para alcanzar estas metas se deben lograr:

Llevar la idea de la INDE hasta el más alto nivel aprovechando el comité de estandarización que se encuentra trabajando en el momento.

Lograr una comunicación permanente entre las empresas productoras de información espacial y adelantar discusiones para compatibilizar metodologías y conceptos.

Las empresas que producen información básica (como cartografía básica y catastro) deben garantizarla de forma continua.

Como pasos previos, se tienen que finalizar los Metadatos, Estándares y el Sistema de información al usuario.

Mirando hacia el futuro, lo esperable es que se comience a hablar de Infraestructuras Globales de Datos Espaciales (IGDE) que permitan compartir y consultar datos entre naciones y usuarios allende los mares.

Idealmente los estándares deberían estructurarse obedeciendo el esquema mostrado en la figura 23.

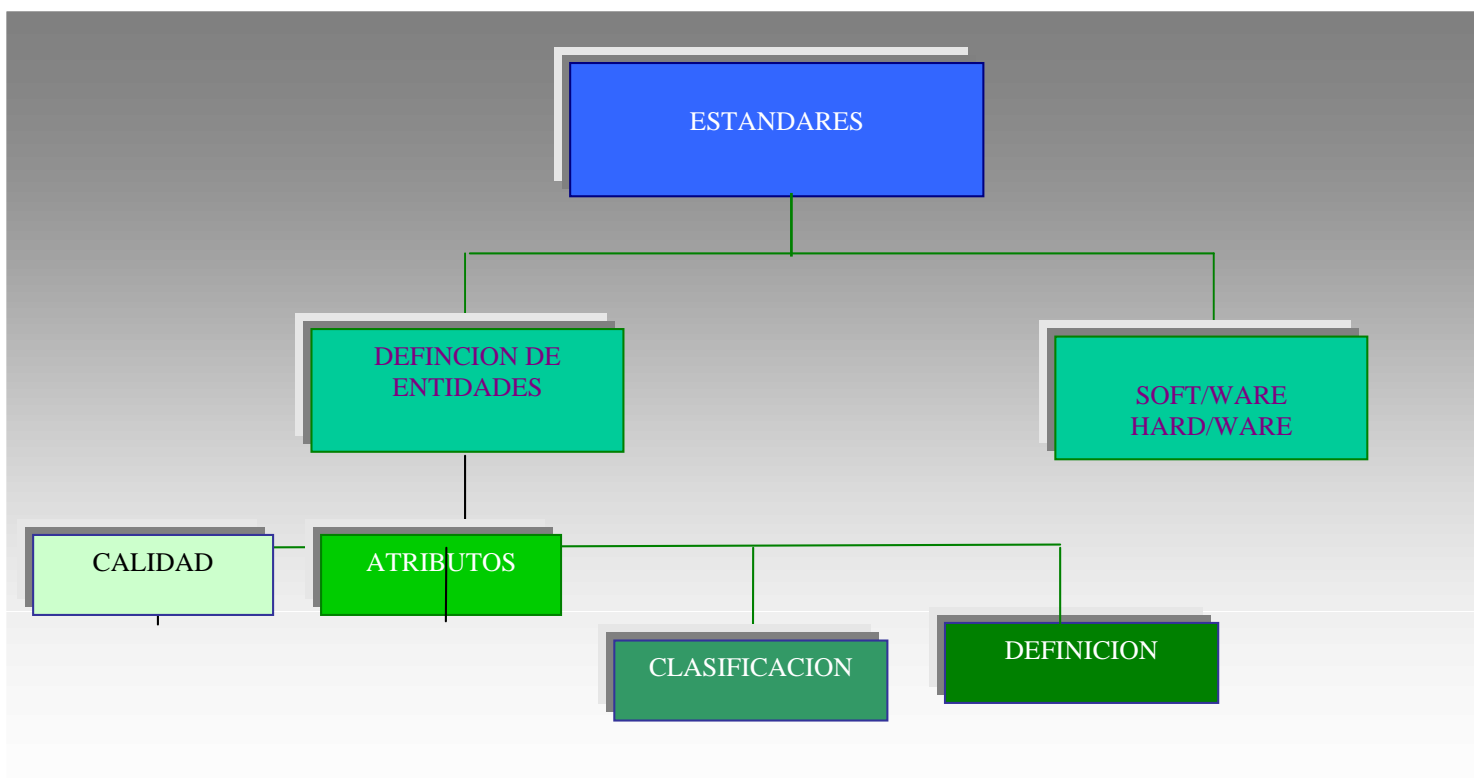


Figura 23. Estructura de los Estándares



Los estándares se deben

Diccionario de datos

de lo más general hasta llegar a lo más

específico:

- Establecer códigos para la cartografía básica topográfica de uso general, los cuales constituyen los estándares de partida.
- Definir los símbolos con que serán representados los diferentes elementos cartográficos.
- Desarrollar el diccionario de datos con todos los códigos y símbolos que se puedan llegar a utilizar por cualquiera de las empresas que comparten la información.
- Definir códigos y símbolos para la información temática.
- Desarrollo y establecimiento de estándares para efectuar la transferencia e intercambio de datos.

De este proceso, se obtienen en líneas generales, las siguientes ventajas:

- Facilidad para transferir aplicaciones
- Establecimiento de redes de información.
- Disminuir costos en el desarrollo de diversos programas para adelantar las actividades.
- Garantizar la integridad de los datos, permitiendo la verificación de los procesamientos, calidad y precisión de los mismos.

Elevar la eficiencia y productividad.

Ahorro de recursos y tiempo en el momento de la captura y actualización de los datos.

- **Para los clientes y usuarios:**
- Acceso a diversos S.I.G. que manejen información complementaria
 - Facilidad para obtener datos relacionados aunque estén en diferentes empresas.

- Agilidad en la actualización de los datos.
- Elevar la capacidad de respuesta para requerimientos.
- Los lineamientos generales se muestran en la figura 45.

Los estándares se pueden agrupar en:

Los que son establecidos por la industria y los desarrollados internamente por las empresas o comités inter-constitucionales, estos garantizan responder completamente a la realidad y condiciones propias del país o región en que esté desarrollando el S.I.G.

10. LOS FORMATOS DE INTERCAMBIO

Dependen en gran medida de los estándares para que la información pueda ser compartida por varios S.I.G. ya que se están usando códigos y símbolos similares para clasificar y representar los mismos objetos.

Los formatos deben tener al menos las siguientes características:

- Ser lo más simple posibles
- incluir métodos para detectar errores.
- Permitir la transferencia de diferentes tipos de datos.
- Tener la flexibilidad para posibilitar la transferencia de solo una parte de los datos, en caso de actualizaciones.

Las bases para desarrollar los formatos de intercambio son:

- Los estándares usados
- La definición de entidades, relaciones y atributos.
- La calidad de los datos e información
- Sistemas de coordenadas y escalas.
- Códigos y símbolos
- Geometría de los objetos.

Los formatos deben posibilitar tres niveles de intercambio:

- Para la parte gráfica solamente; cuando se transfiere la información gráfica de los objetos, para esto existen formatos internacionales que garantizan una buena transferencia como: GKS, PHIGS, DXF, DLG, que son comunmente usados por la mayoría de los de los sistemas. Al transferir objetos de un sistema de cartografía automatizada a un S.I.G. no se puede olvidar que, estos no tienen estructuración y por lo tanto tiene que ser estructurados una vez transferidos para crearles la topología.
- Para transferir la información de atributos; tampoco representa mayor grado de dificultad aunque los datos deben convertirse a código ASCII o DBF, etc, y seguidamente, estructurarse en la base de datos que se maneje en el S.I.G. al que se traslada la información.
- Transferencia de toda la información en este caso se tiene el mayor grado de dificultad por que se trata de datos gráficos y alfa-numéricos y sus relaciones, normalmente el mayor inconveniente proviene de la parte de los atributos.

Estas interfases de intercambio, pueden ser adquiridos en el mercado o desarrollados internamente por las empresas envueltas en el proceso.

11. PAUTAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La implementación de un SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA no es un trabajo sencillo, involucra tomar decisiones de las cuales van a depender el futuro de la entidad y de las personas o empresas que usen la información que se producirá con esta herramienta; en cualquier caso, es clave partir de que dicho trabajo depende fundamentalmente de las personas involucradas u no de las máquinas o los programas.

De acuerdo con el marco conceptual y las guías definidas por la UNESCO para el establecimiento de un S.I.G. (E. DE MAN. 1984), se marcan ciertos puntos que indican un buen derrotero para encarar la tarea.

- Clase de usuarios y sus requerimientos
- Cobertura que tendrá el sistema.
- Selección de los componentes técnicos
- Aspectos financieros
- Análisis del personal disponible y su capacitación.
- Aspectos organizativos.

Estas pautas generales, enmarcan las diversas actividades que se deben desarrollar, sin que esto signifique, que se deba seguir dicho orden o que sea un marco cerrado al

que no se le puede introducir nuevos pasos; en la figura 24 se presenta un diagrama de flujo de las actividades que normalmente se siguen hasta culminar con la puesta en marcha de los S.I.G.

- **Análisis de los datos y flujos de información dentro de los diferentes procesos que se desarrollan en la entidad;** se debe efectuar un estudio detallado sobre las actividades y sus componentes, para sintetizar los procesos actuales y futuros y su interacción con los datos que se utilizan y hacia donde fluye la información. De estos resultados, se puede definir el modelo funcional que se sigue dentro de la entidad y de allí se definirán las entidades con sus atributos y relaciones que organizarán en los modelos conceptual y lógico (ver capítulo cuarto).
- **Requerimientos de los usuarios:** el punto de partida para diseñar el sistema tiene que buscarse en las necesidades de los usuarios y clientes permanentes de la información en la actualidad y los posibles que en el futuro harán uso de ella, por las ventajas de esta tecnología. Esta etapa del análisis es complementaria con la primera, ya que de ambas se determinan las necesidades que definirán el S.I.G.
- **Diseño de modelos;** con estos datos procesados y los flujos de la información analizados se inicia la definición de un modelo funcional que muestra como se deben organizar los costos y desarrollar las actividades dentro del sistema de información; partiendo de estas bases, se puede esperar que al iniciar la etapa de diseño, se cuente con los modelos conceptual y lógico que son la base para adelantar las tareas de implementación del S.I.G.
- **Cobertura del Sistema;** las actividades que se van adelantar se organizan partiendo de los tipos de información que se van a brindar en la etapa de producción, esto debe verse desde el punto de vista de clase y cantidad de datos manejados para determinar la magnitud de lo que estará inicializando.
- **Análisis del personal y su capacidad;** siendo el componente sobre el que recae el funcionamiento del sistema, la entidad debe garantizar que cuente con el personal debidamente capacitado para diseñar y desarrollar todas las actividades que se vayan a adelantar; la capacitación se hace por necesidades y etapas, de manera que, al iniciarse el trabajo se cuente con el personal suficiente para esta primera parte.

Los diferentes niveles, tienen que tener personal capacitado para realizar el trabajo desde el operativo y técnico, hasta el profesional y directivo, para garantizar así, que se cuenta en cualquier caso con los elementos preparados para encarar cada tarea; pero la preparación no puede tomarse como algo estático y que resuelve un problema ocasional, sino, como un proceso permanente que se debe estar alimentado permanentemente.

Es conveniente recalcar que el desarrollo de un S.I.G. no es un trabajo de un “genio” sino, de un equipo multidisciplinario que marche en forma sincronizada, en que cada especialista cumple un papel específico, pero, en un trabajo de equipo.

- **Aspectos organizativos:** de esta parte depende todo el andamiaje que se estará haciendo andar; el problema no se resume en comprar equipos y programas y preparar unos técnicos, lo principal es que se cuente con la voluntad directiva para brindar un apoyo irrestricto al cambio y la modernización de las labores, sin olvidar que, con los S.I.G. no se van a terminar los problemas diarios e incluso en los primeros tiempos estos se pueden aumentar y solamente con una organización fuerte se podrán minimizar y sacar un pronto proyecto de la inversión.

La realidad muestra que las inversiones serán bastante grandes y el compromiso de las directivas de la entidad enorme, por cuanto, el cambio desde los métodos convencionales es gigantesco; la modernización al pasar de unas actividades manuales a unas digitales, implica un salto mental que sacuda los diferentes niveles de la entidad, comenzando desde la cabeza y que involucre a todos los que en ella actúen.

- **Selección de los componentes técnicos;** con los análisis de los modelos que se han desarrollado y el tipo y clase de datos que se deben manejar, se pasa a la selección de los componentes técnicos del sistema: equipos y programas que han de ser adquiridos. Estos componentes deben responder a todos los presupuestos definidos por la entidad tanto en aspectos técnicos y mecánicos como los de mantenimiento y garantías.

- **Entrenamiento de personal;** una vez adquirido los equipos y programas, se requiere de una capacitación específica de ellos por parte de la empresa vendedora y definir lo referente a las asesorías que se consideren pertinentes.
- **Diseño y desarrollo del proyecto piloto;** en esta etapa se va a probar las bondades de los equipos y programas adquiridos y de los modelos que se elaboraron en la preparación general; este proyecto se debe adelantar usando lo que se adquirió y tratando de desarrollar todos los casos que normalmente se presentan en la realidad, para resolver todas las inquietudes que se tengan y que garanticen que en el futuro, se pueda adelantar cualquier proceso; se deben usar datos reales, de los que son manejados en las labores diarias.

Como se va a producir información variada, proveniente de datos de diversas fuentes, que será utilizada por muchas personas, se tiene que garantizar que se cuente con unos formatos estándares para que se puedan ver lo mismo en cada información y el personal involucrado este hablando dentro de los mismos parámetros.

Normalmente, al iniciar el diseño del proyecto piloto, se buscan respuestas a preguntas tales como: que se debe obtener, que se va a hacer, como se va a hacer con que herramientas y cual personal va a intervenir en el trabajo.

Al finalizar el proyecto piloto, se deben tener soluciones ciertas y lo más precisas posibles a las inquietudes y haber constatado que los modelos se pueden desarrollar y cumplen los requerimientos; en caso de detectarse fallas, se efectúan los ajustes y se puede contar con la asesoría definida previamente, de esta manera se prepara el terreno para la implantación del S.I.G.

- **Implantación;** al tiempo que se realizan los trabajos dentro del proyecto piloto, se deben preparar todos los materiales necesarios para la puesta en marcha del sistema, con esto se logra que el paso de lo experimental a lo operacional no sea demasiado lento ni tardío; también se irán adelantando los trabajos de

adecuación de infraestructura requerida para el montaje de los equipos, y al mismo tiempo, se harán los ajustes administrativos del caso.

Los pasos que se deben seguir al implementar un S.I.G., se muestran en la figura 46.

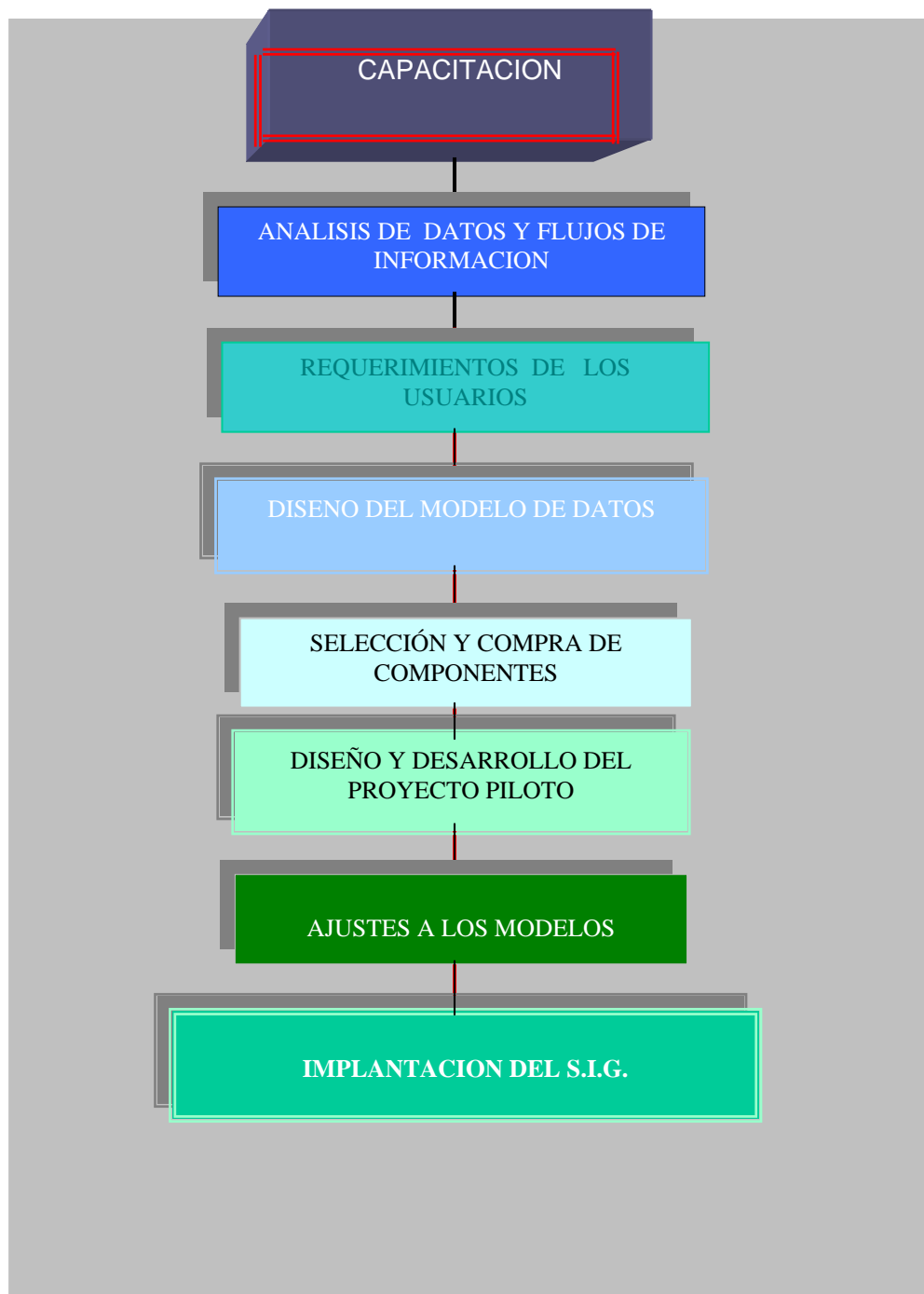


Figura 24. Etapas en el diseño e implementación de un S.I.G.

Las tareas de producción son lentas por cuanto no inician hasta no haber capturado los datos necesarios para comenzar esa etapa; las zonas a trabajar deben ser seleccionadas para garantizar un buen proceso de implementación. Este es un trabajo que no termina y se va desarrollando y actualizando con los días, por esto se tienen que ir efectuando los controles de calidad y haciendo los ajustes que se requieran.

Otro aspecto que debe ser preparado en este período es el referente a la metodología que será usada para explicar a los clientes y usuarios el manejo de los menús de consulta que le permitan extraer su información.

Hasta hace relativamente pocos años, los S.I.G. eran manuales (caso de catastros) y jugaron un papel preponderante aunque luchando con las limitaciones de tiempo, costos y capacidad de manipulación de la información; los S.I.G. en el sentido moderno de la expresión son computarizados. En el caso de los Catastros multipropósito, estos son lo más cercanos a la definición de Sistemas de Información de Tierra (S.I.T) y lo que se puede lograr con aplicarles esta herramienta moderna, es vital para la mejor utilización de la información tanto en los países desarrollados como en aquellos en vías de lograrlo.

La manipulación digital de los datos catastrales posibilita un acceso rápido y la extracción de un alto volumen de información gráfica y alfanumérica, usando nuevos métodos de presentación que ampliará el número de usuarios y los beneficios obtenidos por la sociedad en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ALDERS.IR H.J.G.L. Land Information System: Data Theory The Netherlands. Technical University Dift 1988.
- (2) ALEXANDROFF, PAUL. Elementary Concepts of topology New York. Dover Publications. 1961.
- (3) ARTIN. E; BRAUN.H. Introduction to Algebraic Topology. Ohio, Charles e. Merrill, 1969.
- (4) BURROUGH,P A. Principles Of Geographical Information Systems for Land Resource Assesment. Oxford, Clarendon, 1989.
- (5) DALE.F. F. PETER; MCLAUGHLIN D. JOHN. Land Information mangement. Oxford. Clarendon. 1988.
- (6) EGENHOFER. MAX J; FRANK ANDREW. Objet Oriented Modelling; A Powerful Tool for G.I.S. U.S.A. University Of Maine..
- (7) HOWE, D.R. Data Analysis for Data Base Design. Edward Arnold, Leycester Polytechic. 1988
- (8) MAKAROVIC, B. Automated Production of DTN data using Digital Off Line techniques. ITC Journal, 1984-2
- (9) MARBLE, D.F. Geographic Information System and Land Information System; Differences and Similites. F.I.G. Comm III, Edmonton. 1964
- (10) MARTINEZ, YOVANNY A. Presente y Futuro de los SIG, EPI-SENSOR, Universidad Distrital 1996.

- (11) MARTINEZ MARTINEZ, YOVANNY A. Implementación del modelo de datos del IGAC a nivel urbano, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía De Mejico, número especial 1996.
- (12) MARTINEZ MARTINEZ, YOVANNY A. Infraestructura Nacional de Datos Espaciales. Revista CIAF, 1997
- (13) MARTINEZ MARTINEZ, YOVANNY A. Evolución Histórica y Futuro de los Análisis Espaciales en los SIG. Revista Cartográfica, 1998.
- (14) MENKE, K. Review of Standads for Cartographic Data Exchange. Stuttgart Universitu. 1986.
- (15) MOOLENAR, MARTIEN. FRISTSCH, D. Cobined Data Structures for Vector and Raster Representation un Geographic Information System. Jahrgang 4, Delff 3/1991
- (16) MOOLENAR, MARTIEN, Towards a Geographic information Theory, ITC Journal. 1981-1)
- (17) NILSOON, N. Principles of Artificial Intelligence. Tioge, Palo Alto California. 1980.
- (18) RADWAN, M.N. Digital Mapping and Topographic Data Base. ITC. 1990.
- (19) PASCOE, G.A. Elements of Object – Oriented Programing. 1980
- (20) SEMINAR ON PHOTOGRAMETRY AND LAND INFORMATION SYSTEMS. Lausana. Suiza, 1989.
- (21) SPANIER, EDWIN H. Algebraic Topology. Mew/Your. McGraw Hill
- (22) ULMAN, JEFFERY D. Principles ot Data Base and Knowledge Base Systems, Vol 1. Maryland. Computer Science, 1989.
- (23) UNITED NATIONS AG HOC GROUP OF EXPERTS (1973). Cdastral. Cartographic Conferencie for Asia and the far West.