

PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Módulo II Introducción a los SIG

Ing. Indalecio Fructuoso Bezos Cibulsky

ibezos@gmail.com

Ing. Eric Retamosa

ericretamosa@gmail.com

SANTA FE, SEPTIEMBRE 2008

TEMARIO

Objetivos del módulo II	3
Introducción	
Definición de SIG.....	4
Primeros SIG.....	4
Funcionalidad de los SIG.....	5
Potencialidades de un SIG.....	6
Aplicaciones en el ámbito de la Administración Pública.....	6
Aplicaciones de carácter socioeconómico.....	7
Aplicaciones en el campo medioambiental.....	7
Aplicaciones en el campo de las utilities.....	7
Otros campos de aplicación.....	7
Los SIG en Internet.....	7
Conceptos Básicos.....	9
Componentes de un SIG	10
Equipos (Hardware).....	10
Programas (Software).....	10
Datos.....	10
Recurso humano.....	10
Procedimientos.....	10
Modelos Espaciales.....	11
Formato RASTER.....	11
Formato VECTORIAL.....	11
coordenada	12
punto.....	12
línea.....	12
polígono.....	12
Representación de la información.....	12
Organización de la Información de los objetos.....	13
Tipo de Datos.....	13
Atributos gráficos.....	13
Atributos no gráficos.....	13
Relaciones entre objetos.....	14
Relación entre Objetos y sus Atributos.....	14
Sistema de coordenadas.....	14
Proyecciones.....	14
Base de Datos Geográfica.....	15
Introducción a Base de Datos.....	16
Conceptos generales.....	16
Ventajas.....	17
Estructura.....	19
Tablas.....	19
Tipos de datos.....	20
Relaciones.....	21
Lenguaje SQL.....	22
Archivo de formas (Shapefile).....	25
Bibliografía.....	26

Objetivos

- ☞ **Que el alumno comprenda los fundamentos de los SIG, en el marco de los Sistemas de Información.**
- ☞ **Que el alumno comprenda las estructuras y modelos de datos espacializados.**

INTRODUCCION

Definición de SIG

Al igual que la propia geografía, es difícil definir el término Sistema de Información Geográfica (SIG) ya que engloba la integración de áreas muy diversas. Por esto no existe una única definición de SIG totalmente consensuada (deMers, 1997) algunas definiciones de SIG recogidas por Gutiérrez y Gould (1994) son:

- CEBRIÁN (1988): “Una base de datos computerizada que contiene información espacial”.
- GOODCHILD (1985): “Un sistema que utiliza una base de datos espacial para generar respuestas ante preguntas de naturaleza geográfica”.
- ARONOFF (1989): “Un conjunto de procedimientos manuales o computerizados usado para almacenar y tratar datos referenciados geográficamente”.
- BURROUGH (1986): “Un potente conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y presentar datos espaciales procedentes del mundo real”.
- NCGIA (1990): “Sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión”.
- STAR y ESTES (1990): “Sistema de Información diseñado para trabajar con datos georeferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas”.

De estas definiciones podríamos interpretar erróneamente que un SIG es igual a una Base de Datos. Cebrián (1994) señala a este respecto las siguientes diferencias entre un SIG y un SGBD:

“En un SIG la información contenida en la base de datos puede ser diseccionada primariamente por localización espacial o por contexto”.

“En un SGBD los ítems serán espacialmente direccionables si, y sólo si, una correspondencia es definida entre las localizaciones geográficas y los registros de información (posiciones de memoria)”.

Para concluir diremos que no existe un acuerdo unánime sobre la definición de Sistema de Información Geográfica. Si bien la mayoría de los autores están de acuerdo en algunos términos, existen dos tendencias o visiones generales de este campo: una utilitarista en la que se tiende a pensar en los SIG como herramienta y otra finalista en la que se consideran un fin en sí mismo. Obviamente ambas concepciones dependen mucho de a qué se van a aplicar y del objetivo mismo del proyecto que se desarrolle.

Primeros SIG

Aunque los SIG se empezaron a generalizar a partir de la década de los 80, su gestación y desarrollo se remonta dos décadas atrás. Entre los años 1960 y 64 se desarrolló el *Canadian Geographic Information System* (C.G.I.S.), con el objeto de gestionar los bosques y superficies marginales de Canadá. Bajo una estructura *ráster* y vectorial³ que combinaba la cartografía con los datos necesarios para la gestión forestal, se realizaban estudios sobre volumen maderable, pistas de saca y, también, se realizaban los informes de explotación para la administración forestal del país. Este sistema ha ido evolucionando y sigue en uso en la actualidad.

Ian McHarg (también en la década de los 60) desarrolla su obra *Design with nature*, en la cual plantea la metodología SIG. Es un método manual (superposiciones transparentes de matrices binarias), con el cual formula el concepto de S.C.A. (análisis de capacidad /susceptibilidad) de gran importancia en el futuro desarrollo de las capacidades analíticas de estos sistemas. Este método presentaba diversos problemas tales como la imposibilidad de ponderar las variables (por su

carácter binario), su gran determinismo, y el aumento de la dificultad en su uso a medida que aumentaba el número de documentos a combinar.

Entre las décadas de los 60 y 70, y como aplicación y desarrollo de los conceptos de McHarg, tiene lugar el desarrollo de los SIG *ráster* o matriciales. En esta línea se desarrollan en el laboratorio de la Universidad de Harvard los sistemas SYMAP y GRID; y en la Universidad de Yale el *Map Analysis Package* (MAP) de gran trascendencia posterior. En general, se caracterizan por ser sencillos y económicos, aunque tienen un carácter grosero (sin capacidad para manejar atributos) y sólo son aplicables a espacios muy compartimentados. En esta época también se desarrolla el sistema DIME, que es el primero en contar con una topología completa.

Ya en los años 70 el laboratorio de Harvard desarrolla ODYSSEY, que es un SIG vectorial con superposición de polígonos mediante geometría coordinada.



Buena parte de los investigadores de estos laboratorios son los responsables del desarrollo y auge

en los años 80 de los SIG entendidos como productos industriales. Es el momento del avance de los SIG vectoriales (implantación de ARC/INFO por parte de ESRI).

En la actualidad asistimos a la consolidación del SIG como *industria*; caracterizado por una progresiva integración de sistemas *ráster* y vectoriales, y por el aumento de la importancia de las comunicaciones entre sistemas y de la *Interface* de usuario, así como por el uso de herramientas de programación tipo "visual" basadas en la metodología de "orientación a objetos" (OO)⁴. Los nuevos campos de innovación de los SIG son la integración en sistemas de soporte de decisiones, los llamados sistemas de sobremesa (divulgación de la cartografía y de la Información Geográfica),

los sistemas y servidores de información geográfica en red y distribuidos (Internet) y los llamados SIG móviles (aplicación de los SIG en el ámbito de la telefonía móvil).

Funcionalidad de los SIG

Existen al menos cinco argumentos básicos para la utilización de un SIG. Estos motivos son:

- ✦ Un SIG nos permite realizar *análisis vicariantes*, es decir, nos permite realizar comparaciones entre escalas y perspectivas emulando una cierta capacidad de representación de diferentes lugares al mismo tiempo.
- ✦ Un SIG nos permite diferenciar entre cambios cualitativos y cuantitativos; aportándonos una gran capacidad de cálculo.
- ✦ Un SIG nos permite gestionar un gran volumen de información a diferentes escalas y proyecciones.
- ✦ Un SIG integra espacialmente datos tabulares y geográficos junto a cálculos sobre variables (topología).
- ✦ Un SIG admite multiplicidad de aplicaciones y desarrollos; poniendo a nuestra disposición herramientas informáticas estandarizadas que pueden ir desde simples *cajas de herramientas* hasta paquetes *llave en mano*.

Por estos motivos, se puede afirmar que cada vez los SIG son una herramienta más imprescindible para todas aquellas personas que utilizan información geográfica.

Las dos respuestas fundamentales que un SIG contesta por medio de los mapas (según Cebrián, 1994) son:

- ✦ ¿Cuales son las características de las localizaciones incluidas en un área dada?
- ✦ ¿Cual es la distribución espacial de un cierto tipo de objeto?

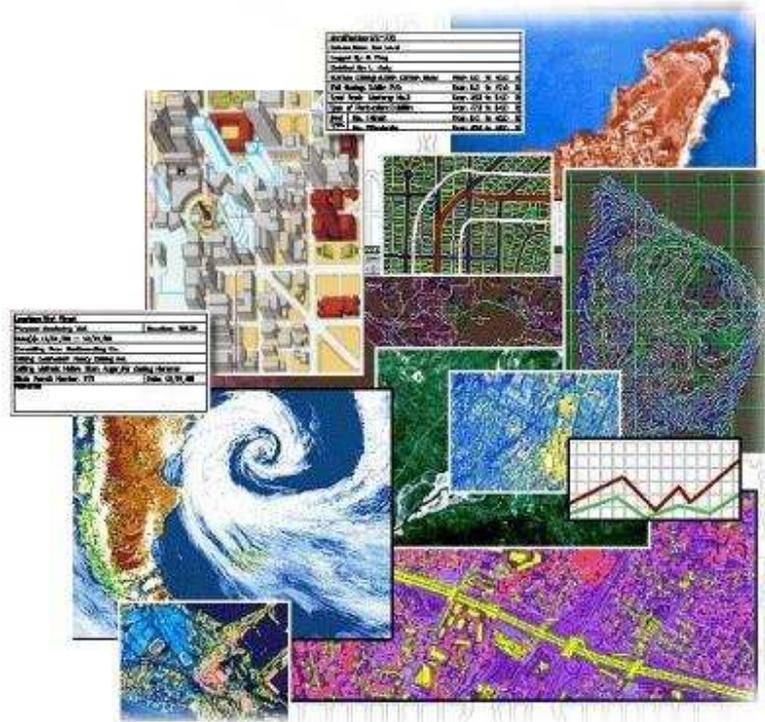
Potencialidades

Los campos de aplicación de los SIG son numerosos tal y como avanzábamos al principio de esta exposición. Deberíamos diferenciar en este apartado, y en primer lugar, qué entendemos como métodos de aplicación y qué entendemos como aplicaciones.

Existe una diferencia conceptual entre aplicación como desarrollo y aplicación como campo. Esta diferencia, que explicaremos acto seguido, puede dar lugar a confusiones a la hora de intercambiar criterios con otras personas de la industria SIG.

Entendemos como metodología de aplicación o aplicaciones aquellos desarrollos informáticos encaminados a la construcción de productos específicos para resolver un proyecto o proyectos concretos. Así por ejemplo una aplicación puede ser un programa que realice un cálculo de relaciones cruzadas y reiterativas entre entidades. También podríamos englobar en este apartado a aquellos métodos de diseño e implantación de un proyecto SIG.

También podemos entender por aplicaciones los diferentes campos de usos de los SIG. Así podríamos hablar de aplicaciones socioeconómicas, forestales, catastrales, etc. Son en éstas en las que a continuación entraremos.



Aplicaciones en el ámbito de la Administración Pública

Sin lugar a dudas la Administración ha sido el gran motor del desarrollo e implantación de los SIG. Ya lo veíamos en el apartado de historia y es evidente en el caso de nuestro país, donde la formación del nuevo catastro, y la adopción de esta tecnología, supuso el impulso definitivo a la implantación de estos sistemas.

Actualmente los SIG son una herramienta habitual en prácticamente todos los niveles de la Administración Pública. Desde la Administración Central hasta los Ayuntamientos pasando por

Gobiernos Regionales y Diputaciones, la mayor parte de los organismos vinculados de una u otra forma con la ordenación territorial, el medio ambiente, la gestión catastral, etc., han incorporado esta tecnología. En muchos casos los resultados no han sido muy brillantes o no se han producido todavía. Esto se debe en gran medida a la ausencia de un estudio previo del Sistema y a la escasez y falta de calidad de la información geográfica en formato digital.

Aplicaciones de carácter socioeconómico

Uno de los campos *privados* de aplicación que cuenta con mayor potencial de desarrollo es el de carácter socioeconómico. Aquí se incluyen aplicaciones del tipo de localización de servicios y negocios, análisis financieros y de mercado o gestión del patrimonio.

También se han lanzado campañas orientadas a hombres de negocios para aplicar SIG a la planificación y control de equipos de marketing. Desde hace unos años se ha puesto en boga el término Geomárketing que trata de englobar la aplicación de los SIG al estudio de mercados.

Aplicaciones en el campo medioambiental

Otro campo tradicional y frecuente de desarrollo de aplicaciones ha sido el Medio Ambiente. En él se enmarcan proyectos de gestión de riesgos ambientales, usos del suelo (CORINE-LAND COVER), gestión de Espacios Naturales (SINAMBA), control de la contaminación (SICAH), etc.

Frecuentemente se opina que el estudio del Medio Ambiente encaja mejor en la lógica de análisis de los sistemas ráster, esto es debido en gran medida a que los primeros sistemas ambientales se desarrollaron bajo este formato y a que los estudios medioambientales suelen utilizar variables continuas que se representan mejor en esos sistemas. No obstante, hoy en día muchos sistemas combinan ambas posibilidades, potenciando los estudios medioambientales con características de ambos métodos (vectorial y ráster).

Aplicaciones en el campo de las *utilities*

Otro campo de aplicación con un fuerte desarrollo es el de las utilidades (traducción literal del inglés *utilities*). Este suele incluir aquellos apartados referidos básicamente a redes de conducción de energía (gas, agua, electricidad...). En muchos casos ha tenido un desarrollo paralelo al de la ingeniería de cada especialidad, dándose productos específicos e independientes de los SIG de propósito general. En España se están llevando a cabo desarrollos en todos éstos.

Otros campos de aplicación

Lógicamente esta división de aplicaciones no se pueden considerar como compartimentos estancos, sino que son numerosas las que se podrían enmarcar en varios de ellos a la vez, o que no estarían directamente relacionadas con ninguno. Un campo de gran auge ha sido el de la educación y la investigación (en España numerosas universidades trabajan con estos sistemas); también hay aplicaciones relevantes como seguridad, controles de navegación, análisis electorales y un largo etcétera.

En definitiva, los SIG pueden aplicarse en todas aquellas tareas y proyectos con una componente territorial, como una base de integración multidisciplinar basada en el análisis de elementos geográficos.

Los SIG en Internet

Harder (98) afirma que Internet no cambia la naturaleza básica de los SIG, la pone "on line". Este autor pone de relieve la importancia que tienen los SIG en Internet donde "cada día millones de personas acceden a información geográfica". ¿Pueden los SIG aportar algo más que esa mera utilización o acceso a información de carácter geográfico?, indudablemente sí. Un SIG en Internet puede utilizarse para localizar servicios, buscar rutas y direcciones, publicar Atlas electrónicos, notificar sucesos de características geográficas (inundaciones, terremotos...), acceder a Bases de Datos de Organismos Públicos tales como censos, realizar aplicaciones de seguridad como análisis geográficos de criminalidad, realizar análisis demográficos, utilizar datos procedentes de la

teledetección, visualizar condiciones medioambientales... Todas estas aplicaciones responden a servicios de SIG en Internet que ya existen en la actualidad y que cada día son demandados por más personas. La tendencia es a implicar estas herramientas en una especie de uso cotidiano de la información geográfica encaminado a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos a través de las tecnologías de la información.

Harder también especifica cuales son en la actualidad las diferentes formas de funcionar un SIG en Internet:

La forma más simple serían aquellos mapas que sólo muestran localizaciones. En este caso el servidor web simplemente pone a disposición del usuario una imagen GIF o JPEG. Sería una aplicación estática como por ejemplo la localización de un servicio o infraestructura que no va a variar en mucho tiempo (un mapa del Ciemat por ejemplo).

<http://www.ciemat.es/imagenes/edificios/ed22.jpg>

Una pequeña complicación sobre el caso anterior serían los mapas que muestran cambios, donde el servidor actualiza automáticamente las imágenes cada cierto tiempo. Sería el caso de los servidores meteorológicos con imágenes Meteosat.

<http://www.elpais.es/p/d/20000727/espana/meteo.htm>

<http://www.anticiclone.com/NASApp/canalTiempo/index.jsp>

<http://www.inm.es/cmt/madr/index.html>

Un paso más adelante es cuando el usuario puede generar su propio mapa. En este caso ya tenemos un SIG por encima del servidor web, y a éste aceptando peticiones del usuario y sirviéndole mapas como respuesta. Es el caso de servicios del estilo del Instituto de Estadística de Andalucía donde a partir de las estadísticas y mapas almacenados podemos construir un mapa de aquellos municipios que nos interesan con una variable dada (por ejemplo los municipios de Almería con la densidad de población masculina en 1991).

http://www.iea.junta-andalucia.es/sima_web

Mapas producto de un análisis espacial como pueden ser búsquedas geográficas, condicionadas, etc.... Es el caso de páginas del estilo *páginas amarillas* o *visa* donde, por ejemplo, podemos encontrar todos los cajeros automáticos existentes en un radio dado a donde nos encontramos. La estructura es similar a la anterior pero con algún tipo de complemento en la parte de gestión y acceso a la BD por parte del SIG.

<http://www.paginas-amarillas.es/PAM4/CALLEJERO2>

<http://www.visa.com>

Mapas producto de un procesamiento de datos geográficos. El SIG en el servidor procesa o transforma los datos almacenados como respuesta a la petición del usuario. Por ejemplo, generando un MDT con un grado de elevación del Sol determinado para una zona dada. En este caso, el SIG situado sobre el servidor web ha de tener la capacidad de realizar las operaciones requeridas (por ejemplo análisis raster o tin).

Servicio de datos públicos. En este caso, el organismo pone a disposición del usuario sus datos geográficos con carácter gratuito para que éste pueda descargarlos y utilizarlos con el SIG de su propio ordenador. La estructura sería un repositorio de datos al que el usuario web lanza una petición devolviéndola en forma de datos para utilizar en su SIG local. Un buen ejemplo es el "extractor" de líneas de costa del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), del que se pueden descargar las líneas de costa de todo el Mundo a diferentes escalas y en diferentes formatos.

<http://crusty.er.usgs.gov/coast/getcoast.html>

Servicio de venta de datos. El objetivo es el mismo que en el caso anterior pero en este caso la empresa u organismo cobran por facilitar esa información. Esto implica que cuando se hace la petición al repositorio habrá que pasar previamente por un servidor de comercio electrónico.

Aunque en EE.UU. los datos públicos son gratuitos y son las empresas que cuentan con datos propios las que los venden, en general en Europa no suele suceder esto. En España, por ejemplo, venden datos geográficos tanto los organismos públicos como las empresas, aunque lamentablemente todavía no es posible en muchos casos utilizar un sistema de comercio electrónico.

<http://www.ordsvy.gov.uk/home/index.html>

La tecnología de servidores de mapas tiene su primer desarrollo en 1993 con el Xerox® PARC Map Viewer, servidor html que ya no está en funcionamiento. Los avances más recientes se están produciendo en la línea de estructuras cliente - servidor, SIG basados en la tecnología OO y SIG distribuido. En este sentido es interesante visitar la página web del Computer Resource Laboratory (CRL) del MIT (Instituto Tecnológico de Maschussets).

<http://gis.mit.edu>

El fenómeno Internet está marcando los desarrollos del mundo SIG. Junto a este desarrollo de Internet asistimos a otros avances interdependientes como son los SIG móviles y la interoperabilidad.

Como vemos, el mundo Internet supone una auténtica revolución en el uso masivo de la Información geográfica. Lamentablemente los recursos destinados a obtener esa información, a controlar su calidad y a fomentar la investigación geográfica no van en paralelo a este boom.

Conceptos Básicos

La información gráfica comprende datos sobre la superficie por encima y por debajo de la tierra, así como también la atmósfera de la misma; interpretaciones y explicaciones aplicados a dichos datos, y un marco organizacional para comprender la información. Comúnmente, la información geográfica es aquella que proviene de mapas, aunque el concepto abarca cualquier tipo de información que pueda ser posicionada sobre o relativa a la tierra. Puede ser obtenida a través de mediciones directas, observaciones in-situ, sensores remotos; para ser interpretada a través de la simulación o el análisis de datos. La información geográfica obtiene su significado tanto de aspectos espaciales como no-espaciales de los datos, ejemplo: "donde" y "que".

La disponibilidad de datos geográficos computarizados ha llevado a profundos cambios en cómo utilizar y comprender la información acerca de la tierra. La confección de mapas en su forma tradicional ha evolucionado en sistemas que ofrecen vistas de información dirigidas al usuario. Los principios de la cartografía son esenciales para la automatización satisfactoria de la información geográfica, los conceptos de abstracción, clasificación, definición e interpretación es igualmente aplicable a un sistema computarizado. Otros conceptos, tales como proyecciones y simbología han tomado nuevas formas.

Otras áreas de información geográfica han sido transformadas por la creciente automatización. Los datos obtenidos remotamente y las mediciones directas son frecuentemente adquiridos de manera digital, mientras que la fotografía aérea tradicional está siendo explotada mediante el uso de nuevas tecnologías de digitalización automatizada. Incluso la información no considerada tradicionalmente como geográfica, tales como reportes sobre una ubicación o filmación de un evento, son a menudo incorporadas en base de datos de información geográfica.

El valor más importante de la información geográfica computarizada consiste en la integración de orígenes y tipos de datos dispares. De hecho, éste es realmente el objetivo de GIS, proveer una estructura sistemática para gestionar complejas y diversas colecciones de información geográfica, así como las herramientas y funciones para visualizar, consultar, simular, etc. El concepto de GIS ha llevado a una nueva forma de pensar espacialmente. El análisis espacial va más allá de la simple recuperación de información, permitiendo explorar procesos y relaciones espaciales

Componentes de un SIG



Equipos (Hardware)

Es donde opera el SIG. Hoy por hoy, programas de SIG se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta computadores personales usados en red o trabajando en modo "desconectado" y grandes variedad de herramientas de campo, (estación total, GPS, libretas electrónicas).

Programas (Software)

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- ◆ Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- ◆ Un sistema de manejador de base de datos (DBMS)
- ◆ Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- ◆ Interfase gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.

Datos

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

Recurso humano

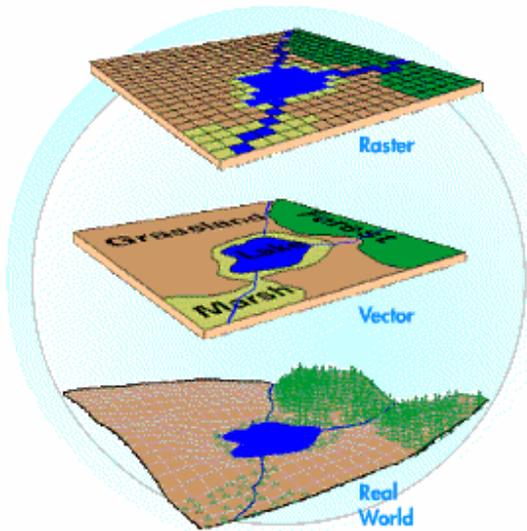
La tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema; Y que establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real.

Procedimientos

Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización.

Modelos Espaciales

La información geográfica con la cual se trabaja en los SIG. puede encontrarse en dos tipos de presentaciones o formatos: raster y Vectorial.



Formato RASTER

El modelo raster es un método para el almacenamiento, el procesado y la visualización de datos geográficos. Cada superficie a representar se divide en filas y columnas, formando una malla o rejilla regular. Cada celda ha de ser rectangular, aunque no necesariamente cuadrada. Cada celda de la rejilla guarda tanto las coordenadas de la localización como el valor temático. La localización de cada celda es implícita, dependiendo directamente del orden que ocupa en la rejilla, a diferencia de la estructura vectorial en la que se almacena de forma explícita la topología. Las áreas que contienen idéntico atributo temático son reconocidas como tal, aunque las estructuras raster no identifican los límites de esas áreas como polígonos en sí.

Los datos raster son una abstracción de la realidad, representan ésta como una rejilla de celdas o píxeles, en la que la posición de cada elemento es implícita según el orden que ocupa en dicha rejilla. En el modelo raster el espacio no es continuo sino que se divide en unidades discretas. Esto le hace especialmente indicado para ciertas operaciones espaciales como por ejemplo las superposiciones de mapas o el cálculo de superficies.

Las estructuras raster pueden implicar en ocasiones un incremento del espacio de almacenamiento, ya que almacenan cada celda de la matriz sin tener en cuenta si se trata de una entidad o simplemente de un espacio "vacío".

Tamaño y resolución de la celdilla/píxel:

Pixel es la abreviatura de las palabras "*picture element*". Es usada frecuentemente en teledetección para referirse a cada unidad de una imagen. En los SIG raster nos referimos a veces al pixel como la celda o el elemento base de una rejilla. El pixel/celda se refiere a la unidad mínima de información de una imagen o un mapa raster. Es el elemento más pequeño al que un dispositivo de visualización puede asignarle de forma independiente un atributo como es el color.

Tamaño del pixel y número de filas y columnas:

"El tamaño del pixel debe ser la mitad de la longitud más pequeña que sea necesario representar " Star and Estes (1990). A mayor tamaño de la celda, menor será el número de filas y columnas de la malla que cubre la superficie.

La captura de la información en este formato se hace mediante los siguientes medios: scanners, imágenes de satélite, fotografía aérea, cámaras de video entre otros.

Formato VECTORIAL

En el modelo de datos vectorial, los datos geográficos se representan en forma de coordenadas. Las unidades básicas de información geográfica en los datos vectoriales son puntos, líneas y polígonos. Cada una de éstas se compone de uno o más pares de coordenadas, por ejemplo, una

línea es una colección de puntos interconectados, y un polígono es un conjunto de líneas interconectadas.

coordenada

Pares de números que expresan las distancias horizontales a lo largo de ejes ortogonales, o tríos de números que miden distancias horizontales y verticales, o n-números a lo largo de n-ejes que expresan una localización concreta en el espacio n-dimensional. Las coordenadas generalmente representan localizaciones de la superficie terrestre relativas a otras localizaciones.

punto

Abstracción de un objeto de cero dimensiones representado por un par de coordenadas X,Y. Normalmente un punto representa una entidad geográfica demasiado pequeña para ser representada como una línea o como una superficie; por ejemplo, la localización de un edificio en una escala de mapa pequeña, o la localización de un área a la que una instalación da servicio en una escala de mapa media.

línea

Conjunto de pares de coordenadas ordenados que representan la forma de entidades geográficas demasiado finas para ser visualizadas como superficies a la escala dada (curvas de nivel, ejes de calles, o ríos), o entidades lineales sin área (límites administrativos). Una línea es sinónimo de arco.

polígono

Entidad utilizada para representar superficies. Un polígono se define por las líneas que forman su contorno y por un punto interno que lo identifica. Los polígonos tienen atributos que describen al elemento geográfico que representan.

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

Rasterización de datos vectoriales

Es el procedimiento a través del cual se convierten datos vectoriales (puntos, líneas y polígonos) a formato raster, formados éstos por celdas (píxeles) con un valor temático discreto en cada una. Es más sencillo que el procedimiento contrario, la conversión de datos raster a formato vectorial.

Vectorización de datos raster

Es el procedimiento que convierte una imagen formada por celdas en un archivo vectorial. Puede o no incluir la creación de topología.

Representación de la información.

La representación primaria de los datos en un SIG está basada en algunos tipos de objetos universales que se refieren al punto, línea y área. Los elementos puntuales son todos aquellos objetos relativamente pequeños respecto a su entorno más inmediatamente próximo, se representan mediante líneas de longitud cero. Por ejemplo, elementos puntuales pueden ser un poste de la red de energía o un sumidero de la red de alcantarillado.

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

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

Los objetos de tipo área se representan en un SIG de acuerdo con un conjunto de líneas y puntos cerrados para formar una zona perfectamente definida a la que se le puede aplicar el concepto de

perímetro y longitud. Con este tipo se modelan las superficies tales como: mapas de bosques, sectores socioeconómicos de una población, un embalse de generación, entre otros.

Organización de la Información de los objetos.

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

Una categoría queda representada en el sistema por el conjunto de archivos o mapas que le pertenecen.

Tipo de Datos

Se parte de la idea que un SIG es un conjunto de procedimientos usados para almacenar y manipular datos geográficamente referenciados, es decir objetos con una ubicación definida sobre la superficie terrestre bajo un sistema convencional de coordenadas.

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

A todo objeto se asocian unos atributos que pueden ser:

- ◆ Gráficos
- ◆ No gráficos o alfanuméricos.

Atributos gráficos

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

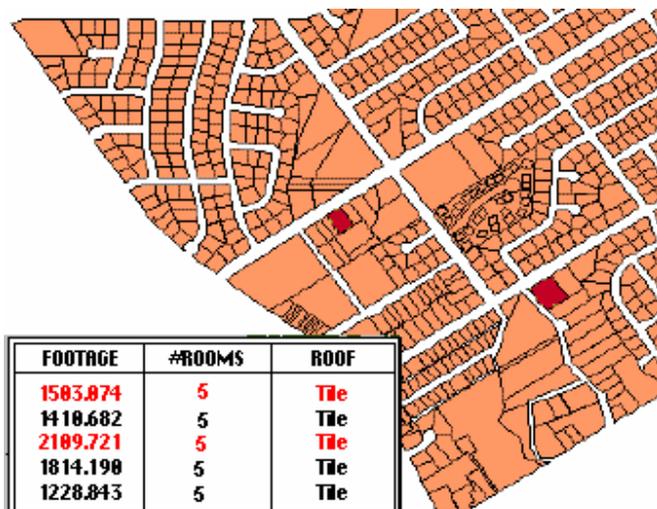
Ejemplos de una red de servicios:

- ◆ Punto: un poste de energía
- ◆ Línea: una tubería
- ◆ Área: un embalse

Atributos no gráficos

También llamados atributos alfanuméricos. Corresponden a las descripciones, cualificaciones o características que nombran y determinan los objetos o elementos geográficos. En el siguiente gráfico se observan los atributos gráficos y no gráficos que se encuentran asociados a los objetos representados.

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



Relaciones entre objetos.

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

Relación entre Objetos y sus Atributos

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

Los datos posicionales dicen donde está el elemento y los datos topológicos informan sobre la ubicación del elemento con relación a los otros elementos. Los atributos no gráficos dicen qué es, y cómo es el objeto. El número identificador que es único para cada objeto de la categoría es almacenado tanto en el archivo o mapa de objetos como en la tabla de atributos, lo cual garantiza una correspondencia estricta entre los atributos gráficos y no gráficos.

Sistema de coordenadas

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

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

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

Las coordenadas cartesianas son generalmente usadas para representar una superficie plana. Los puntos se representan en términos de las distancias que separan a dicho punto de los ejes de coordenadas.

En un SIG a través del índice es posible ver las categorías, por estas categorías se accede a los objetos y por los objetos se tiene acceso a los atributos gráficos y no gráficos que se almacenan en la base de datos geográfica. Los archivos o mapas que conforman una categoría se pueden cargar por cada usuario para atender sus necesidades. De igual manera puede hacer operaciones con objetos que pertenezcan a la misma categoría o a categorías diferentes. Estas operaciones pueden ser de tipo espacial (unión, intersección) o racionales (Continuidad, vecindad, proximidad)

Proyecciones

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

Toda proyección lleva consigo la distorsión de una o varias de las propiedades espaciales ya mencionadas. El método usado para la proyección será el que en definitiva nos permita decidir cuales propiedades espaciales sean conservadas y cuales distorsionadas. Proyecciones específicas eliminan o minimizan la distorsión de propiedades espaciales particulares. Las superficies de proyección más comunes son los planos, los cilindros y los conos, según el caso se exige la proyección azimutal, cilíndrica y cónica respectivamente.

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

Base de Datos Geográfica

La esencia de un SIG está constituida por una base de datos geográfica. Esta es, una colección de datos acerca de objetos localizados en una determinada área de interés en la superficie de la tierra, organizados en una forma tal que puede servir eficientemente a una o varias aplicaciones. Una base de datos geográfica requiere de un conjunto de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella tanto desde el punto de vista de su documentación como de su administración. La eficiencia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras. El vínculo entre las diferentes estructuras se obtiene mediante el campo clave que contiene el número identificador de los elementos. Tal número identificador aparece tanto en los atributos gráficos como en los no gráficos. Los atributos no gráficos son guardados en tablas y manipulados por medio de un sistema manejador de bases de datos.

Introducción a Base de Datos – Archivos de formas

Conceptos generales sobre base de datos

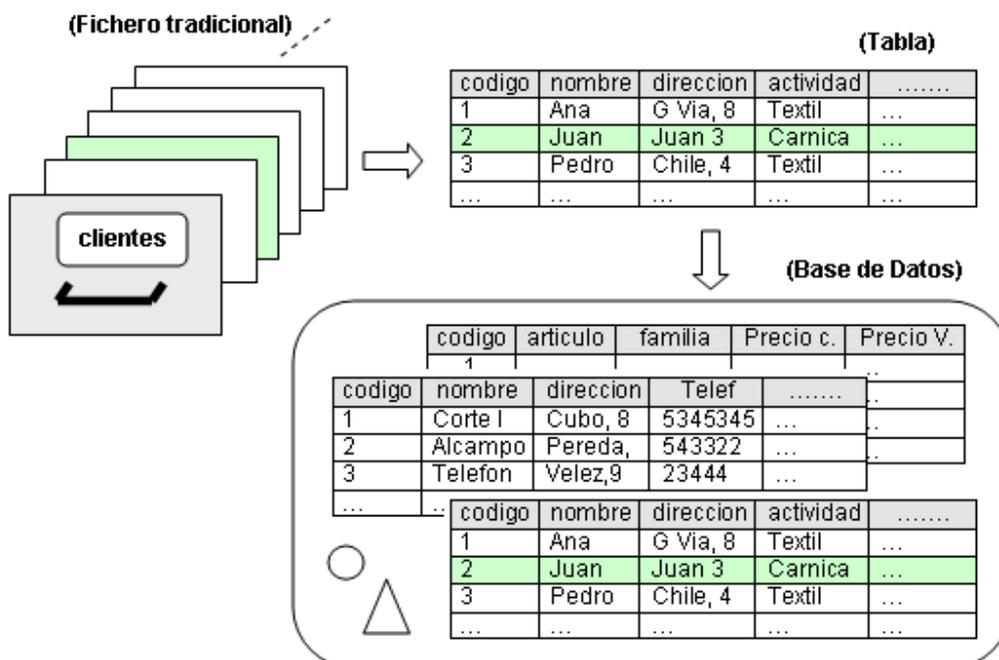
“Una base de Datos es un conjunto exhaustivo no redundante de datos estructurados organizados independientemente de su utilización y su implementación en máquina accesibles en tiempo real y compatibles con usuarios concurrentes con necesidad de información diferente y no predicable en tiempo.”

“Una base de datos se puede definir como un conjunto de información homogénea que mantiene una estructura ordenada, y que toda ella se encuentra relacionada con un mismo tema.”

Un ejemplo claro de lo que es una base de datos, lo constituye la agenda de una empresa, en la cual se almacenan una serie de datos (nombre, dirección, teléfono, etc.), referentes a cada uno de sus clientes, proveedores o empleados. Para gestionar ésta información se necesitaría crear la base de datos "Agenda". Otro ejemplo de base de datos, sería el conjunto de datos e informaciones referidas a un video club (datos de películas, clientes, distribuidoras, géneros...) con lo cual, mediante un programa específico para estas tareas, un Gestor de Base de Datos, tendríamos que crear una base de datos "video club".

A menudo se confunde la idea de una base de datos con la idea de tabla. Una tabla es una estructura de filas y columnas que alberga información o datos de una determinada naturaleza, como por ejemplo una tabla con los datos (código, nombre, dirección, actividad...) de los 555 clientes, por ejemplo, de una empresa; sería en éste caso la tabla de clientes. En cada fila tendríamos todos los datos de cada cliente, tendríamos lo que en términos de bases de datos se denomina un registro: antes se llamaba ficha. En cada columna tendríamos todos los datos referidos a un elemento de dicha tabla (todos los nombres, todas las actividades...) a esto se le llama campo, y en cada campo de cada registro se alberga un dato.

Sin embargo, una base de datos (toda la información y elementos de gestión de esa información referida a un mismo tema) puede contener varias tablas (clientes, proveedores, artículos, familias, descuentos) así como otros elementos que permiten trabajar cómodamente con dichos datos de las tablas.



Ventajas en el uso de base de datos

Los sistemas de base de datos resuelven los siguientes problemas:

Redundancia e inconsistencia de datos

Puesto que los archivos que mantienen almacenada la información son creados por diferentes tipos de programas de aplicación existe la posibilidad de que si no se controla detalladamente el almacenamiento, se pueda originar un duplicado de información, es decir que la misma información esté más de una vez en un dispositivo de almacenamiento. Esto aumenta los costos de almacenamiento y acceso a los datos, además de que puede originar la inconsistencia de los datos - es decir diversas copias de un mismo dato no concuerdan entre si -, por ejemplo: que se actualiza la dirección de un cliente en un archivo y que en otros archivos permanezca la anterior.

Al utilizar una base de datos se reduce la redundancia de los datos y por lo tanto se elimina el problema de la duplicación de datos.

Cada elemento es almacenado sólo una vez en la base. Esto implica un ahorro de recursos y los datos son más consistentes.

Dependencia de los datos

Puesto que los datos están repartidos en varios archivos, y estos no pueden tener diferentes formatos, es difícil escribir nuevos programas de aplicación para obtener los datos apropiados. Con las bases de datos se logra la independencia de datos.

Esto implica una separación entre programas y datos; es decir, se pueden hacer cambios a la información que contiene la base de datos o tener acceso a la base de datos de diferente manera, sin hacer cambios en las aplicaciones o en los programas.

El usuario no necesita conocer extremadamente la estructura de la base de datos para consultarla. Las modificaciones que realizan los programadores en la base de datos son transparentes al usuario.

Anomalías del acceso concurrente

Para mejorar el funcionamiento global del sistema y obtener un tiempo de respuesta más rápido, muchos sistemas permiten que múltiples usuarios actualicen los datos simultáneamente. En un entorno así la interacción de actualizaciones concurrentes puede dar por resultado datos inconsistentes. Para prevenir esta posibilidad debe mantenerse alguna forma de supervisión en el sistema.

Problemas de seguridad

La información de toda empresa es importante, aunque unos datos lo son más que otros, por tal motivo se debe considerar el control de acceso a los mismos, no todos los usuarios pueden visualizar alguna información, por tal motivo para que un sistema de base de datos sea confiable debe mantener un grado de seguridad que garantice la autenticación y protección de los datos.

En un banco por ejemplo, el personal de nóminas sólo necesita ver la parte de la base de datos que tiene información acerca de los distintos empleados del banco y no a otro tipo de información.

Por lo tanto los sistemas de bases de datos controlan los permisos de acceso a los usuarios con distintas jerarquías a determinadas partes de la base de datos de la organización.

Problemas de integridad

Los valores de datos almacenados en la base de datos deben satisfacer cierto tipo de restricciones de consistencia. Estas restricciones se hacen cumplir en el sistema añadiendo códigos apropiados en los diversos programas de aplicación.

Dificultad en la gestión de almacenamiento

Con las bases de datos centralizadas la gestión de almacenamiento y mantenimiento es mucho menos compleja y más eficiente.

Estructura de una base de datos

Tablas

Las tablas se componen de dos elementos:

- **Campo:** Corresponde al nombre de la columna. Debe ser único y además de tener un tipo de dato asociado.
- **Registro:** Corresponde a cada fila que compone la tabla. Allí se componen los datos y los registros. Eventualmente pueden ser nulos en su almacenamientos.

En la definición de cada campo, debe existir un nombre único, con su tipo de dato correspondiente. Esto es útil a la hora de manejar varios campos en la tabla, ya que cada nombre de campo debe ser distinto entre sí.

A los campos se les puede asignar, además, propiedades especiales que afectan a los registros insertados. El campo puede ser definido como *índice* o *autoincrementable*, lo cual permite que los datos de ese campo cambien solos y también permita ordenar los datos contenidos.

Cada tabla creada debe tener un nombre único en la cada Base de Datos, haciéndola accesible mediante su nombre o su sinónimo (dependiendo del tipo de base de datos elegida).

Clave primaria:

Se llama **clave primaria** a un campo, o a una combinación de campos, que identifica en forma única a cada registro.

Ésta no puede tomar nunca el valor nulo en ninguno de sus campos. No existen dos filas en una tabla que tengan la misma clave primaria.

Campo índice:

Aquel campo que posee un dato único para una repetición de entidad. Puede servir para la búsqueda de una entidad o dato en específico.

Clave foránea:

Se denomina **clave ajena o foránea** de una tabla a un campo o una combinación de campos cuyos valores han de coincidir con los valores de la clave primaria de otra tabla.

EMPLEADOS

codigo_empleado	DNI	Campo n
1	25867899	XXXXXXXX	XXXXXXXX
2	24000526	XXXXXXXX	XXXXXXXX
XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX
...
XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX
...
XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX

Registro 1

Registro 2

...

...

Registro n

Tipos de datos

Después de la fase de diseño de una base de datos, y una vez se ha realizado el paso a tablas del mismo, es necesario crear las tablas correspondientes dentro de la base de datos. Para cada campo de cada una de las tablas, es necesario determinar el tipo de datos que contiene, para de esa forma ajustar el diseño de la base de datos, y conseguir un almacenamiento óptimo con la menor utilización de espacio.

Los tipos de datos que puede haber en un campo, se pueden agrupar en 5 grandes grupos:

- Tipos Numéricos
- Tipos de Cadena
- Tipos de Fecha
- Tipos Lógicos
- Otros tipos de datos (listas, matrices, vectores)

Tipos Numéricos

Tipo de dato entero

Un **tipo de dato entero** es un tipo de dato que puede representar un subconjunto finito de los números enteros. El número mayor que puede representar depende del tamaño del espacio usado por el dato y la posibilidad (o no) de representar números negativos. Los tipos de dato entero disponibles y su tamaño dependen del sistema de base de datos a utilizar. Ejemplos:

- Shortint
- Integer
- Byte
- Longint

Tipo de dato real

El **tipo de dato real** define un conjunto de números que pueden ser representados con la notación de coma flotante.

Ejemplos:

- double
- float

Tipos de Cadena

Los datos cadena consisten en cualquier cadena de caracteres compuesta de una combinación de letras, símbolos, y caracteres numéricos. Se diferencian por el tamaño máximo permitido de caracteres a almacenar.

Ejemplos:

- text
- char
- varchar

Tipos de Fecha

Los tipos de datos fecha se utilizan para almacenar valores de fechas, valores de tiempo o valores de fecha y hora.

Ejemplos

- date
- time

Tipos Lógicos

El tipo de dato **lógico** o *booleano* es en computación aquel que puede representar valores de lógica binaria, esto es, valores que representen *falso* o *verdadero*.

Relaciones

- **Relaciones 1-1.**- Las tablas que intervienen en la relación se asocian una a una (Ej: la entidad HOMBRE, la entidad MUJER y entre ellos la relación MATRIMONIO).
- **Relaciones 1-n.**- Una ocurrencia de cada registro de una tabla está asociada con muchos (n) registros de otra tabla (Ej: la entidad EMPRESA, la entidad TRABAJADOR y entre ellos la relación TRABAJAR-EN).
- **Relaciones n-n.**-Cada ocurrencia, en cualquiera de las dos entidades de la relación, puede estar asociada con muchas (n) de la otra y viceversa (Ej: la entidad SOCIO, la entidad PELICULA y entre ellos la relación ALQUILA).

Lenguaje SQL

Introducción

Un **Lenguaje de Definición de Datos** (DDL, por sus siglas en inglés) es un lenguaje proporcionado por el sistema de gestión de base de datos que permite a los usuarios de la misma llevar a cabo las tareas de definición de las estructuras que almacenarán los datos así como de los procedimientos o funciones que permitan consultarlos.

El lenguaje de programación SQL, el más difundido entre los gestores de bases de datos, admite las siguientes sentencias de definición: CREATE, DROP y ALTER, cada una de las cuales se puede aplicar a las tablas, vistas, procedimientos almacenados y triggers de la base de datos.

Otras que se incluyen dentro del DDL, pero que su existencia depende de la implementación del estándar SQL que lleve a cabo el gestor de Base de Datos son GRANT y REVOKE, los cuales sirven para otorgar permisos o quitarlos, ya sea a usuarios específicos o a un rol creado dentro de la Base de Datos.

Un **Lenguaje de Manipulación de Datos** (Data Manipulation Language (DML)) es un lenguaje proporcionado por el sistema de gestión de base de datos que permite a los usuarios de la misma llevar a cabo las tareas de consulta o manipulación de los datos, organizados por el modelo de datos adecuado.

Se clasifican en dos grandes grupos:

- lenguajes de consulta procedimentales.
- lenguajes de consulta no procedimentales.

En los procedimentales, el usuario indica al Sistema Gestor de Base de Datos Relacional (SGBDR) la serie de operaciones que ha de realizar en la base de datos para obtener el resultado deseado. En los no procedimentales el usuario describe la información deseada sin dar un procedimiento concreto para obtener esa información

SQL (Lenguaje de consulta estructurado)

El lenguaje de manipulación de datos más popular no procedimental hoy día es **SQL**, usado para recuperar y manipular datos en una base de datos relacional.

SQL (Structured Query Language) es un potente lenguaje informático que cumple las funciones de DDL y DML en los SGBD relacionales. Su origen está en el lenguaje SEQUEL (*Structured English Query Language*) desarrollado en IBM en los años 1974-75. Oracle fue el primer fabricante de sistemas de bases de datos en comercializar una implementación de SQL en 1979. IBM lanzó el producto SQL/DS en 1981 y dos años más tarde el conocido DB2.

Se trata de un lenguaje fuertemente basado en el inglés, que puede ser utilizado en modo conversacional mediante un intérprete o bien formando parte de un programa desarrollado en un lenguaje de programación anfitrión como C, Cobol, etc. (SQL embebido). La característica relacional más importante de SQL es que permite acceder a los datos sin necesidad de especificar cómo se ha de realizar dicho acceso permitiendo así la "navegación automática" por los datos.

Las principales funcionalidades de SQL como lenguaje de definición (DDL) son la creación, modificación y borrado de las tablas que componen la base de datos, así como de los índices, vistas, permisos, etc. que pudieran definirse sobre las mismas.

Componentes del SQL

Existen dos tipos de comandos SQL:

- los DDL que permiten crear y definir nuevas bases de datos, tablas, campos e índices.
- los DML que permiten generar consultas para ordenar, filtrar y extraer datos de la base de datos.

Comandos DML

Consultas de selección

Las consultas de selección se utilizan para indicar al motor de base de datos que devuelva información de las bases de datos, esta información es devuelta en forma de conjunto de registros.

El comando más básico utilizado es el **SELECT**. Éste es utilizado para consultar registros de la base de datos que satisfagan un criterio determinado.

Cláusulas

Las cláusulas son condiciones de modificación utilizadas para definir los datos que desea seleccionar o manipular.

Cláusula	Descripción
FROM	Utilizada para especificar la tabla de la cual se van a seleccionar los registros
WHERE	Utilizada para especificar las condiciones que deben reunir los registros que se van a seleccionar
GROUP BY	Utilizada para separar los registros seleccionados en grupos específicos

Operadores lógicos

Operador	Uso
AND	Es el "y" lógico. Evalúa dos condiciones y devuelve un valor de verdad sólo si ambas son ciertas.
OR	Es el "o" lógico. Evalúa dos condiciones y devuelve un valor de verdad si alguna de las dos es cierta.
NOT	Negación lógica. Devuelve el valor contrario de la expresión.

Operadores de comparación

Operador	Uso
<	Menor que
>	Mayor que
<>	Distinto de
<=	Menor ó Igual que
>=	Mayor ó Igual que
=	Igual que
BETWEEN	Utilizado para especificar un intervalo de valores.
LIKE	Utilizado en la comparación de un modelo

Consultas básicas

La sintaxis básica de una consulta de selección es la siguiente:

```
SELECT Campos FROM Tabla;
```

En donde "campos" es la lista de campos que se deseen recuperar y tabla es el origen de los mismos, por ejemplo:

```
SELECT nombre, telefono FROM clientes;
```

Esta consulta devuelve un conjunto de registros con el campo nombre y teléfono de la tabla clientes.

Si le agregamos condiciones:

```
SELECT * FROM empleados WHERE edad > 25 AND edad < 50;
```

```
SELECT nombre_empleado, nombre_empresa FROM empleados, empresa  
WHERE (empleado.codigo_empresa = empresa.codigo_empresa)
```

Archivo de formas (Shapefile)

Características

El formato **ESRI Shapefile** (SHP) es un formato de archivo informático propietario abierto de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien desarrolla y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como Arc/Info o ArcGIS. Originalmente se creó para la utilización con su producto ArcView GIS, pero actualmente se ha convertido en formato estándar de facto para el intercambio de información geográfica entre Sistemas de Información Geográfica por la importancia que los productos ESRI tienen en el mercado SIG y por estar muy bien documentado.

Este formato es compatible con la mayoría de las herramientas GIS, es rápido y facilita una correcta organización de los datos espaciales con vínculos alfanuméricos.

Es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos.

Un shapefile está formado por varios archivos. Tienen las extensiones siguientes:

- **.shp**: es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos.
- **.shx**: es el archivo que almacena el índice de las entidades geométricas.
- **.dbf**: es el archivo que almacena la información de los atributos de los objetos.

En un mismo shapefile puede almacenarse entidades geométricas del mismo tipo. Es decir, no pueden mezclarse entidades con distinta representación espacial o geométrica (por ejemplo entidades del tipo “punto” con entidades del tipo “polígono”).

Bibliografía

Sistemas de información Geográfica

Joaquín Bosque Sendra.
Editorial Rialp.

Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica

David Comas. Ernest Ruiz.
Editorial Ariel Geográfica.

SIG: Sistemas de información Geográfica

Javier Gutierrez Puebla. Michael Gould.
Editorial Síntesis.

Apuntes de Unigis.

Programa Internacional a Distancia en Sistemas de Información Geográfica

Idrisi para Windows. Guía del Usuario

J. Ronald Eastman
Clark University

Using ArcView GIS

ESRI: Environmental Systems Research Institute

Exploring Geographic Information Systems..

John Wiley and Sons
Chrisman, N.R. (1997)

Fundamentals of Geographic Information Systems.

John Wiley and Sons
Huxhold, W.E. (1991)

Fundamentals of Spatial Information Systems.

London, Academy Press.
Laurini, R. and Thompson, D. (1992)

Geographical Information Systems: Principles and Applications.

Avon, Longman

Scientific and Technical.

Maguire, D.J., Goodchild,
M.F. and Rhind, D.W. (eds.) (1991)

Geographical Information Systems and their Socioeconomic Applications.

London, Routledge.
Martin, D. (1991)

Introductory Readings in Geographic Information Systems.

London, Taylor and Francis.
Peuquet, D.J. and Marble, D.F. (eds.) (1990)

Geographical Information Systems: An Introduction. Prentice Hall.

Englewoods Cliffs, New Jersey,
Star, J. and Estes, J. (1990)