



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

DESARROLLO Y PUESTA EN SERVICIO DE UN SISTEMA DE
INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL MANEJO DE LA
INFORMACION PUNTUAL DEL SUBSUELO DE LA CUENCA DE
MEXICO

XAVIER OMAR ROSAS VELAZQUEZ

T E S I S
PRESENTADA A LA ESCUELA
NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGON
DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
INGENIERO EN COMPUTACION

ASESOR DE TESIS: ING. JOSE GONZALEZ BEDOLLA

MEXICO, D. F.

NOV. 2003

4



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria:

CON UN PENSAMIENTO QUE DICE: "EN LA VIDA SOLAMENTE
ALCANZAN EL ÉXITO AQUELLOS QUE LO INTENTAN TODAS
LAS VECES QUE SEA NECESARIO", DEDICO ESTA TESIS A
LAS PERSONAS MÁS IMPORTANTES DE MI VIDA....

A DIOS

Por haberme dado la oportunidad de existir y darme el valor y la fortaleza para enfrentar todos los retos que existen en la vida, por no abandonarme en los momentos más difíciles y en los que siempre te necesite, por concederme la dicha de tener conmigo a mis padres junto con toda mi familia y a unos excelentes amigos, pero ante todo por permitirme seguir existiendo a lado de estas personas.

A mis Padres

A la Profesora Rosa María y el Ingeniero Agustín; por haber infundido y dado el ejemplo a cada uno de sus hijos, el deseo de superación y formación profesional, para poder crecer e ir más lejos de lo que ambos han logrado. A ustedes padres doy gracias por haberme apoyado durante toda mi vida como estudiante y ahora como profesionalista, espero no defraudarlos nunca.

A mis Hermanos

Luis Alberto y Daniela Alejandra; quienes con su cariño y apoyo siempre han estado a mi lado y que sirva de ejemplo para que cumplan todas y cada una de sus metas sin importar los obstáculos que se les presenten y espero no defraudarlos por la confianza que han depositado en mí, y se den cuenta que nada es fácil en la vida. ya que con esfuerzo, perseverancia y dedicación podrán obtener las metas que se propongan.

A mi Sobrina

Fernanda Valeria; la más pequeña de mi familia; pero no la menos importante; quien es una de mis grandes alegrías y quien forma parte de mi inspiración para seguir adelante y seguir luchando, y poder brindarle lo mejor de mí como un ejemplo de superación.

A mi Novia

Sionne Cabrera; el amor de mi vida; mi compañera y mejor amiga, la persona quien desde hace 9 años ha estado a mi lado en las buenas y en las malas, quien ha creído en mí y me ha apoyado incondicionalmente en todas mis decisiones.

A mi Familia

Comenzando con mi Abuelita Delfina la persona quien con su carácter y buen ejemplo ha sabido guiar a cada uno de los miembros de la familia y en especial a mí por darme la oportunidad de poder escuchar todos y cada uno de sus consejos los cuales me han guiado por un buen camino lleno de logros y éxitos.

A mis tíos y tías y todas mis primas quienes siempre vieron en mí un ejemplo de superación y como un testimonio de mi infinito aprecio y agradecimiento, por toda una vida de esfuerzos y sacrificios, brindándome siempre cariño y apoyo cuando más los necesite. Deseo de todo corazón que mi triunfo profesional lo sientan como suyo también, con amor, admiración y respeto gracias a todos ustedes.

A mis Compañeros y Amigos

A mis compañeros de Generación y en especial a Mario, Antonio, Juan Alberto, Filogonio, Mauricio, Hugo, Alberto, Gregorio, y Eduardo quienes formaron parte importante durante mi ciclo escolar; con quienes compartí muchos de mis logros, muchos momentos felices y con quienes compartí cinco de los mejores años de mi vida, gracias por ser mis amigos.

También agradezco y dedico esta tesis a mis amigos del Instituto de Ingeniería Miguel Ángel Morales, Rogelio Bernabé y Fernando Popota quienes con su apoyo y cooperación fue posible la realización de este trabajo.

A mis Profesores

Quienes con su esfuerzo y dedicación forman día con día a profesionistas egresados de nuestra Máxima casa de estudios, para formar una sociedad cada vez mejor.

**DESARROLLO Y PUESTA EN SERVICIO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN PUNTUAL DEL SUBSUELO DE
LA CUENCA DE MÉXICO**

CONTENIDO

Objetivos.....	1
Introducción.....	4
Resumen.....	6
 Capítulo I: Sistemas de Información Geográfica (SIG)	
1.1.-Antecedentes de los Sistemas de Información Geográfica.....	7
1.1.1 <i>Evolución Histórica.....</i>	7
1.1.2 <i>Evolución en México.....</i>	9
1.1.3 <i>Tendencias Actuales.....</i>	10
1.2.-Definición de Sistemas de Información Geográfica.....	11
1.2.1 <i>Algunas Definiciones que se le han dado a los SIG.....</i>	11
1.2.2 <i>Breve descripción de un SIG.....</i>	12
1.3.-Conceptos Generales de los Sistemas de Información Geográfica.....	16
1.3.1 <i>Requerimientos que debe cumplir un SIG</i>	16
1.3.2 <i>Elementos Básicos que conforman un SIG.....</i>	17
1.3.3 <i>Principales Niveles de Complejidad de Análisis realizados con el SIG.....</i>	21
1.4.-Como Trabajan los SIG.....	23
1.5.-Funciones y Objetivos Principales que debe cumplir un SIG.....	26
1.5.1 <i>Funciones de un SIG.....</i>	26
1.5.2 <i>Propósitos de debe cumplir un SIG.....</i>	27
1.6.-Beneficios del uso de SIG.....	31
1.6.1 <i>Importancia de un SIG en la Toma de Decisiones.....</i>	32
1.7.-La Información Geográfica en el SIG.....	35
1.7.1 <i>Los Datos Geográficos.....</i>	35
1.7.2 <i>Los Componentes espaciales de los Datos Geográficos.....</i>	36
1.7.3 <i>Los Atributos Espaciales y Descriptivos de los datos Geográficos.....</i>	38

1.8 .- Siete pasos para el Desarrollo de un SIG.....	40
1.8.1 <i>La implementación hacia la Toma de Decisiones</i>	40
1.8.2 <i>Implementaciones de Organización</i>	40
1.8.3 <i>Objetivos Funcionales y plan de Implementación</i>	41
1.8.4 <i>Diseño del Sistema</i>	41
1.8.5 <i>Requerimientos del Proyecto</i>	42
1.8.6 <i>Diseño Detallado de la Base de Datos</i>	42
1.8.7 <i>Aplicación y Desarrollo</i>	43

Capítulo II Descripción del Procesamiento de la Información Geográfica

2.1 .-Fuentes de Información Geográfica.....	44
2.1.1 <i>Datos Geográficos</i>	44
2.1.2 <i>Obtención y Captura de la Información Geográfica</i>	44
2.1.2.1 <i>Captura de Vector por Medio de Digitalización en Tableta</i>	45
2.1.2.2 <i>Captura de Información por Atributos</i>	46
2.1.3 <i>Modelos de Representación de la Información (Raster y Vector)</i>	46
2.1.4 <i>Tratamiento de la Información Geográfica</i>	47
2.1.4.1 <i>Almacenamiento de la Información</i>	48
2.1.4.2 <i>Automatización de los Datos</i>	49
2.2 .-Elementos Principales que Intervienen en la Cartografía Digital.....	50
2.2.1 <i>Proyecciones en la Cartografía Digital</i>	52
2.2.2 <i>Sistemas de Coordenadas</i>	54
2.2.3 <i>Red de Coordenadas</i>	55
2.2.4 <i>Escalas</i>	56
2.3.-Bases Datos Geográficas.....	57
2.3.1 <i>Diseño de la Base de Datos Geográfica</i>	57
2.4 .-Modelo de Representación Vectorial.....	60
2.4.1 <i>Digitalización Vectorial por medio de la Tableta Digital</i>	61
2.4.2 <i>Vectorización de Datos usando Autocad</i>	62
2.5 .-Modelo de Representación Raster.....	63
2.5.1 <i>Georeferenciación de un Mapa</i>	64
2.6.- Fotografías Aéreas.....	65
2.6.1 <i>La Fotografía Aérea Digital</i>	66
2.7 .-Imágenes de Satélite.....	69
2.7.1 <i>Aplicación de las Imágenes de Satélite en México</i>	70

2.8.- Modelos Digitales de Elevación.....	72
2.8.1 Antecedentes.....	72
2.8.2 Modelos Digital de Elevación MDE.....	73
2.8.3 Estructuras Básicas para un MDE.....	74
2.8.4 Construcción del MDE.....	75
2.8.5 Conclusiones.....	76

Capítulo III Diseño y Elaboración del Sistema de Información Geográfica

3.1 Análisis del Proyecto de SIG.....	78
3.1.1 Consideraciones para el Análisis e Implantación del Sistema.....	78
3.1.2 Planteamiento del Problema.....	79
3.1.2.1 Marco Geográfico.....	81
3.1.3 Necesidades del Sistema y Usuario (Requerimientos del Sistema).....	82
3.1.4 Tipos de Usuario.....	82
3.1.5 Salida de Información.....	82
3.1.6 Selecciones Técnicas (software y hardware).....	82
3.1.6.1 Selección de Software.....	82
3.1.6.2 Selección Hardware.....	83
3.2 Diseño del SIG	85
3.2.1 Modelo usado para la Base de Datos.....	85
3.2.1.1 Conceptualización de la Base de Datos.....	85
3.2.2 Elección del Sistema de Administración de Datos.....	86
3.2.3 Personalización del sistema usando el Lenguaje Avenue.....	86
3.2.4 Interfaz Grafica entre Usuario y Sistema.....	86
3.2.5 Herramientas de desarrollo.....	86
3.2.6 Capacidad de Comunicar, Lectura de Datos de otros Software y Exportarlos.....	87
3.2.7 Elementos que debe contener el SIG.....	87
3.2.7.1 Equipo de Hardware.....	87
3.2.7.2 Datos.....	88
3.2.7.3 Personal.....	88
3.3 Elaboración del SIG usando ArcView.....	89
3.3.1 Consideraciones para el Desarrollo del SIG.....	89
3.3.2 Descripción de la Herramienta SIG Arcview 3.2.....	91
3.3.2.1 Análisis Espacial Superior de Arc View.....	92
3.3.2.2 Creación de Datos y Realce de Edición.....	93
3.3.2.3 El lector de dibujo tipo CAD.....	93
3.3.2.4 Fuentes de Datos para ArcView.....	93
3.3.3 Creación de la Base de Datos del SIG).....	94
3.3.3.1 Obtención de la Información para la Base de Datos.....	96
3.3.4 Recolección de toda la Información Geográfica.....	98
3.3.5 Procesamiento de la Información Geográfica.....	98
3.3.5.1 Estructura de los Datos en el SIG.....	99
3.3.5.2 Sistema de coordenadas UTM elegido para la cartografía digital.....	101
3.3.5.3 Geoprosesamiento de la Información Geográfica obtenida.....	102
3.3.6 Creación y Automatización del Sistema.....	104

Capítulo IV Puesta en Funcionamiento del Sistema de información Geográfica

4.1 Presentación de la Información.....	105
4.1.1 Salida de los Datos.....	106
4.2.- Presentación del Sistema.....	108
4.3 Presentación de los Resultados para el Análisis.....	112
4.3.1 Identificación de Elementos Específicos (Búsqueda por Atributos).....	112
4.3.1 Identificación de Elementos haciendo una Búsqueda Espacial Geográfica.....	113
4.4 Análisis de la Información dentro del Mismo Sistema.....	114
4.4.1 Análisis Geotécnico Preliminar.....	115
4.4.2 Análisis a Detalle.....	117
4.4.3 Síntesis.....	117
4.4.4 Tipos de Análisis dentro de un SIG.....	118
4.5 Creación de Mapas Temáticos utilizando el SIG.....	119
4.5.1 Despliegue de la Base de datos de Forma Externa.....	119
4.5.2 Generalización de un Mapa temático.....	120
4.6 Operación General del Sistema.....	121
4.7 Alcances que se han tenido dentro del Área de Geotecnia.....	122

Capítulo V Conclusiones

5.1 Conclusiones.....	124
-----------------------	-----

Anexo A Aplicaciones de los SIG

Anexo B Glosario de Términos

Bibliografía.....	126
-------------------	-----

Agradecimientos.....	128
----------------------	-----

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es la creación y puesta en servicio de un Sistema de Información Geográfica que contribuirá a tener al día, de manera sistemática y ordenadamente la información puntual sobre los rasgos generales del subsuelo. Dicha información permitirá a los usuarios formarse una idea clara de los diversos problemas planteados por el subsuelo en cada caso particular.

En el área de Geotecnia del Instituto de Ingeniería de la UNAM se cuenta con una gran cantidad de información analógica (archivos muertos, cajas, papeles, etc.), que es muy difícil de consultar y manipular; por lo que es necesario implementar una forma más sencilla y rápida de sistematizar dicha información para una mejor consulta.

Para cumplir nuestro principal objetivo es necesario recopilar, clasificar y ordenar toda esa información analógica, para transformarla en formato digital mediante el uso de bases de datos; que contengan información espacial (distribuida en un área o superficie de un espacio geográfico), para finalmente usar un modelo de Sistema de Información Geográfica que nos permita integrar, visualizar y manipular toda esa información.

El tipo de información que trabajaremos será geotécnica, por lo cual se interpretará por especialistas de esta área y con base a su criterio se diseñará la base de datos de tipo espacial.

Una vez terminado el Sistema y puesto en marcha se pondrá a disposición de la comunidad científica y técnica especializada, para generar nuevos conocimientos sobre las propiedades y características del subsuelo de la Ciudad de México; y para que se cuente con una herramienta de estudio eficaz, la cual permita de manera sistemática consultar toda esa información recolectada y generada para después poderla analizar y bajo su responsabilidad poder proyectar, construir y conservar diversas obras de infraestructura o de expansión urbana; así como aquellos organismos e instituciones encargados de planificar el crecimiento y regular el uso del suelo.

El SIG debe almacenar sistemática y permanentemente la información puntual disponible sobre los rasgos generales del subsuelo, a través de los datos capturados de los sondeos geotécnicos de diferentes tipos. Por ahora, la información se toma únicamente de estudios de Mecánica de Suelos efectuados en diferentes épocas por dependencias o empresas en la ciudad de México.

OBJETIVOS GENERALES

El objetivo principal de éste trabajo es diseñar y poner en servicio un Sistema de Información Geográfica para la sistematización de los Sondeos Geotécnicos que recientemente son capturados y clasificados en una Base de Datos

Se presentarán nuevos conocimientos sobre las propiedades y características geotécnicas del subsuelo de la Ciudad de México mediante el diseño de un Sistema de Información Geográfica para sondeos Geotécnicos, haciendo uso de otras herramientas como Percepción Remota, Fotogrametría, Modelos Digitales de Elevación etc.

El sistema debe ser capaz de integrar la información capturada con la información geográfica que ya se tiene

El Sistema debe permitir la interpretación estructural a partir de Fotografías Aéreas, MDT, Imágenes de satélite, planos topográficos y geológicos.

La herramienta SIG de escritorio debe contar con la capacidad de capturar, recuperar, manejar y realizar análisis de la información

Se hará uso de la Herramienta ArcView 3.2 y el lenguaje de programación Avenue, para el diseño de este sistema

OBJETIVOS PARTICULARES

Diseñar e implantar un mecanismo eficiente para la recuperación de datos espaciales a través de una búsqueda por atributos y también bajo la temática de lo general a lo particular.

Brindar una interfaz gráfica para el usuario, la cual sea amigable y cuente con accesos directos a las funciones del sistema.

Aprovechamiento de los recursos que se tienen en el área

Sistematización y digitalización de la información

Un fácil acceso a la Información del Subsuelo de la Cuenca de México

Personalización de la Información (despliegue de la información de los sondeos en forma fichas de datos y sobre otras capas como MDT, Imagen de Satélite o Fotografía Aérea)

Realizar la interfaz entre la base de datos alfanumérica y la base de datos gráfica en ArcView.

METAS PROPUESTAS POR EL ÁREA DE GEOTECNIA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM

Con el SIG-SG se pretende contar con un catálogo de datos que contenga información espacial (información distribuida en una área o superficie de un espacio geográfico) para facilitar la obtención de información referente a estudios de Mecánica de Suelos. El desarrollo del sistema, iniciado desde hace varios años, ha sido frenado por falta de recursos. Se pretende darle durante las siguientes etapas un nuevo impulso con las acciones siguientes:

a) Creación de un taller permanente de trabajo sobre este tema en la sección de Geotecnia del Instituto de Ingeniería. Para ello, se reunirán los medios informáticos (hardware y software) requeridos para que el grupo de investigación dedicado al proyecto cuente con la autonomía necesaria para poder trabajar en el mismo en forma continua.

b) Empezar actividades intensivas de recopilación, procesamiento y captura de datos para que el sistema, que actualmente se basa en un poco más de mil sondeos, alcance rápidamente una cobertura más amplia, especialmente en las áreas en proceso de urbanización donde resulta escasa la información.

c) Utilización inmediata de la información (recopilada, capturada y procesada) especializada para las investigaciones orientadas al análisis y modelado de dicha información que está espacialmente georeferenciada tal como:

- Planos de igual profundidad de estratos típicos
- Perfiles estratigráficos a lo largo de ejes de estudio
- Mediciones de piezométricas y nivelaciones (útiles para el estudio del hundimiento del Valle de México).
- Información Sísmica, Geofísica, Geomorfológica y Geológica.

INTRODUCCIÓN

El ambiente en el cual opera la administración de la información hoy en día está cambiando rápida y constantemente. Hoy en día los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son más complejos y la tendencia se enfoca al desarrollo de aplicaciones de propósito específico en distintos campos en donde se aplica esta tecnología, es por ello que el manejo y análisis eficiente de la información es una de las tareas más importantes actualmente.

En la actualidad se trabajan con sistemas comerciales que pocas veces resuelven y/o satisfacen las necesidades de los usuarios, es por ello que la tendencia actual de los Sistemas de Información Geográfica es utilizar plataformas de desarrollo que satisfagan las necesidades propias de cada usuario y muestren ahorros considerables en cuanto a tiempo y dinero, además que se puedan hacer desarrollos propios utilizando la reutilización de software, o bien el desarrollo de herramientas basadas en componentes que presenten funcionalidades distintas a los SIG comerciales o que puedan ser implantadas en estos para llevar a cabo tareas específicas.

Por todo esto el Área de Geotecnia del Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, SMMS, se han dado a la tarea de crear un proyecto en conjunto para el diseño y puesta en servicio de un Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos. Este sistema coadyuvará a que la SMMS siga cumpliendo con su principal objetivo: promover y divulgar los conocimientos de esta especialidad, mediante la publicación periódica de la información sobre el subsuelo y con ello, mejorar el estado actual del conocimiento sobre las características del subsuelo en la ciudad de México y, en el futuro, en otras zonas urbanas del país.

El esfuerzo unificado de personas, empresas, dependencias gubernamentales e instituciones de investigación, en los trabajos de recopilación, procesamiento y captura que lleva a cabo la SMMS contribuirá a tener al día sistemática y ordenadamente la información puntual sobre los rasgos generales del subsuelo. Dicha información permitirá a los ingenieros formarse una idea clara de los diversos problemas planteados por el subsuelo en cada caso particular. Resulta obvia la necesidad de hacerla pública y ponerla a disposición de quienes tienen los conocimientos para analizarla y la responsabilidad de proyectar, construir y conservar las diversas obras de infraestructura o de expansión urbana así como de aquellos organismos e instituciones encargados de planificar el crecimiento y regular el uso del suelo.

El presente trabajo muestra una prueba de ello, ya que con base a componentes de hardware y software se desarrolló una herramienta capaz de manejar y analizar la información geotécnica recolectada y ordenada, además de que permite contar con una organización y administración eficiente de la información almacenada en una estación de trabajo y poder recuperar así los datos muy particulares que se necesiten de acuerdo a la temática en particular.

Este tipo de herramientas operan sobre una arquitectura basada en componentes tanto para el manejo de los datos almacenados en la base de datos como para las características intrínsecas espaciales que caracterizan a los SIG.

El resultado de aplicar estos elementos al Geoprocesamiento y en particular a los SIG, proporciona una amplia gama de herramientas o aplicaciones de escritorio, en donde los usuarios no necesitan ser expertos para trabajar con estos sistemas y estos puedan obtener resultados más favorables enfocados hacia la toma de decisiones de una problemática que sea presentada en un campo laboral específico.

Los Sistemas de información Geográfica, SIG, permiten al usuario interactuar con una base de datos (gráfica-geográfica, y alfanumérica), para relacionar características o atributos con puntos geográficos, además de diversas funciones lógicas o aritméticas, teniendo aplicación en todas las Ciencias de la Tierra, y en infinidad de materias donde se requiera relacionar información con sitios geográficos.

Desde hace bastante tiempo el tratamiento manual de la información geotécnica sobre el territorio de la Cuenca de México ha dejado de ser práctico. Un cambio tecnológico en los métodos de tratamientos del enorme volumen o cantidad de información sobre los múltiples estudios de la que ha sido objeto la Cuenca es imprescindible.

En este aspecto, los Sistemas de Información Geográfica SIG, la Percepción Remota y el Global Positioning System GPS, son útiles a los especialistas para ordenar, procesar e interpretar la información existente y también para sugerir y motivar nuevos estudios que aporten nuevos conocimientos. Hoy en día estas herramientas constituyen uno de los ingredientes que más falta hacen para compartir la abundante información que ha sido obtenida a través del tiempo y que actualmente se encuentra diseminada.

RESUMEN

El Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos para la Cuenca de México fue desarrollado aprovechando las ventajas que ofrece la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la eficiencia de las nuevas computadoras que, al combinarse, facilitan el manejo simultáneo de información cartográfica (traza urbana) y alfanumérica (bases de datos geotécnicos).

El marco cartográfico digital se utilizó tiene relevancia en la ubicación del sitio en estudio y en la visualización de los sondeos realizados con anterioridad en campañas de exploración geotécnica.

La información alfanumérica capturada, organizada y almacenada es la que proporciona la información relevante para la Ingeniería de Cimentaciones, pues consta de datos puntuales sobre los rasgos generales del subsuelo tomados de sondeos geotécnicos de diferentes tipos ubicados en la zona urbana de la cuenca de México (marco cartográfico) y almacenados en la base de datos. Dicha información se agrupa de acuerdo con el tipo de sondeo utilizado en la exploración.

Esta aplicación de escritorio se diseñó con una arquitectura de operación basada en capas de datos, es decir, cuenta con un mecanismo de datos espaciales que es representado a través de capas o estratos de información, que se encuentran almacenados en una base de datos geográfica.

Los Sistemas de Información Geográfica actualmente son una herramienta muy utilizada ya sea como medio de información, visualización e investigación o como herramienta de toma de decisiones. Esto ha llevado a que los SIG tengan una área de investigación dedicada a desarrollar tecnologías y aplicaciones propias de escritorio que satisfagan las necesidades propias de un cierto grupo de trabajo; la principal necesidad que presenta este campo se refiere a la recuperación de los datos espaciales a través de diferentes mecanismos de selección y consulta, lo cual nos lleva a constituir un inventario de datos espaciales que se encuentre disponible en cualquier momento para realizar cualquier tipo de análisis tanto visual como espacial sobre estos elementos y que auxilie en mejorar la calidad de las decisiones tomadas sobre el medio ambiente que afectan.

CAPITULO I

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

1.1 ANTECEDENTES

Históricamente, el uso de mapas como instrumentos para la toma de decisiones se sitúa en una época muy temprana. Un mapa no es más que un modelo gráfico de un territorio en el que se presentan determinadas características (geográficas, geomorfológicas, geológicas, temáticas, etc.) de acuerdo a una simbología determinada. En la actualidad se disponen de técnicas muy elaboradas para su realización. Se debe destacar que los mapas presentan ciertas limitaciones prácticas, tanto en función de la diversidad de características o temas que pueden representarse simultáneamente con claridad, como a la laboriosidad que exige cualquier análisis no elemental efectuado sobre los mismos.

Hoy en día las técnicas de cartografía digital y cartografía asistida por computadora están orientadas a la mecanización de la producción de los mapas, si bien supone una mejora considerable en el proceso de elaboración no suplen estas limitaciones.

Es precisamente la capacidad de análisis de información espacial compleja, el principal objetivo que se pretende con los Sistemas de Información geográfica (SIG) o Geographic Information System (GIS)

1.1.1 Evolución Histórica de los Sistemas de Información Geográfica:

Los Software de SIG comenzaron su función como sistemas de información original y sencilla en su concepción, a la vez que revolucionario; una simple herramienta de modo híbrida entre una aplicación de dibujo y una base de datos, ambos de lo más tradicional.

En la segunda mitad de los años sesenta surgen las primeras realizaciones de este tipo de sistemas, teniendo como primer aplicación la gestión de recursos con implantación territorial (ordenación del territorio, recursos naturales, censo, defensa, estrategias urbanas etc.)

Los SIG se empezaron a generalizar a partir de la década de los 80, pero su gestación y desarrollo se remonta dos décadas atrás. El primer Sistema de Información Geográfica que funcionó correctamente fue el Canadian Geographical System (**CGIS**), su creación inició en 1964, y desde 1967 ha servido para el inventario y planeación del uso de suelo en el territorio canadiense. El Sistema fue desarrollado por Roger Tomlinson, e IBM que fue la empresa que aportó el hardware necesario para su desarrollo, se plantearon muchos problemas técnicos y conceptuales referentes a la estructura y a la organización de la BD así como los métodos de entrada de la información.

Ian McHarg (60's) desarrolla Design with Nature, en la cual plantea la metodología SIG. Es un método manual (superposiciones transparentes de matrices binarias), con el que 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 problemas como la imposibilidad de ponderar las variables (por su carácter binario), su gran determinismo, y la dificultad de su uso a medida que aumentaba el número de documentos a combinar.

Otros sistemas que se desarrollaron en esa misma época fueron:

- El Land Use and Natural Resources Information Systems (LUNR) desarrollado en Nueva York en 1967.
- El Minnesota Land Management Information System (MLMIS) desarrollado en 1969.
- El Polygon Information Overlay System (PIOS) desarrollado en 1971.
- El The Oak Ridge Modelling Information System (ORMIS) desarrollado en 1972.
- El Storage and Retrieval of Data for Water Quality Control System (STORET) desarrollado en 1975.

El Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis es una de las Instituciones que más ha aportado al modelo de datos, fue fundado en 1966, con la finalidad de utilizar a las computadoras para la elaboración de gráficos y el manejo de información espacial para la planeación territorial, también se creó el programa de cartografía asistida por computadora SYMAP que hasta la fecha se encuentra funcionando. Poco después se crea el primer y verdadero SIG de tipo vectorial el programa ODISSEY, el cual incluye la digitalización semiautomática de los datos espaciales, el manejo de la base de datos y la elaboración interactiva de mapas.

En el mismo laboratorio se empezó trabajar con una línea de programas cartográficos basados en una representación raster de los datos, tales como el GRID y el IMGRID, y de ellos surge el programa MAP (Map Analysis Package) en la Universidad de Yale que ha servido como modelo para el desarrollo de sistemas como ERDAS e IDRISI. Estos 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.

Los investigadores de estos laboratorios son responsables del principal desarrollo de los SIG. A partir de Laboratorio de la Universidad de Harvard, surge una empresa privada con importantes desarrollos llamada ESRI¹, partiendo de los trabajos de J. Dangermond y S. Morehouse se han creado varios Sistemas de Información Geográfica y programas propios como el Arc/INFO muy parecido al ODISSEY, un SIG vectorial con superposición de polígonos mediante geometría coordinada.

A finales de los años 70, con el desarrollo de una estructura topológica para los datos espaciales se crearon Sistemas de Información Geográfica vectoriales con mayores capacidades analíticas y éstos empezaron a ser de uso más general como es el caso de Arc/INFO. La mayoría de estos programas han sido elaborados por empresas como ESRI, INTERGRAPH (programa TIGRIS), SIEMENS (programa SICAD). En los últimos años (finales de los ochenta e inicios de los noventa) los SIG se convirtieron en un tema candente y en rápida expansión. Una muestra de ello es, por ejemplo, la creación del Centro Nacional para la Investigación Geográfica y Análisis (NCGIA) por la National Science Foundation de los Estados Unidos de América en 1988, con la finalidad de desarrollar investigación básica sobre el análisis geográfico utilizando los SIG.

¹ ESRI www.esri.com

Este centro ha elaborado un plan de investigación con varias líneas de investigación como es el Análisis Espacial y Estadístico Espacial, Relaciones Espaciales y Estructuras de la Base de Datos, Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos, Visualización de datos espaciales y Cuestiones institucionales, sociales y económicas de los SIG.

En otros países podemos encontrar iniciativas semejantes, por ejemplo, en los Laboratorios de Investigación Regional de Gran Bretaña, financiados por el British Economic and Social Research Council, que pretenden desarrollar centros avanzados en el estudio de los Sistemas Manejadores de Base de Datos, Análisis Espacial y desarrollo de software, así como aplicaciones de estas técnicas en la investigación regional. También en Holanda se ha establecido el NexPri (Centro Nacional Holandés para SIG) con finalidades semejantes. Por otra parte, la Comunidad Económica Europea tiene en marcha varios proyectos relacionados con los SIG.

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

1.1.2 Evolución de los Sistemas de Información Geográfica en México:

El primer sistema de información geográfica que se desarrolló en México fue el "Sistema Geomunicipal de Información" un sistema de punta tecnológica, que se elaboró en el Centro de Procesamiento Arturo Rosenblueth (CPAR) perteneciente a la Secretaría de Educación Pública a principio de los años 70. Este sistema se ha depurado hasta llegar al Sistema de Información para la Planeación Educativa, el sistema cuenta con la cartografía de todo el país a nivel municipal, así como las variables de educación y censal con las que cuenta la SEP.

En México otras instituciones como INEGI, PEMEX, IFE, SEMARNAP, GDF, CFE, SCT, los gobiernos estatales y las universidades han tenido la necesidad de auxiliarse de estos sistemas, sin embargo no todos han llegado a tener resultados satisfactorios por varias razones, económicas, políticas, de personal capacitado, y de tiempo entre otras.

Algunas han tenido resultados interesantes pero con los cambios de administración y de políticas muchos han sido olvidados o ya no cuentan con el apoyo necesario para continuar. Sin embargo, muchos continúan tratando de constituirse como herramientas para la planeación y la toma de decisiones.

Una serie de circunstancias, entre las que la capacidad y costo de la tecnología digital disponible juegan un papel muy importante, hacen que el desarrollo sea relativamente lento hasta la década de los ochentas en la que, especialmente al final de la misma, se produce una verdadera explosión, tanto en la oferta de productos comerciales como en el repertorio de áreas de aplicación de estas tecnologías

1.1.3 Tendencias Actuales:

Hablar de nuevas tecnologías, sería ver como ha crecido la tecnología respecto a la implementación de nuevos software y hardware; además del rápido crecimiento de los SIG, estos han evolucionado; actualmente se puede ver su manejo de forma más flexible, ya que el creciente uso de éstos, ha permitido poder trabajar los sistemas en cualquier tipo de plataforma, por ejemplo en una computadora con Windows ; aunque el rendimiento y la velocidad en el manejo de los datos no son los mismos que en una estación de trabajo, la flexibilidad se ha incrementado considerablemente.

Todo el equipo de hardware que se usa para el desarrollo de un SIG se presta para la configuración que se necesite, de igual forma el uso creciente de los SIG ha originado la creación de software tanto comercial como de uso público que cuenta con todo lo necesario para poder desarrollar un sistema fuerte y robusto, pero las nuevas tecnologías dentro de este campo seguirán creciendo rápidamente, ya que con el rápido avance de la industria de la computación en todos sus campos, permitirá un aumento en el desarrollo de esta tecnología, que aunque relativamente es nueva, ha crecido enormemente como se ha visto a través de los últimos 30 años, ya que comparando aquel SIG de Canadá a mediados de los años sesenta con el SIG actual, podemos ver el avance, desarrollo y evolución, por lo que sabemos hacia donde se dirigen estos mismos y se pueden imaginar como algo mejor a lo que se presenta actualmente.

En todo el mundo por más de 30 años ESRI es la empresa más importante que desarrolla software comercial de SIG (suite de ArcGIS, ArcInfo, Arcview, ArcEditor, etc), ha ayudado a mucha gente organizar y analizar su información geográfica. En México existe un distribuidor de ESRI llamado SIGSA que se encarga de vender y distribuir todo el software comercial de SIG, también ofrecen soluciones integrales, proyectos y algunas aplicaciones. Otra compañía también muy importante en el desarrollo de SIG es LEYCA que se encarga de distribuir su más importante software el Imagine y sus diversas extensiones, en México también lo distribuye la compañía SIGSA.

Actualmente estas dos grandes compañías (ESRI y Leyca) son las líderes en el desarrollo de software SIG en todo el mundo, ya que día con día actualizan sus últimas versiones haciéndolos más fácil y más amigables con el usuario, lo que permite que más personas lo utilicen en todo el mundo.

1.2 DEFINICIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Entre las dificultades más evidentes acerca de la definición de un SIG, Maguire (1991) menciona que la orientación comercial que se le ha dado a las actividades relacionadas con ellos, ha provocado que exista información falsa o exagerada, sobre valoración y ocultamiento intencional de las dificultades y alcances reales que se pueden obtener cuando se trabaja con esta tecnología. Existen diferentes formas de describir y clasificar tanto a los objetos como a las funciones que se realizan con ellos. Otras definiciones de SIG se han basado en relación a su funcionalidad, a su disciplina-origen, capacidad de manejo de información, área de aplicación, equipo utilizado, tipos de datos, costo, etc.

Los SIG se encuentran definidos de acuerdo con:

-El Tipo de Información que manejan. Se define como una base de datos que contiene información espacial (información distribuida en un área o superficie de un espacio geográfico).

-Sus Funciones y Capacidades. Se define como un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, manejo, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente georeferenciados para resolver problemas.

-Su Finalidad. Se concibe como un modelo informático del mundo real, organizado a partir de capas o estratos de datos clasificados por temas, cuyos valores se pueden estimar para cualquier espacio geográfico. En cada capa o estrato los datos tienen las mismas componentes conceptuales.

1.2.1 Algunas Definiciones que se le han dado a los SIG:

-Un SIG se puede definir como un método o técnica de tratamiento de información geográfica que permite combinar eficazmente la información básica para obtener información derivada. Para ello, se cuenta con las fuentes de información, y un conjunto de herramientas informáticas (*hardware* y *software*); todo ello enmarcado dentro de un proyecto que habrá sido definido por un conjunto de personas, y controlado, así mismo, por los técnicos responsables de su implantación y desarrollo.

-El manual Understanding GIS the Arc/Info Method define a un SIG como "Una colección organizada de hardware, software, datos geográficos y personal diseñados eficientemente para capturar, almacenar, dar de alta, manipular, analizar y desplegar toda la información geográficamente referenciada"

-Aronoff Stanley no dice que un SIG "Está diseñado para coleccionar, almacenar y analizar objetos y fenómenos donde la localización geográfica es una característica importante o una parte crítica del análisis.

-Cebrian y Mark, (1986) mencionan a los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS por sus siglas en ingles Geographic Information System) como "Una base de datos computarizada que contiene información espacial o también como una tecnología informática que se utiliza para gestionar y analizar información espacial".

-Bracken y Webster (1990) Definen a un Sistema de Información Geográfica como un tipo especializado de base de datos, que se caracteriza por su capacidad de manejar datos geográficos, es decir, espacialmente referenciados, los cuales se pueden representar gráficamente como imágenes.

-El NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis) (1991) dice: Un SIG es un Sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión" [NCGIA].

-Bosque Sendra, Joaquín (1992). Un Sistema de Información Geográfica se puede considerar esencialmente como una tecnología aplicada a la resolución de problemas territoriales.

-Goodchild, (1992). Un Sistema de Información Geográfica es un sistema computacional, que consiste en una base de datos que almacena información espacial y descriptiva de un entorno geográfico como parte del Mundo real; además de permitir la entrada, mantenimiento, análisis, transformación, manipulación y presentación de datos espaciales, de algún punto geográfico en particular.

Un SIG no es más que una herramienta capaz de combinar información gráfica (mapas) y alfanumérica (estadísticas...) para obtener una información derivada sobre el espacio geográfico.

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.

1.2.2 Breve Descripción de un SIG:

De una manera sencilla, se puede decir que en un S.I.G., básicamente, se distinguen dos diferentes subsistemas para la creación, introducción, almacenamiento y manipulación de los datos. Uno para los datos cartográficos, que normalmente es un sistema de tipo C.A.D., y otro para los datos alfanuméricos (atributos) asociados a los anteriores, que es un gestor de Base de Datos Relacional. Algunos productos comerciales de S.I.G. integran en un único sistema, que suele ser un gestor de base de datos, los dos subsistemas comentados anteriormente.

Con la interrelación entre ambos subsistemas, y a través de ciertos procedimientos, se proporciona conectividad, consistencia y robustez a los datos que contiene el S.I.G., pudiendo realizar, por lo tanto, una gestión y un análisis integral de los mismos, facilitando su gestión, explotación y mantenimiento conjunto.

Para poder distinguir un S.I.G. de un sistema C.A.D., radica en el SIG tiene la facultad de relacionar los objetos cartográficos, que también son manipulados por éste, con los elementos de una base de datos y por su propiedad más importante, que es la capacidad de consulta y análisis, así como la de elaboración de nueva información a partir de un conjunto de datos ya existentes.

Los Sistemas de Información Geográfica, mediante la numerización de los datos, representan la realidad del territorio y de los fenómenos y actividades que en él se desarrollan. Para ello, cada uno de los elementos u objetos terrestres recogidos en un S.I.G. son descritos, fundamentalmente, por:

- Su localización absoluta en la superficie terrestre mediante un sistema de coordenadas.
- La descripción de su posición y forma geométrica en dos o tres dimensiones, o simbolización.
- Por sus atributos inherentes (información alfanumérica) que lo califican y lo clasifican.
- Por sus relaciones espaciales con los demás elementos de su ámbito.

Hoy día existen sistemas de información que permiten realizar una gestión territorial más eficaz, asociando los usuales datos corporativos de tipo alfanumérico a la información cartográfica que describe el territorio.

Estas asociaciones se logran por medio de la geocodificación, que se basa en enlazar los datos alfanuméricos a una localización, posición o elemento cartográfico, como puede ser una parcela catastral, un tramo de calle, una dirección postal, un tramo de una red de aguas, una farola, etcétera.

En un S.I.G. las funciones de consulta o selección de la información se utilizan para buscar y elegir objetos de la base de datos, seleccionando aquellos que cumplen una condición determinada.

El resultado de una búsqueda puede generar un plano o mapa y/o una tabla de valores que contenga todos los objetos geográficos que cumplan con las condiciones especificadas, ya sean espaciales (una localización) o temáticas (el valor de un atributo)

Fundamentalmente, existen dos formas diferentes de realizar una búsqueda y seleccionar la información:

- Espacial o Geográfica. Su fin es determinar que valor temático aparece en una localización precisa o en uno o varios objetos geográficos, y responde a una solicitud.
- Temática o por Atributo. Se utiliza para localizar objetos geográficos que cumplan con determinados valores temáticos.

Las aplicaciones de los Sistema de Información Geográfica son tan extensas que la mayor parte de los datos que maneja una administración municipal pueden ser georreferenciados directa o indirectamente, por lo que su gestión, análisis y explotación pueden realizarse con un sistema de estas características.

De una manera muy simple e inmediata un Sistema de Información Geográfica se puede contemplar como "Un conjunto de mapas de la misma porción del territorio, de un lugar en particular, que tienen la misma localización geográfica en todos los mapas incluidos en el sistema de información". De este modo, resulta posible realizar el análisis de sus características espaciales y temáticas para obtener un mejor conocimiento de la zona.



Fig. 1. 2.1 Estratos o capas de información en un SIG

Un SIG relaciona datos espaciales y de atributo para el soporte de visualización de mapas con el propósito de permitir la actualización, consulta y análisis. Para instituciones de investigación y desarrollo, ayuda en el estudio de la distribución y monitoreo de recursos, tanto naturales como humanos, así como en la evaluación del impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente natural.

En las definiciones de SIG no queda bien claro el propósito práctico de esta tecnología, lo que es fundamental, ya que un Sistema de Información Geográfica se puede considerar esencialmente como una tecnología aplicada a la solución de problemas territoriales.

Las áreas de uso práctico de un Sistema de Información Geográfica son muy variadas: control y gestión de datos catastrales, de propiedad urbana y rústica (catastro multipropósito), planificación y gestión urbana. La cartografía y el control de grandes instalaciones (red telefónica, redes de abastecimiento y evacuación de aguas, redes de transporte), el marketing geográfico, etc. En realidad un Sistema de Información Geográfica es útil en cualquier área que sea necesario el manejo de *información espacial*. El uso de SIG también se ha incorporado al desarrollo de actividades del sector empresarial, permitiendo un manejo eficiente de los datos de tendencia demográfica, estrategias de segmentación de mercado y distribución de los productos entre otros.

Toda información que provee un SIG depende de la información que se tiene, es decir, de la base de datos disponible. La calidad de esta base de datos y su contenido determinan la cantidad y calidad del resultado obtenido del SIG. Un SIG **no se compra**, sino que **se construye**.

1.3 CONCEPTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

1.3.1 Requerimientos que debe cumplir un SIG:

Según Smith et.al. (1986) existen algunos requerimientos generales de carácter técnico en relación a la estructura y manejo de la información, que deben ser satisfechos, para que un sistema pueda ser considerado como de Información Geográfica:

1. Tener la capacidad para manejar grandes bases de datos, heterogéneos y multitemáticos, que, tengan representación espacial.
2. Tener la capacidad de indagar en tales bases de datos acerca de la existencia, localización y propiedades de un amplio rango de objetos con representación espacial.
3. Tener eficiencia en el manejo de datos para tales indagaciones, de tal manera que permita ser interactivo con el usuario.
4. Tener una configuración suficientemente flexible, como para permitir modificaciones con facilidad o bien para aceptar una amplia variedad de aplicaciones y de usuarios de diferentes disciplinas. Así mismo ser accesible en el intercambio de información con otros SIG, o bien con bases de datos que hayan sido elaboradas en otros sistemas.

A estos cuatro puntos es posible añadir uno más, el cual es cada vez más importante y fundamental en la actualidad: el que un SIG necesita tener un mínimo de técnicas estadísticas para procesar y valorar los datos, tanto de naturaleza espacial como no espacial, representados en los diferentes formatos aceptados por tales sistemas (celdas o raster, vectorial y tabular).



Fig. 1.3.1 Esquema Global de Trabajo de los SIG

1.3.2 Elementos básicos que conforman un SIG:

Los elementos que conforman un Sistema de Información Geográfica son:

- 1.-Hardware
- 2.-Software
- 3.-Gente o Personal
- 4.-Datos o Información
- 5.-Métodos



Fig. 1.3.2. Elementos o Componentes de un SIG

Pero son tres los aspectos básicos o elementos conformadores, que se tienen que considerar en el momento de estudiar y/o aplicar la tecnología de los SIG. Dos de ellos refieren a aspectos exclusivamente tecnológico-computacionales y el tercero corresponde a los elementos humanos que hacen uso y adaptaciones de esta tecnología (usuarios, instituciones, especialistas en computación, etc.).

A. Hardware. Elementos o dispositivos materiales para el manejo de la información.

Se refiere a los elementos materiales o físicos que hacen posible la integración, uso, transferencia, despliegue, etc., de la información que se emplea en el análisis espacial con SIG. Los componentes esenciales del "hardware" usados son principalmente:

-La unidad central de procesamiento (CPU de sus siglas en inglés), permite el control y manejo de la información. Se encuentran integradas a ella, las unidades de control de entrada-salida de información digital o manejo de discos (duros, flexibles u ópticos), usadas para guardar datos y programas.

-Dispositivos de interacción del usuario con la computadora (terminal, teclado y monitor(es)), los cuales permiten el control de la computadora y de los periféricos.

-Digitizador u otro dispositivo de entrada de datos gráficos (lector óptico o "scanner") que permite la conversión de datos de mapas y/o imágenes a formato digital, para ser enviados al CPU de la computadora.

-Un Graficador o "plotter", o cualquier otro tipo de dispositivo de despliegue gráfico de salida (impresora, cinta de video, transferidor a película fotográfica o "film-writer", etc.) que permita presentar los resultados del procesamiento de la información en el SIG, para su posterior interpretación por el usuario.

-Un sistema de almacenamiento, cuya función es la de guardar grandes volúmenes de datos y/o programas ya sea en cintas magnéticas o discos ópticos, para su conservación o para su transferencia a otros sistemas.

B. Software .Conjunto de Programas.

Los programas individuales, los cuales comúnmente conforman una estructura más compleja llamada Sistema de Información, realizan, cuando el usuario así lo requiere, una serie de rutinas a partir de las cuales se presentan al final de dicha secuencia de funciones empleadas, una serie de resultados de los procesos de manejo de información y cálculos. Estos programas tienen una estructura tal, que esos resultados se integran y utilizan directamente en otros programas del mismo sistema sin que el usuario lo note, de tal manera que al final de una secuencia de peticiones que le hace un usuario al sistema se ha pasado, regresado y llamado algunos resultados parciales de diferentes programas, los cuales integran estructuras cada vez más complejas dentro de dicho sistema.

Cada uno de estos programas individuales permiten realizar una secuencia de órdenes estructuradas lógicamente que facilitan la solución parcial o general de consultas o preguntas ("queries" en inglés) aplicadas a dicho sistema de información. Existen aspectos que se relacionan con las funciones técnicas que realizan los programas que componen un SIG, estas son:

-Rutinas de entrada, transformación y verificación de Datos. Son los aspectos relacionados con la captura y transformación, en formato digital, de los datos básicos obtenidos.

-Rutinas de almacenamiento y manejo de la Base de Datos. Manera en como el sistema estructura y organiza la información de los elementos considerados en el análisis y toma en cuenta sus características de posición, conectividad y atributos (propiedades topológicas).

-Rutinas para el procesamiento y análisis de la información. (Distingue un SIG de un Sistema Cartográfico Asistido por Computadora). Aquí se contempla que un SIG proporciona una serie de funciones del análisis de los aspectos espaciales y topológicos de la información geográfica, sus atributos no espaciales y la combinación de ambos. Cambios de escalas y de proyecciones cartográficas, rotaciones y translaciones de información espacial, despliegues 3D, cálculos de áreas, clasificaciones, "sobreposiciones" de mapas, análisis matemático y estadístico de mapas e imágenes, interpolaciones, etc., son sólo algunos de los procesamientos que se hacen con el módulo de análisis.

-Rutinas de Salida y Representación de los Resultados. Relaciona diversas maneras (mapas, tablas, gráficas e imágenes) en que pueden ser representados y obtenidos los resultados del análisis. Desde despliegues en pantalla, e impresiones en papel hasta archivos en formato digital.

-Rutinas de Interacción con el Usuario. La manera en como el usuario puede comunicarse con el sistema es un punto esencial para la aceptación y uso de un SIG. En general, los SIG instalados en computadoras personales, que funcionan a base de "menús" y/o "ventanas" permiten su aprendizaje y entrenamiento de una manera más sencilla y rápida, lo que redundará en la difusión y aprovechamiento de esa tecnología.

C. Los Usuarios. Aspectos de Organización y Objetivos.

Los aspectos técnicos considerados en los puntos anteriores, aseguran el procesamiento efectivo de la información, pero no permiten por si mismos confirmar que el análisis y la interpretación de los resultados sea el adecuado, es decir son los usuarios quien que se encargan de realizar esa tarea.

Lo fundamental es tomar en cuenta el contexto de la entidad institucional u organización donde se usa un SIG. Esto tiene relación con los objetivos de las instituciones, requerimientos y necesidades de planeación y manejo, entrenamiento del personal, características del equipo y sistema utilizado, etc.

El SIG cumple la función de ser la base para el manejo e integración de la información, necesaria para dar elementos de juicio a los planificadores, para que a su vez ellos, de acuerdo a su modelo de planificación, establezcan prioridades y metas. Al plantear las preguntas o "consultas" (queries), los SIG deberán "contestarlas" en relación a la información de partida.

Esta estructura de flujo y análisis de la información es realimentadora. Un aspecto básico que hay que considerar en esa estructura, es la posibilidad de generar internamente nueva información, a partir de los análisis realizados, y por otro lado la oportunidad de ampliarla "desde afuera", tanto en cantidad como en calidad (inventarios a más detalle, tanto en cubrimiento de espacio como de tiempo, o bien datos obtenidos a partir de otros métodos).

D. Los Datos o Información Geográfica y no Geográfica.

Los Datos son la materia prima en este caso son los datos geográficos, ya que éstos son los que darán forma a nuestro SIG. Los hay de dos tipos, alfanuméricos y gráficos; los primeros se refieren a datos, atributos y toda la captura de la información necesaria; los segundos están compuestos básicamente de mapas, cartas y todo lo que se obtenga del mundo real donde vivimos; esta parte abarca más tiempo, ya que se debe recolectar la información existente, aunque a veces ésta es obsoleta, y la que no se encuentre, (como es en la mayoría de los casos) se debe capturar o generar por uno mismo.

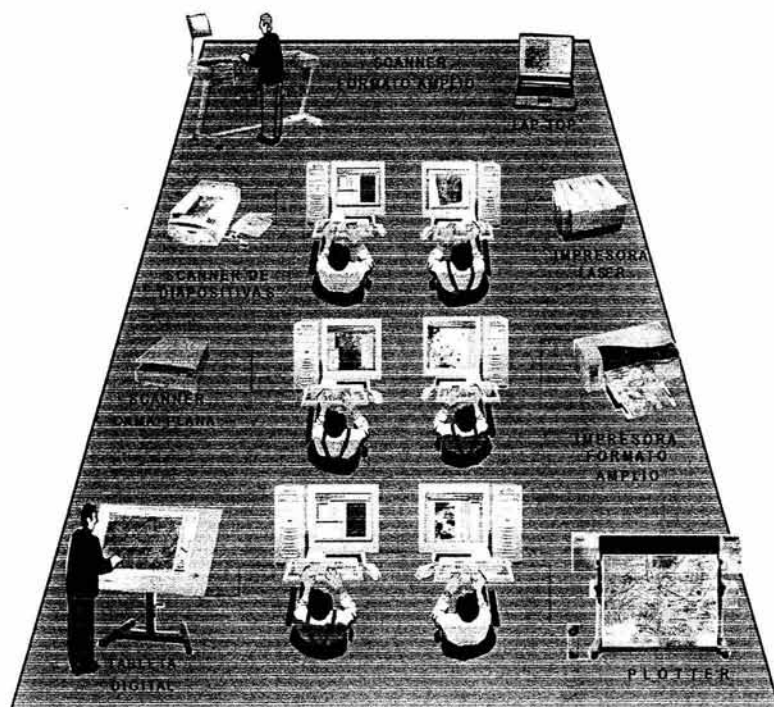


Fig. 1.3.3 Integración de los Principales Elementos de un SIG

1.3.3 Principales Niveles de Complejidad de Análisis realizados con un SIG:

Se han mencionado antes, aspectos acerca de las "consultas" que realiza el usuario o de las preguntas que plantea y con las cuales los resultados que se obtienen, a partir del procesamiento de la información dentro del SIG, y que permiten ser contestarlas, interpretarlas y definir conclusiones adecuadas. Para ello se emplean ciertas capacidades o funciones del SIG en la realización de tales análisis. Se habla entonces de los diversos Niveles de Complejidad de análisis que pueden ser realizados en el ambiente de esa tecnología (SIG).

Se puede hacer una descripción de cada uno de esos niveles de complejidad.

Por ejemplo el Primero se refiere al principio fundamental de la Geografía, la Localización "es el nivel más simple de análisis y con el se responde una pregunta específica ¿Qué está en...?, es decir qué clases de objeto u objetos están en el sitio o sitios que se están analizando o que se quieren analizar. Dicho de otra forma, con este nivel se determinan los tipos de propiedades o características que ocurren en un sitio definido por el usuario.

El Segundo Nivel lo que permite contestar es justamente el sentido opuesto, del tipo de análisis mencionado en el nivel uno, esto es partir del conocimiento de las características que describen a los objetos o sitios, se puede entonces preguntar ¿Dónde está o están los sitios u objetos con tales características? es decir, se establecen condiciones de localización de los sitios que se caracterizan por una propiedad definida.

El Nivel Tres corresponde a una complejidad mayor y se refiere, sobre todo, a la información analizada con un seguimiento a través del tiempo, es decir se considera el ¿Cómo han cambiado los sitios u objetos en el lapso o lapsos definidos? Para ello es necesario tener una resolución de la información al nivel máximo de detalle en relación al aspecto de temporalidad, esto es, tener cuando menos registros de información en dos momentos diferentes (fechas), para así establecer una tendencia mínima de la dinámica del fenómeno estudiado. Esto mismo no sólo se plantea en términos de tiempo sino que puede ser considerado con énfasis significativo, en los Cambios en el Espacio o Espacialidad.

A los tres niveles restantes de análisis les corresponde una complejidad considerablemente diferente y de más alto nivel que en los casos anteriores, ya que involucran, generalmente, algunas de las funciones relacionadas con análisis espacial.

El Nivel Cuatro esta compuesto de funciones que se relacionan con el Análisis de Redes dentro de un SIG. Su nivel de complejidad de análisis se refiere a la solución de la pregunta ¿Cuál es el mejor camino a seguir dentro de una red definida (ríos, gasoductos, calles, canales de riego, carreteras, etc.)? Entendiendo como mejor camino el que cumpla con las necesidades del usuario en función de los requerimientos establecidos para las variables condicionantes.

Para ello habrá que considerar el concepto de red, como una serie de elementos integrados, cuya característica espacial principal es el estar establecidos individualmente como estructuras de representación en forma de línea (segmentos o arcos), más que como superficies (polígonos) o puntos, en los cuales existen atributos de flujo los cuales caracterizan a cada una de las entidades y con las que se pueden establecer una serie de relaciones complejas.

El Nivel Cinco describe el análisis espacial y compara el patrón de distribución de los fenómenos, a partir de esto permite entender como concluir los procesos que producen esa distribución. Un ejemplo de pregunta en este nivel sería: ¿Existe una tendencia definida o patrón de distribución en las áreas erosionadas detectadas en el municipio X?. Este nivel define si las variables que se consideran como importantes (hipotéticamente al inicio de la investigación) realmente lo son y a partir de ello se puedan ir deslindando, por coincidencia de presencia-ausencia espacial, con las áreas que sí presentan el fenómeno que se estudia. El tipo de consultas relacionadas con la definición de patrones permite a los científicos sociales y del medio ambiente, así como a los planificadores, describir y comparar la distribución de fenómenos y entender los procesos que están involucrados en tal distribución.

El Nivel Seis presenta la mayor posibilidad de complejidad en análisis, es aquí donde se trata de englobar una serie de funciones del SIG que permitan diferentes tipos de análisis, para llegar a resolver el objetivo de realizar un modelamiento, es decir la aplicación de un modelo definido previamente. Dicho modelamiento se describe como la aplicación de una representación de un fenómeno estudiado, en términos de definir cuáles son las variables importantes o determinantes del proceso considerado, y además definir cuáles son sus tendencias de cambio.

Basado en un lenguaje formal se establecen las relaciones entre las variables, y se obtiene una respuesta del comportamiento del fenómeno a partir de una simulación controlada, es decir, condicionada por el sentido y magnitudes reales, de las tendencias de cambio de las variables. Este modelo está definido por un conjunto de teorías que explican las relaciones entre dichas variables. Tales teorías se determinan, en base a un método empírico, o a partir de una serie de mediciones continuas realizadas en el mundo real.

El uso de estos modelos permiten obtener respuestas a un fenómeno determinado, al definir en función de las tendencias de las variables definitorias, las respuestas a las preguntas del ¿Que va a pasar si...? ,es decir se trata de dar respuestas al fenómeno estudiado con base a la posibilidad de crear escenarios geográficos. Este proceso consiste en generar mapas o imágenes instantáneas de las condiciones futuras, que se presentarán en función de la aplicación de un modelo, o bien a partir de la determinación de las tendencias de variación en el tiempo de una o algunas de las variables que intervienen en tal fenómeno. Esto tiene como objetivo principal el realizar pronósticos geográficos, que resultan ser la información fundamental útil para la planificación del aprovechamiento de los recursos.

1.4. COMO TRABAJA UN SIG

Un SIG almacena información acerca del Mundo, como una colección de capas temáticas que puede estar ligadas mutuamente por la geografía. Esto es simple pero extremadamente poderoso y versátil, ya que ha proporcionado invaluable soluciones a problemas del Mundo real desde el seguir la pista a un vehículo hasta problemas más complejos y detallados como aplicaciones de planeación, modelado de la atmósfera para la circulación del aire. La figura siguiente muestra lo anterior:

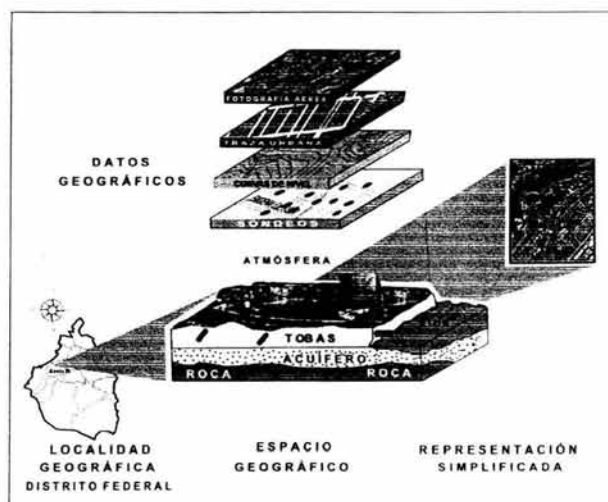


Fig. 1.4.1 Funcionamiento de un SIG.

En el funcionamiento de un GIS intervienen dos factores muy importantes, los cuales son la referencia geográfica (Espacio Geográfico) y los Datos Geográficos en sus modelos Vectoriales y Raster.

Referencia Geográfica: La información geográfica contiene una referencia geográfica explícita como es la latitud y longitud o coordenadas rectangulares o en su defecto una dirección, un código postal, etc. Un proceso automatizado llamado "geocoding" es utilizado para crear referencias geográficas explícitas (múltiples localizaciones) desde una referencia implícita (descripciones de cada dirección). Estas referencias geográficas permiten localizar distintos elementos como pueden ser negocios, áreas boscosas. Así también nosotros podemos localizar eventos como temblores sobre la superficie de la Tierra a través de un tipo de análisis.

Modelos Vectoriales y Raster: Un sistema de información geográfica trabaja con dos tipos fundamentales de modelos geográficos el "vector" y el "raster".

En el modelo vectorial se encuentran elementos como puntos, líneas y polígonos no codificados y almacenados como una colección de coordenadas x , y . La localización de un elemento puntual (pozos) se describe a través de sus coordenadas x , y . Los elementos lineales (carreteras y ríos) pueden ser almacenados como una colección de coordenadas de puntos. Los elementos poligonales (áreas de ventas, cuerpos geológicos) pueden ser almacenados con coordenadas cerradas que forman áreas.

El modelo vectorial es extremadamente usado para la descripción de elementos discretos y un poco menos utilizado para la descripción continua de elementos variables. El modelo raster envuelve estos elementos continuos. Y es representado a través de una imagen que se considera como una colección de celdas almacenadas en una rejilla. Ambos modelos almacenan datos geográficos y cada uno de ellos tiene sus propias ventajas y desventajas.

En la actualidad los SIG que mejor funcionan son aquellos que presentan ambos modelos para sus análisis.

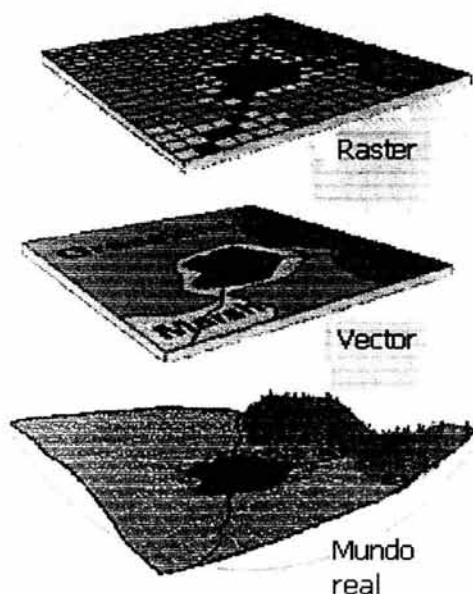


Fig. 1.4.2 Modelos Raster y vector en un SIG.

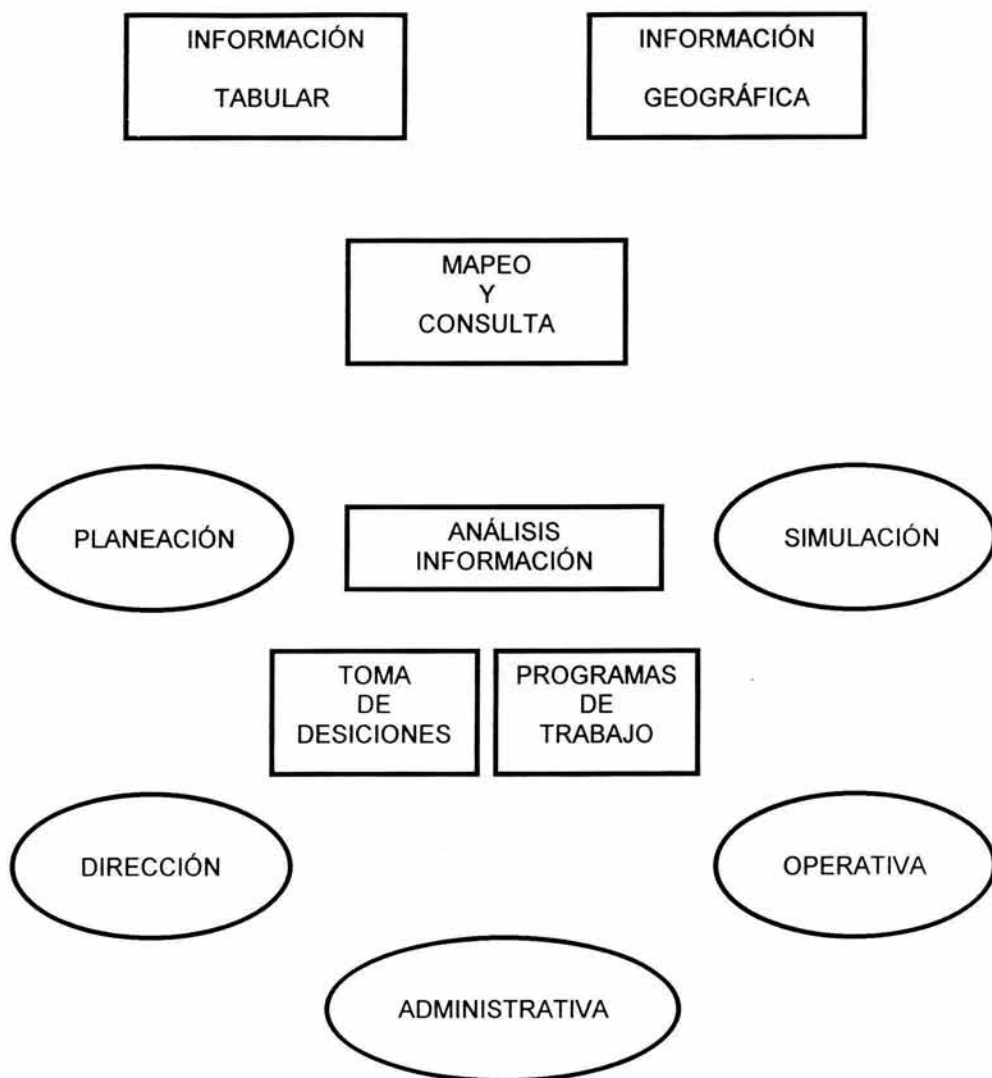


Fig. 1.4.3 Esquema de Trabajo de un SIG dentro de una Organización

1.5 FUNCIONES y OBJETIVOS PRINCIPALES QUE DEBE CUMPLIR UN SIG

1.5.1 Funciones de un SIG:

Un SIG es una herramienta computacional con capacidades específicas, por lo que su principal función es la de aumentar la habilidad del usuario para la toma de decisiones en investigación, planeación o administración.

1.-Funciones de Entrada. Son procedimientos que permiten convertir la información geográfica del formato analógico (especialmente mapas); al formato digital que puede manejar la computadora. La información también puede ser Tabular

2.-Funciones de Almacenamiento y Recuperación de la Información. Una vez codificada o digitalizada la información es guardarla, en diversos medios como discos duros, cintas magnéticas, diskettes, cd-rom, etc

3.-Funciones de Salida. Representación gráfica y cartográfica de la información. Se representan los datos incorporados en la base de datos del SIG y los resultados de las operaciones analíticas realizadas, estos permiten obtener mapas, gráficos, y tablas numéricas en diferentes soportes: papel, pantallas gráficas u otros.

4.-Funciones de Gestión de la Información Espacial. Se extraen las tablas de la base de datos con las porciones que interesan en cada momento.

5.-Funciones Analíticas. Elemento más característico de un SIG, facilitan el procesamiento de los datos que se encuentran integrados para obtener mayor información, y con ella mayor conocimiento del que inicialmente se disponía. Estas funciones convierten a un SIG en una máquina de simulación equivalente.

Comprender la funcionalidad de un SIG es muy simple, ya que podría decirse que es como un sistema experto, pero sin una máquina de inferencia que le ayude al sistema a aprender y tomar decisiones propias, ya que un sistema de información geográfica no infiere cosas, sino que responde a preguntas hechas con la información que tiene almacenada, trabajando con todo lo que tiene, hace un análisis a través de operaciones automatizadas y aprovecha todos los recursos con los que cuenta.

Al plantear las preguntas al sistema, se debe tener cuidado de como se van a formular o que se quiere preguntar exactamente, ya que se puede caer en confusiones y el sistema podría responder algo erróneo o que nosotros no queríamos saber pero que dio esa salida por el tipo de entrada (pregunta) que le dimos.

1.5.2 Propósitos que debe cumplir un SIG:

El propósito general de un sistema de información geográfica se basa principalmente en optimizar y realizar de manera adecuada las siguientes tareas:

- Entrada
- Almacenamiento
- Manejo de la información descriptiva
- Análisis y consulta
- Visualización

-Entrada. Antes de que la información geográfica pueda ser utilizada por un GIS, los datos deben convertirse a un formato digital. El proceso de conversión de datos analógicos (mapas en papel) es llamado "*digitalización*". La nueva tecnología GIS puede automatizar este proceso por completo, utilizando el reconocimiento de patrones para ello. Aunque pequeños trabajos pueden requerir alguna digitalización manual (uso de la tableta digitalizadora). En la actualidad muchos tipos de datos geográficos existen distintos en formatos que ya son compatibles con estos sistemas. Estos datos pueden obtenerse desde fuentes externas y cargados directamente en el GIS.

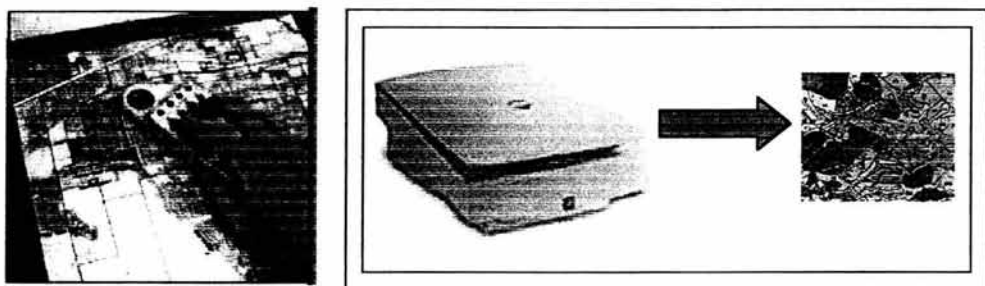


Fig. 1.5.1 Entrada de Información de un GIS.

-El Almacenamiento. Los tipos de datos requeridos para un proyecto GIS, dependen de las necesidades del mismo, ya que se necesita hacer una transformación en algunos casos hay que hacer esta información compatible con el sistema.

Por ejemplo la información geográfica se encuentra disponible en diferentes escalas (nivel de detalle). Antes de poder manipular la información ésta debe ser integrada y transformada a una misma escala. Este tipo de transformación puede ser temporal, ya que únicamente puede utilizarse para un despliegue o algún análisis específico. La tecnología SIG ofrece muchas herramientas para el manejo de datos espaciales.

Existen dos tipos de almacenamiento para un SIG, el almacenamiento en formato raster y en formato vector. Los datos vectoriales representan elementos geográficos como puntos, líneas y áreas, este es el más utilizado en la representación y manejo de datos espaciales. En el modelo raster los elementos son representados como celdas en una rejilla con una localización específica. Los datos en formato raster se utilizan con mayor frecuencia para hacer análisis espacial. Se debe utilizar el modelo raster solamente cuando se desea contar con relaciones de localización de un elemento geográfico.

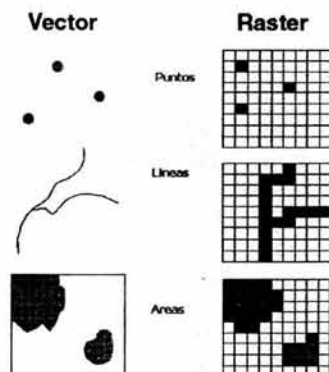


Fig. 1.5.2 Almacenamiento de la información en un GIS.

-Manejo de la Información Descriptiva. Para pequeños proyectos SIG, puede ser suficiente almacenar información geográfica como simples archivos. Pero cuando los volúmenes de datos llegan a ser grandes y el número de datos de los usuarios es más pequeño, lo mejor es utilizar un sistema manejador de base datos como auxiliar en el almacenaje, organización y manejo de los datos. En los SIG el modelo relacional es el más utilizado. En la actualidad se están desarrollando bases de datos geográficas haciendo uso del modelo orientado a objetos(SIG experimentales), pero este todavía no es lo suficientemente robusto para proporcionar un rendimiento óptimo en las aplicaciones SIG.

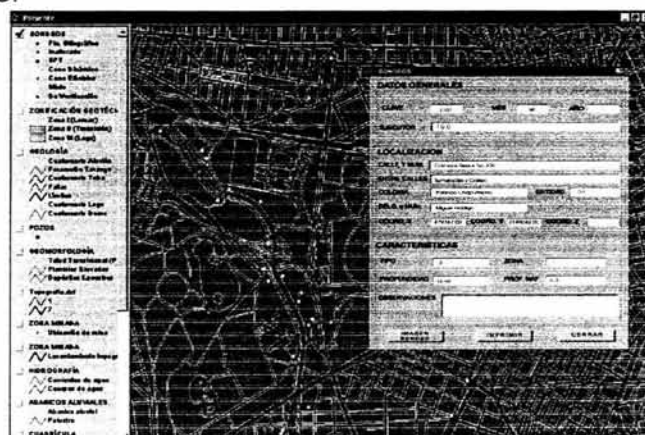


Fig. 1.5.3 Manipulación de la información espacial y descriptiva en un SIG

-Análisis y Consulta. Una vez que se tiene en funcionamiento un GIS, el cual contiene información geográfica, entonces se puede iniciar con la petición de consultas simples como pueden ser:

¿Quién es el dueño del predio de la esquina, ¿Qué distancia existe entre dos ciudades?, ¿Qué tipo de suelo existe en esta zona? ¿Cuántos sondeos existen para la construcción de una obra?

Los SIG proporcionan de manera rápida las respuestas a estas preguntas, a través de sofisticadas herramientas de análisis.

Entre los análisis más importantes se encuentran el de análisis de proximidad y el análisis de sobreposición.

El análisis de proximidad realiza los siguientes tipos de peticiones, por ejemplo: ¿Cuál es el número total de sondeos que se encuentran ubicados en un área de más de 10 Km. ? Para contestar a esta pregunta, los SIG utilizan un proceso llamado "buffering", el cual determina las relaciones de proximidad entre los elementos.

El análisis de sobreposición, se encarga de integrar diferentes capas de información. Este tipo de análisis se realiza a través de operaciones analíticas y requiere más de una capa de datos, ya que dará como resultado una capa unida físicamente en base a las otras.

Esta sobreposición o unión espacial puede integrar datos de distinto tipo como por ejemplo: suelos, vegetación, poblados etc.

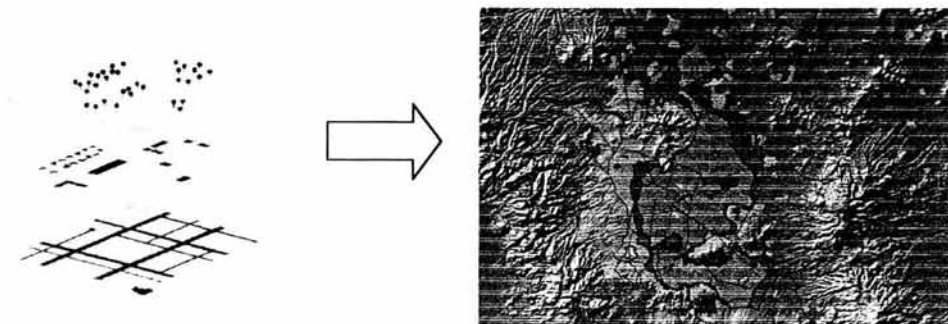


Fig. 1.5.4. Análisis de Sobreposición en un SIG.



Fig. 1.5.5 Análisis de proximidad en un SIG.

-Visualización. El resultado final del uso de operaciones geográficas es un “*mapa*”, el cual contiene información espacial y en algunos casos descriptiva de algún evento en particular.

Los mapas son muy eficientes para la comunicación y visualización de datos geográficos. Por otro lado los GIS proporcionan nuevas herramientas que hacen más sencilla y exacta la elaboración de un mapa.

Los mapas pueden ser integrados con reportes, vistas de tres dimensiones, atributos de una base de datos, imágenes aéreas y en algunas ocasiones con multimedia.

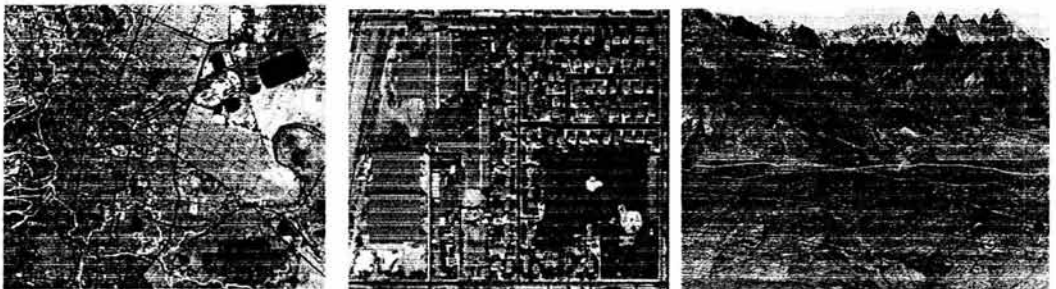


Fig. 1.5.6 Ejemplos de visualización de mapas con un SIG.

1.6 BENEFICIOS DEL USO DE SIG

Pasar de un ambiente de procesamiento manual hacia un ambiente digital no es solamente la adquisición y el uso de un nuevo "software", debe ser manejado como un cambio en la forma de consultar de datos. El éxito en la implementación de un sistema de información geográfica se basa en asimilar el cambio como un proceso de transformación integral, donde participan todas las componentes de la institución. La implementación de un Sistema de Información geográfica institucional, como proceso informático, no es la mecanización de los procedimientos administrativos antiguos, sino la introducción de nuevas herramientas tecnológicas que nos trasladan a una nueva dimensión en organización y análisis de la información. Dentro de los beneficios inmediatos se pueden citar:

-Los SIG permite realizar análisis variantes, es decir, nos permite realizar comparaciones entre escalas y perspectivas emulando una cierta capacidad de representación de diferentes lugares al mismo tiempo.

-Los SIG integran espacialmente datos tabulares y geográficos junto a cálculos sobre variables (topología).

-Incremento en la Calidad de la Información. El modelo de información espacial y su metodología imponen altas metas de control de calidad sobre los datos. Estos controles de calidad permiten al usuario generar información normalizada, consistente, validada y oportuna para apoyar los procesos involucrados, sistematizados para la adecuada toma de decisiones

-Incremento en el acceso a la Información. El acceso a la información dentro de un SIG se realiza a través de procedimientos tabulares y espaciales. Estos últimos agilizan notablemente la accesibilidad a los datos pues relacionan las entidades geográficas con los atributos tabulares.

-Eficiente flujo e intercambio de Información. Toda la información almacenada en un formato común facilita la comunicación y el incremento de los datos. Así mismo, se agilizan los procedimientos de captura de datos en los trabajos de campo, permitiendo bases de datos normalizadas y centralizada; todo lo anterior a partir de una buena toma de decisiones.

-Incremento de la productividad. Se reducen notablemente los procesos manuales habilitando la ejecución de procedimientos complejos con la consiguiente reducción en el tiempo de respuesta y el mejoramiento de la calidad del servicio.

-Reducción de costos a largo plazo. La optimización en el almacenamiento de la información implica una mayor eficiencia en las labores diarias de procesamiento de la información. El incremento en la exactitud de la información aporta un apoyo consistente y confiable al proceso de tomas de decisiones.

-Personal capacitado en la Tecnología. La modernización de los recursos humanos dentro de una institución, especialmente cuando se trata de tecnología de punta, es una excelente inversión en el mediano y largo plazo. Al igual que el uso de la plataforma Windows a incrementado notablemente los niveles de productividad, el uso de un SIG genera un ambiente de satisfacción generalizado al conocer y comprender herramientas que optimizan la producción y procesamiento de la información, con la que la productividad o rendimiento real individual se va a reflejar en la reducción de tiempos y costos de operación.

-Los SIG permiten la realización de análisis espacial sobre los datos. La pregunta "¿Cuál es la medida de población dedicada al desarrollo de proyectos SIG?" es una pregunta que no requiere de procesamiento espacial, es decir la elaboración de una respuesta no incluye el procesamiento de la información sobre latitud y longitud. Por otro lado, la pregunta "¿Cuántas personas viven en 100 metros de la rivera de un río?" incorpora la componente espacial y solamente resulta ser con la utilización de los datos relacionados con su localización. Un SIG proporciona las funciones necesarias para producir los resultados a este tipo de preguntas.

-Los SIG admiten 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.

1.6.1 Importancia de un SIG como Herramienta en la Toma de Decisiones:

Básicamente hoy en día se vive en un mundo espacial y temporal por naturaleza y estamos acostumbrados en nuestra vida rutinaria a interactuar con conceptos espaciales muy complejos. Vivimos en un domicilio, trabajamos en otros y nos desenvolvemos en muchas zonas como comercios, instituciones y las casas de las amistades, a estos tenemos asociados direcciones, distancias, posiciones relativas (atrás del metro X, a dos calles del Plaza Y, etc.) y muchos otros conceptos espaciales que manejamos en forma intuitiva.

Es por eso que muchos procesos de importancia involucrados en la toma de decisiones, deben estar referidos espacialmente. Investigadores en Geografía y otras disciplinas, por muchos años tuvieron problemas para relacionar el análisis y manipulación de entidades en un marco de trabajo en el espacio-tiempo. El medio más común para almacenar y presentar esta información fue tradicionalmente el mapa.

Pero la incorporación de los sistemas de computo y el avance conceptual de otras áreas, facilitaron el problema de almacenamiento, manipulación y análisis de grandes volúmenes de datos espaciales.

Un sistema de información geográfica trata representar un fenómeno real para producir información necesaria para los tomadores de decisión que pueden tener influencia en el mundo real.



Fig. 1.6.1 Ciclo de Retroalimentación de los SIG

Las necesidades de información dependen del Tema (transporte, suelos, medio ambiente, el Interés (político, administrativo, legal...), y el Nivel de decisión (estratégico, táctico, técnico...). La forma gráfica de la información (mapas, tablas, histogramas, fotos, videos...) debe permitir seleccionar el tipo de información de interés, pero también el tipo de usuario. La obtención de la información, es posible por la observación directa de la realidad y el uso de "modelos" de esta realidad, diseñados por otras personas. La obtención de la información apropiada debe considerar:

La fuente (confiabilidad): Un tiempo (modelo correspondiente a la realidad).

La Calidad (precisión): Un sitio (territorio considerado)

Pirámide de Toma de Decisión



(1) Mapa de desarrollo regional

(2) Mapa de suelos

(3) Plan detallado mostrando el perfil del puente.

Fig. 1.6.2 Niveles en la Toma de Decisiones dentro de un SIG

El Modelo es una representación simplificada de una realidad compleja para un objetivo específico, útil para entender, para recordar, para simular y tomar decisiones.

Para una mejor aproximación de la realidad, deben usarse muchos modelos diferentes y complementarios. En un sistema de información los modelos deben ser creados a partir de datos, procesos, actividades y eventos.

MODELOS.

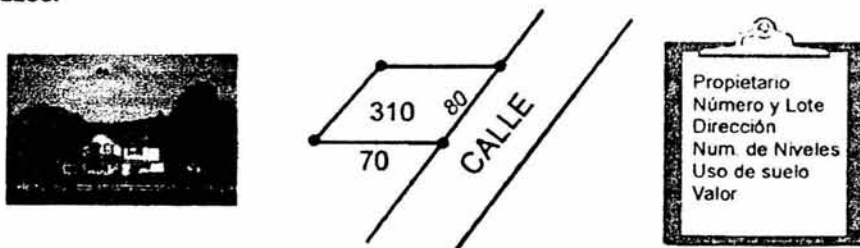


Fig. 1.6.3 Modelos que pueden utilizar los SIG

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

1.7 LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL SIG

Las características geográficas de un SIG se describen comúnmente por objetos vistos tanto en el medio natural (roca, suelo, clima, atmósfera, flora, fauna, etc.) como en el que ha sido modificado por el hombre (redes de agua potable y alcantarillado, catastro, líneas de transmisión etc.). Dichas características están asociadas a un marco de referencia geográfico y son representadas en forma digital en mapas mediante objetos geográficos abstractos (puntos, líneas o áreas diferenciados por colores, símbolos o anotaciones, explicadas por leyendas o textos descriptivos).

Como ya se ha mencionado, los elementos geográficos pueden ser representados en tres formas geométricas: puntos, líneas y polígonos. Las cuales representan elementos del Mundo real. Se utilizan estas formas geométricas llamadas vectores (Modelo de datos vectorial) porque algún elemento geográfico puede ser representado con una simple coordenada x , y o como una serie de coordenadas x , y .

La forma y localización de un elemento geográfico es llamada información espacial y la información descriptiva que proporciona características acerca del elemento (que es) es llamada información atributiva. ¿Dónde un elemento está? y ¿Qué elemento determina el tipo de análisis que puede realizarse sobre él?

1.7.1 Los Datos Geográficos:

Un Sistema de Información Geográfica es un herramienta computacional para manejar información/datos; es decir, para facilitar el entendimiento de los fenómenos espaciales. Este entendimiento está basado en los datos. Por ello parece necesario una discusión inicial sobre las características específicas de los datos espaciales o georreferenciados.

Los datos geográficos tienen dos componentes, los espaciales y los de atributo.

-Los datos espaciales son aquellos que se encuentran distribuidos en un área o superficie y que proporcionan la localización de los elementos geográficos bajo un sistema de referencia geográfico de coordenadas x , y . Se traducen en objetos simples como puntos, líneas áreas, mallas, etc. Por ejemplo, un sondeo está representado por un punto, una línea de transmisión por una línea, un predio por una área, etc.

-Los datos de atributo son registros que sirven para describir a los elementos geográficos; por ejemplo, el nombre del ejecutor de un sondeo, la longitud de un tramo de cableado, el nombre del propietario de un predio, etc.

Un dato geográfico se puede descomponer (conceptualmente) en dos elementos: la *observación o soporte* (1), una entidad de la realidad sobre la cual se observa un fenómeno; por otra la *variable o atributo temático* (2), que puede ser cualquier hecho que adopte diferentes modalidades en cada observación. Es decir, los objetos espaciales están dotados de propiedades intrínsecas las cuales se pueden medir; cada una de ellas constituye una variable o atributo temático asociado a un objeto. Los dos tipos de elementos tienen que ser manejados por un Sistema de Información Geográfica.

La diferencia entre la Geografía y sus datos con respecto a otras ciencias es la circunstancia de que el soporte de los datos geográficos está localizado en el espacio, lo que constituye una cuestión esencial del enfoque analítico de la Geografía y de las propiedades de los SIG.

Por otra parte las unidades de observación geográficas se pueden subdividir en dos grandes tipos:

-Unidades de Observación Naturales. Son aquellas donde la referencia espacial es *intrínseca* al propio hecho (variable) observado, por ejemplo, la subdivisión del espacio por usos del suelo. En este caso el trazado de los límites depende de las propias características del fenómeno analizado.

-Unidades de Observación Artificiales. Son creadas por el hombre, en las cuales la referencia espacial es *extrínseca* y ajena a los fenómenos o variables temáticas medidas en ellas. El mejor ejemplo es la partición del espacio en unidades administrativas, en este caso no existe ninguna razón *natural* para establecer unas u otras fronteras de separación, la definición humana de límites espaciales es siempre arbitraria.

1.7.2 Los Componentes Espaciales de los Datos Geográficos:

En un SIG las observaciones son objetos situados en el espacio. Un cuestionamiento importante es especificar cuáles son los componentes de esta situación espacial de un objeto geográfico. Nuevamente se pueden considerar dos aspectos: la localización geométrica o absoluta en relación con algún sistema de referencia exterior y las relaciones topológicas cualitativas que mantiene con otros objetos espaciales.

Para entender mejor esto, se puede reflexionar sobre cómo se hace referencia a la localización de un objeto espacial. Por ejemplo, "Mi domicilio está en el cruce de las calles San Sebastián y 22 de Febrero", es decir, no se emplean sistemas de referencia absolutos y cuantitativos, sino una enumeración de relaciones entre lugares/objetos espaciales de orden más bien cualitativo y poco preciso. Este tipo de información espacial es muy importante y útil, no sólo para la actividad real de una persona en el espacio, sino que también es necesaria en el funcionamiento de un SIG, ya que facilita en gran medida sus operaciones.

De hecho, se puede considerar que una diferencia clave entre un SIG y un programa de cartografía asistida por computadora estriba precisamente en la información topológica incluida en la base de datos de un SIG, lo que facilita desarrollar análisis y operaciones complejas con los datos espaciales. Por el contrario, un programa de cartografía sólo emplea la referencia absoluta para preparar los mapas digitales.

Los tipos de unidades de observación espacial, o los elementos geográficos que se distinguen, son tres y están en función de las propiedades geométricas/topológicas de las entidades geográficas, muy en concreto de las dimensiones espaciales de cada unidad de observación. Generalmente estos objetos son: puntuales (con cero dimensiones topológicas), lineales (con una dimensión) y poligonales (con dos dimensiones).

Lo primero que debe recordarse, es que estos dependen de la escala del mapa; ya que un mismo objeto varía sus dimensiones topológicas si se representa en mapas de distinta escala.

-Polylíneas o Arcos. Una Polylínea o arco, está definido por un conjunto ordenado de coordenadas cartesianas (x,y) que representan un elemento lineal, o como parte del cuerpo de un polígono en la superficie terrestre, tales como fronteras o límites, líneas de división o cambio de la manifestación de los fenómenos entre los que se destacan por su propagación superficial como cambios en el tipo de suelo, formaciones geológicas, áreas con fallas y rupturas tectónicas entre otros.

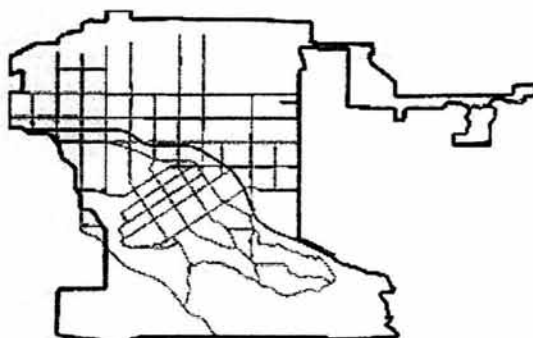


Fig. 1.7.1 Representación del elemento arco o línea.

-Puntos. Son elementos que están definidos por una coordenada cartesiana (x,y) y pueden cartografiar distintos elementos cuya distribución en el espacio no es uniforme, como puede ser la distribución de la población, así como determinados cultivos.



Fig. 1.7.2 Representación del elemento punto.

-Polígonos. Es un área definida por los arcos que conforman el cuerpo del polígono, los cuales pueden incluir en sí mismos elementos como los puntos u otros arcos. Muchos fenómenos de la naturaleza y de la vida social, cuya extensión es amplia, como pantanos, bosques, regiones de cultivo y la mancha urbana, es posible representarlas a través de estos elementos.



Fig. 1.7.3 Representación del elemento polígono.

En conclusión, un SIG debe estar en condiciones de manejar tanto las características espaciales de los objetos geográficos (la geometría o localización absoluta y la topología o relaciones cualitativas entre ellos) como los aspectos temáticos asociados a los objetos o unidades de observación.

1.7.3. Los Atributos Espaciales y Descriptivos de los Datos Geográficos:

Existen dos tipos de atributos en la información geográfica, los datos espaciales y los datos descriptivos. Sobre los mapas, los símbolos y los textos transmiten información descriptiva, ofrecen información textual que proporciona una ruta de acceso de información adicional organizada en otros archivos. Un mapa entonces, llega a ser una herramienta poderosa para referenciar información. El mismo concepto aplica a los modelos de datos espaciales. Una poderosa capacidad de un SIG es enlazar datos espaciales con datos descriptivos. En la figura 1.7.4 se muestra como la información espacial en un modelo de datos vectorial puede ser utilizada para representar elementos de localización y formas. Los atributos del elemento es información descriptiva que habla acerca de ellos.

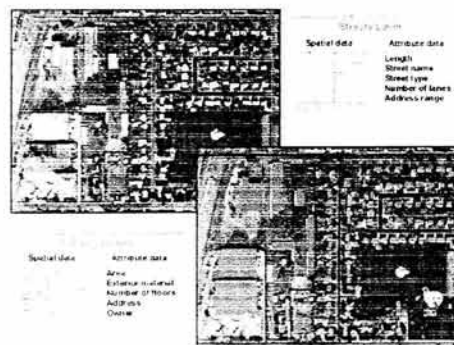


Fig. 1.7.4 Ejemplo de atributos espaciales y descriptivos.

Otros ejemplos que ilustran las relaciones entre información espacial y descriptiva son:

- La localización de un río y su nombre.
- La localización de un puente y su ancho.
- La localización de un espacio de área abierta y su tipo de vegetación.

Un SIG siempre enlaza datos espaciales y descriptivos, con un mapa como soporte se pueden desplegar objetos geográficos y sus descripciones, consultas a la base de datos y reportes y además se puede realizar análisis espacial.

En este caso, el objetivo de la figura 1.7.5 es mostrar como los datos espaciales se encuentran referenciados por un ID, de acuerdo al tipo de elemento topológico que se encuentre presente, a su vez esta capa espacial cuenta con datos descriptivos con respecto a los datos espaciales, almacenando alguna otra información importante para el análisis como puede ser la ubicación de cada uno de los objetos; es decir, las coordenadas correspondientes a cada elemento.

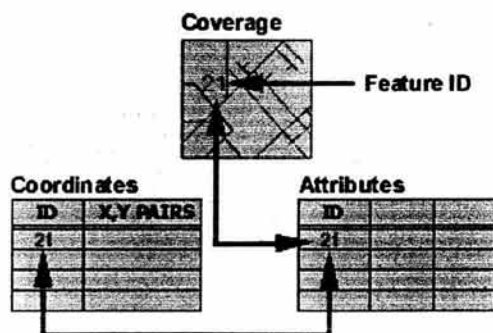


Fig 1.7.5 Relación entre datos espaciales y atributos.

1.8.-SIETE PASOS PARA LA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

En general, se puede comprender la estructura de un Sistema, de Información (SIG) a través del entendimiento de los objetivos funcionales de las organizaciones. Los siguientes 7 pasos son importantes para la implementación de cualquier SIG. En principio, se sigue una progresión lógica, pero la distinción empieza a ser confusa, conforme el proceso madura.

1.8.1 La Implementación hacia la Toma de Decisiones:

Discusión de diversos usos y funciones de los SIG.

- Este paso implica una *orientación* formal y una introducción de *los* SIG
- Las diferencias entre un diseño asistido por computadora (CAD) y un SIG.
- Las implicaciones en la estructura organizacional de una institución, requerimientos de operación, equipamiento, costo y personal.
- Elaboración de expectativas y tiempos generales de implementación.
- La tecnología y los aspectos que implica (legal, político, económico, científico).
- Modelo de datos relacional y orientado a objetos.
- Discusión de datos raster y vectoriales
- Demostración de hardware / software

1.8.2 Implicaciones de Organización:

- Determinación de tipos, de aplicaciones basadas en gráficas y ayudando como se usa la información gráfica.
- Identificación de los datos gráficos que maneje el personal en este momento. Entender qué, cómo y qué tan bien fluye la información entre secciones, departamentos y otras instituciones.
- Determinación de los formatos de datos y las escalas.
- Identificar cómo un SIG podría asistir a programas y proyectos específicos
- Identificar diversas soluciones de automatización (tanto hardware como software) que pudieran ser las apropiadas
- Identificar y considerar varios escenarios de organización para la implementación de un SIG, incluyendo el diseño de sistemas posibles, niveles de servicio y equipamiento
- Análisis de costos y beneficios de los SIG.

1.8.3 Objetivos Funcionales y Plan de Implementación:

Implica la creación y documentación de objetivos y funciones específicas de los SIG.

- Establecimiento de prioridades de automatización y tiempos asignados para los programas y proyectos.
- Consecución de fondos.
- Desarrollo de un plan para establecer y que el SIG realice sus procesos tanto interna como externamente.
- Seleccionar un escenario organizacional para la implementación de un SIG, niveles de servicio y equipamiento, incluyendo un líder de SIG, un administrador de sistema y un grupo de apoyo.
- Diseñar el proceso general para la toma de decisión por medio de un SIG y para la producción.
- Establecimiento de un plan de capacitación, para la mejor utilización y aprovechamiento del sistema.
- Formalizar los acuerdos de desarrollo y mantenimiento de los datos con otras organizaciones., según las características y objetivos concretos del SIG.
- Identificar los proyectos piloto potenciales y el desarrollo subsecuente de formas de crecimiento incluyendo datos deseados y posibles escenarios.
- Identificar financiamientos futuros para el apoyo del crecimiento de los SIG
- Seleccionar los temas del mapa base y la resolución para la exactitud deseada, problemas, estándares, escalas, requerimientos de atributos y de la base de datos, etc.
- Responder a preguntas tales como los requerimientos del manejo de datos, agencias, como la institución trabajará con otra institución, como se resolverán los problemas legales, quién tendrá acceso a los datos y cómo se conservará su integridad. Así como el costo aproximado de la implementación del sistema.

1.8.4 Diseño del Sistema:

- Este paso implica el diseño de las especificaciones del sistema que dará soporte al programa y a los objetivos proyectados de la institución.
- Diseño y esquematización de los ambientes de hardware y software.
- Descripción de las interfaces requeridas.
- Desarrollo de las pruebas de desempeño para el hardware y software.
- Establecimiento de un plan y cronología para adquirir el hardware y software necesarios.
- Descripción de la interfase de usuario.
- Diseño de los niveles de acceso a la información y seguridad.
- Descripción de la base de datos.

1.8.5 Requerimientos del Proyecto:

- Este paso implica la selección de un proyecto piloto y la evaluación de los datos y el financiamiento, requeridos para llevarlo a cabo.
- Identificación de los objetivos del proyecto, ejemplo, científico, político, etc.
- Determinación de los objetivos de calidad de los datos, rutas restrictivas y de decisión crítica
- Identificación de la información y los temas de base necesarios para completar el proyecto.
- Revisión de los formatos de los datos existentes.
- Determinación de quién será el responsable de la información.
- Evaluación de la información que existe fuera de la institución,
- Evaluación de costos para obtener o desarrollar información adicional. Búsqueda de financiamiento necesario.
- Identificación de un grupo de proyecto.
- Definición de actividades responsabilidades de cada miembro del equipo para el proyecto piloto
- Determinación si es necesaria capacitación adicional y ayuda externa.
- Decidir si es necesario hardware y software adicional,
- Establecimiento de procedimiento de calidad/control de la ubicación de puntos de verificación y datos blanco para el cumplimiento.

1.8.6. Diseño detallado de la Base de Datos:

Este paso implica el desarrollo, de una base de datos estructurada para asegurar que la institución y los objetivos del proyecto Se complementen.

- Evaluación del programa necesidades del proyecto. Revisión del software disponible,
- Diseño de las capas de datos.
- Diseño y definición de los esquemas de codificación, variables globales y convenciones para los nombres de los objetos.
- Creación de tablas de datos y tablas de relación, así como también estructura y documentación de los datos y del directorio del proyecto para todos los trabajos, relacionados con el proyecto.
- Definición de las características y relaciones de los datos.
- Diseño de los procesos para la entrada y conversión, actualización, mantenimiento y archivado de los datos.
- Adición de la documentación de los datos.

1.8.7 Aplicación y Desarrollo:

- Evaluación de las necesidades específicas de los usuarios.
- Diseño y prueba de macro-programas y menús de interfase del usuario para cumplir más eficientemente los propósitos del proyecto.
- Documentación de la prueba de aceptación para el cumplimiento del proyecto; desarrollo de interfaces amigables del usuario.
- Establecimiento de la estructura jerárquica de las cartas.
- Creación de búsquedas lógicas de datos y análisis de selección.
- Reconciliación espacial e inconsistencias de los datos para todas las capas de datos.
- Eliminación de la redundancia. Solución de problemas.
- Revisión de las soluciones a los problemas.
- Reevaluación de las metas del proyecto y aceptación de retroalimentación a partir de los directores del proyecto.
- Automatización y salida de todos los grupos de datos, incluyendo la entrada e importación de archivos.
- Creación y salida de archivos gráficos.
- desarrollo de un prototipo;
- Creación de gráficos de prueba y elaboración de una prueba para la aceptación del sistema.
- Verificación, ajuste y limpieza de salidas usando los procesos de calidad confiable / control de calidad.
- Corrimiento de la prueba de aceptación. Documentación y revisión de todos los procedimientos.
- Mantenimiento de todos los datos
- Procuración de financiamiento adicional.

CAPITULO III

Descripción del Procesamiento de la Información Geográfica

2.1 FUENTES DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

2.1.1 Datos Geográficos:

Una vez que se ha mencionado que un SIG se caracteriza por trabajar con información geográfica a diferencia de los sistemas de información, es necesario especificar las diferentes fuentes de información con que se cuenta. El principal componente de un SIG es principalmente los datos geográficos, así como los atributos que éstos contienen. La información geográfica representa problemas naturales, es decir, no toda la información sirve para el SIG en diseño, sino que después de seleccionar la que no sirva, ésta será extraída para analizarla, por ejemplo si se tiene una fotografía aérea y el diseño sólo requiere de las carreteras, la vegetación y los poblados que ésta incluya serán descartados.

Primeramente se hablará de las fuentes de información geográfica, la cual dependerá del tipo de SIG que se esté desarrollando, es decir, del tema en particular, pero además dependerá si es raster o vectorial, aunque es necesario mencionar que estos tipos de información se pueden intercambiar de un formato a otro.

2.1.2 Obtención y Captura de la Información Geográfica:

La mayoría de la información de los rasgos geotécnicos de la Cuenca de México con la que se cuenta está en formato analógico es decir en papel (sondeos geotécnicos) y en mapas (información INEGI) dicha información requiere ser transformada a formato digital para lograr eso se cuentan con diferentes métodos, uno de los más importantes es el Scaneo o Digitalización de Imágenes que es una técnica usada para la obtención de mapas u otras imágenes; hoy en día, se digitaliza de manera automatizada para obtener mejores resultados y tener mejor manejo de las imágenes digitalizadas, aunque aún se digitaliza manualmente. "La idea principal para la adquisición y procesamiento de imágenes, es llevarlas al dominio de la Computadora, donde estas se pueden desplegar, manipular y alterar. Cuatro procesos son manejados aquí: entrada, desplegado, manipulación y salida". Las computadoras que se han convertido en herramientas esenciales para el hombre en cálculos, procesos, operaciones y manejo de todo tipo de información, han permitido que esta disciplina se desarrolle cada vez más hoy en día.

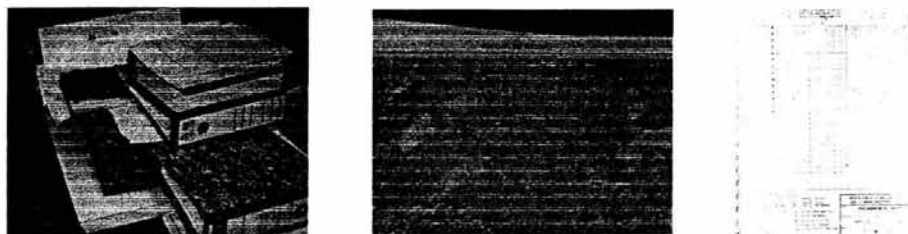


Fig. 2.1.1 Información Geográfica en Formato Analógico

Se pueden tener varias entradas de la imagen, a través de un archivo que ya se tenga guardado en algún medio magnético y con el software apropiado se recupera la imagen con un scanner, esto es, que la imagen pasa a través de un dispositivo óptico sensible que puede leer y registrar la imagen, de tal manera que se obtiene un campo de pequeñísimos píxeles a través de un chip CCD, (Charge Coupled Device), este dispositivo "es un tipo particular de arreglo de silicónes un tipo de chip de computadora-que actúa como un detector de la intensidad de la luz" en los cuales se registra un número que representa la intensidad de luz recibida de la imagen y la envía a la computadora a través de un convertidor analógico/digital, el cual pone la imagen en un arreglo de números. Este arreglo es desplegado como una imagen en formato raster y con el software apropiado, se puede visualizar y manejar.

Otra entrada de información geográfica, es a través de terminales interactivas de tipo sensor remoto (Global Position System) o imágenes de satélite, y finalmente la digitalización de imágenes a través de una tableta digitalizadora (que es la que nos importa, ya que fue a través de ésta que se adquirieron algunas curvas de nivel) que se usó para la creación del Modelo Digital de Elevación de la Cuenca de México, este modelo puede ser usado para derivar información valiosa acerca de la morfología, zonificación, superficie y principalmente para la obtención hidrológica de la Cuenca.

2.1.2.1 Captura de Vectores por Medio de Digitalización en Tableta

En la captura de imágenes a través de una tableta digitalizadora se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- 1) Recopilación de fuentes
- 2) Seleccionar las fuentes a utilizar ya sea por escala, tipo de proyección y fecha de edición;
- 3) Preparar las fuentes a utilizar.

Al digitalizar a través de una tableta, ésta nos permite convertir datos en formato analógico a formato digital pero almacenado como formato vectorial.

La digitalización vectorial de imágenes, es usada principalmente para mapas topográficos y en especial las curvas de nivel; para realizar este trabajo, el sistema crea una copia de trabajo de la Imagen a vectorizar, y conforme se digitalizan las curvas o trazos, estos se deben ir borrando del archivo de trabajo para asegurar que no se repitan trazos ya hechos.

Posteriormente será necesario realizar algunos tipos de tratamiento a la imagen para adecuarla a nuestras necesidades, ya sea que se quieran detectar arcos no conectados, picos pronunciados en los arcos, pseudo nodos, etc. Una vez que se ha digitalizado y revisado la imagen completa, se puede cambiar de formato para exportarse a otros módulos y generar el Modelo Digital del Terreno o Elevación.

2.1.2.2 Captura de la Información por Atributos

La entrada de atributos es una de las partes más importantes, ya que a través de ésta se introducen los datos necesarios para poder obtener un modelo lo más semejante a lo que se quiere modelar.

Una vez obtenida la imagen digitalizada, se introducen los atributos (rasgos o características de algún tipo) a éstas imágenes (en nuestro caso mapas geográficos), esto manejado a través de una cobertura (espacio de trabajo que contiene información en formato vectorial dentro de Arc/Info y generalmente representa cada clase de datos geográficos).

Cuando hablamos de temas, nos referimos a la forma en que se están almacenando los datos para su manejo; los más comunes son arcos, nodos, polígonos, puntos, etiquetas y textos; hay otros que son más elaborados y que se construyen a partir de los primeros como son rutas, secciones, regiones, puentes y extensión de la cobertura. La manera en que se relacionan estos segmentos va de acuerdo a las características geográficas que se quieren modelar o representar con ellos en la cobertura

Para la entrada de datos por atributos, la fuente de información de la base de datos, puede introducirse por medio del teclado ingresando los datos campo por campo; o bien importando la información de un archivo que haya sido realizado en algún procesador de textos o en alguna base de datos compatible con el software SIG que se este utilizando.

2.1.3 Modelos de Representación de la Información Geográfica (Raster-Vector):

Un SIG raster puede obtener información geográfica de un mapa analógico, éste puede ser digitalizado utilizando un scanner, él cual dará como resultado un archivo digital que después puede ser importado y manipulado en un SIG raster. Cabe mencionar que hay que prestar atención a la selección de la resolución con que sea scaneado el mapa aunque el resultado dependerá de la calidad del mapa original, dado que en algunos casos hay que remarcarlo para seleccionar la información que deberá figurar en una capa temática.

Otra manera de obtener información raster es por medio de imágenes de satélite, las cuales periódicamente, mediante sensores remotos, se registran en formato digital; la resolución de estos sensores es variable, esto en función de los distintos sensores remotos en activo. Posteriormente estas imágenes pueden ser procesadas para producir información geográfica, como usos del suelo, estado de cosechas, inundaciones, calidad del agua, etc. En la actualidad existen sistemas integrados que permiten realizar tratamiento de imágenes digitales aplicando operaciones como la corrección y clasificación; el análisis posterior se hará por medio del SIG raster.

En ocasiones la información ya se encuentra disponible en formato raster pero con formatos distintos, en este caso los SIG raster permiten la conversión de formatos raster comunes, por ejemplo TIFF, SUN raster, PCX, BIL, JPG o los de los sistemas arcview, arc info o erdas.

Una manera adicional de entrada de datos es cuando la información se encuentra en formato vectorial, en este caso es necesario utilizar un proceso de conversión de formato vectorial a raster, lo cual consiste en transformar la información vectorial a celdas de un mapa raster mediante un procedimiento de presencia-ausencia, es decir, si da una celda, queda usada parcial o totalmente por un objeto, sea un punto, línea o polígono, se registra su presencia, o en caso contrario, su ausencia.

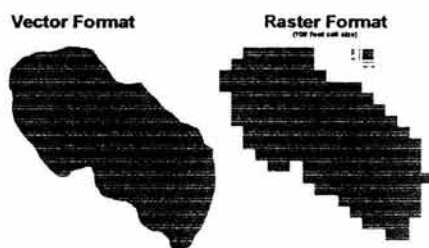


Fig. 2.1.2 Formatos de Información Geográfica (Vector y Raster)

Para el Modelo de Representación de la Información Geográfica Vectorial, se tiene una manera de obtener la información y es por medio de información digital disponible en archivos, esto es, información que suele existir en formato distinto a los que maneja el SIG vectorial, los cuales son posibles de utilizar pasando primeramente por un proceso de conversión, dicha información puede ser obtenida en formatos propios de instituciones públicas (por ejemplo INEGI) o privadas de archivos CADs (Autocad o DXF), de formatos vectoriales, de otros SIG vectoriales que sean estándares y de archivos en formatos raster que también sean estándares, los cuales serán convertidos a formato vectorial.

La información vectorial es proporcionada por la tableta digitalizadora con su respectivo mouse, la cual requiere tener un mapa analógico sobre la tableta. Existe otra manera de obtener información geográfica, por ejemplo de un GPS, el cual permite registrar coordenadas de algún terreno utilizando un receptor que recibe las señales emitidas por varios satélites, y realizando cálculos de triangulación, el receptor obtiene y registra la posición en que se ubica con un pequeño margen de error, el cual puede ser menor a un metro.

2.1.4 Tratamiento de la Información Geográfica:

Los documentos cartográficos nos proporcionan información sobre el entorno general del territorio a través de representaciones espaciales de los elementos naturales y artificiales, por medio de gráficos conformados en un idioma clásico o universal. Estos documentos proporcionan un soporte de información y comunicación útil para enmarcar la zonificación geotécnica y permiten ubicar los estudios y análisis.

Otro tipo de documentos que se utilizan como base para complementar y enriquecer el marco geográfico son las Imágenes de Satélite, Fotografías Aéreas de vuelos antiguos, el banco digital de fotografías panorámicas o convencionales de cortes, grietas, oquedades, galerías, derrames lávicos, etc. , que facilitan la descripción espacial de las características del subsuelo.

Para la organización de todos estos documentos se opta por adoptar una división del territorio en secciones regulares dentro de un sistema estándar. El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI, se encarga de dichas divisiones y además de la clasificación de la misma en mapas cartográficos. Esta división tiene las siguientes ventajas:

- 1) Permite sobreponer información para establecer una continuidad de una zona dada a un territorio más amplio.
- 2) Permite pasar de una visión regional a una local dentro de los límites naturales del territorio de la Cuenca de México.
- 3) Conduce a un tamaño de los documentos que resulta aceptable para la administración, monitoreo, etc.
- 4) Facilita el intercambio de datos y la difusión de los mismos.

La información cartográfica está agrupada en mapas con cuatro escalas de representación simbólica: 1:5,000; 1:10,000, 1:50,000 y 1:250,000. Un mapa a escala de 1:50,000 cubre más o menos 30 por 50 km. Un mapa a escala de 1:250,000 abarca 16 unidades de 1:50,000. La división del territorio en estas unidades permite pasar de una visión regional a una local en el territorio de la Cuenca de México. En zonas con gran densidad de datos, permite una representación simbólica de los datos a gran escala.

Para la elaboración de cartografía se toma como referencia un sistema de coordenadas, proyección, y un formato digital estándar coherente llamado DXF (Data Exchange File), con objeto de que toda la información quede definida y disponible en un marco o estructura universal de cartografía; todo ello, con el fin de contar con una representación apropiada de la superficie terrestre.

2.1.4.1 Almacenamiento de la Información Geográfica

Todos los datos de un SIG, espaciales o no espaciales, deben de ser físicamente almacenados en algún lugar de la computadora, estos se pueden dividir en tres categorías que se mencionan a continuación:

El Almacenamiento primario. Almacenamiento que puede ser manipulado directamente por el CPU, el principal ejemplo de este tipo de almacenamiento es el disco duro, este tipo de almacenamiento es el más rápido, pero el más costoso. El segundo es el almacenamiento secundario. Usualmente basados en dispositivos magnéticos, es decir dispositivos externos como cds, floppys, o memory sticks, que son accedidos indirectamente por el CPU, estos medios son más lentos de acceder, pero son más baratos. Por último tenemos el almacenamiento Terciario que son dispositivos poco usual que normalmente se encuentran fuera de la computadora para almacenar grandes cantidades de información, estos pueden ser jukeboxes, o robots de almacenamiento.

2.1.4.2 Automatización de los Datos

Al momento de consultar un SIG, lo ideal es que muestre la información geográfica así como sus atributos correspondientes, lo cual implica que al momento de seleccionar algún componente geográfico se seleccionen sus atributos para que cuando el usuario quiera verlos, estos estén disponibles. De hecho existen dos tipos básicos de automatización, una de ellas es cuando la información espacial describe la ubicación y la forma de los rasgos geográficos y su relación espacial con otros rasgos geográficos. El otro tipo es cuando la información es descriptiva acerca de los rasgos geográficos

2.2 ELEMENTOS PRINCIPALES QUE INTERVIENEN EN LA CARTOGRAFÍA DIGITAL

Una de las grandes ventajas que presentan los SIG, es que cuentan con una base muy sólida para la construcción de cartografía digital; y por esto es necesario que un sistema de información geográfica se pueda confeccionar y emplear de una forma correcta los mapas geográficos. Para esto es necesario comprender sus propiedades y particularidades, es por ello que el estudio y elaboración de mapas requiere de un enfoque analítico.

La principal característica de cualquier mapa geográfico es su representación cartográfica. Esta se interpreta de acuerdo a la asignación del mapa de ciertos fenómenos naturales y sociales, además de que ofrece una serie de conocimientos sobre su distribución, estado, vínculos y a veces su desarrollo. Estos fenómenos y su conocimiento forman el *Contenido del Mapa*. El contenido del mapa puede ser dividido en distintos elementos geográficos que corresponden a fenómenos naturales y sociales representados en el mapa. Por ejemplo algunos elementos del contenido de los mapas topográficos son: las aguas y el relieve de la superficie terrestre, la cobertura vegetal, las ciudades, las vías de comunicación y otras comunicaciones, algunos aspectos de la industria, de la agricultura, de la cultura y de la división política y administrativa. Las leyes geométricas de la estructura y las propiedades de la representación cartográfica se determinan por su base matemática, en la cual intervienen las Proyecciones Cartográficas, la Escala y la Red geodésica de apoyo.

La Proyección Cartográfica expresa la dependencia analítica que hay entre las coordenadas de los puntos de la superficie del elipsoide terrestre y su representación plana. La confección del mapa está predeterminada por la estructura del sistema de las líneas de coordenadas planas, o sea, la representación plana de las líneas correspondientes referidas a las de la superficie del elipsoide.

Una u otra red cartográfica es la base de cualquier mapa geográfico, es decir, es uno de sus elementos imprescindibles. No obstante, en algunos mapas a veces no se pone la red de coordenadas, por ejemplo cuando el mapa cubre un espacio relativamente pequeño, o no es destinado para mediciones, o es un esquema. La red geodésica de apoyo garantiza el paso de la superficie física de la Tierra a la superficie del elipsoide y una situación correcta de los objetos geográficos del mapa de acuerdo con la red de coordenadas. Esta red es necesaria en el proceso de los levantamientos y generalmente figura sólo en los mapas topográficos.

El tamaño de una representación cartográfica está determinada por los marcos del mapa, la orientación de éste de acuerdo con los marcos, la división de los mapas de tamaño grande en hojas y el sistema de signos y están en relación con la red de coordenadas del mapa y su escala.

Cualquier mapa además de la representación cartográfica tiene elementos auxiliares que facilitan su lectura y el trabajo con él. Entre los elementos auxiliares esta la leyenda del mapa, es decir, el sistema de signos que se emplean en el mapa con las explicaciones correspondientes, los gráficos para medir por el mapa las distancias, los ángulos, las superficies, las coordenadas de los distintos puntos, los gradientes, etc. Entre los elementos auxiliares están también los datos informativos de la fecha y el tiempo de confección del mapa, así como las fuentes que fueron empleadas para su realización. Finalmente, en los bordes del mapa o en los lugares libres dentro del marco se ponen a veces gráficos complementarios: perfiles, diagramas, bloques-diagramas, tablas y datos de texto, que aclaran, completan y enriquecen la propia imagen cartográfica.

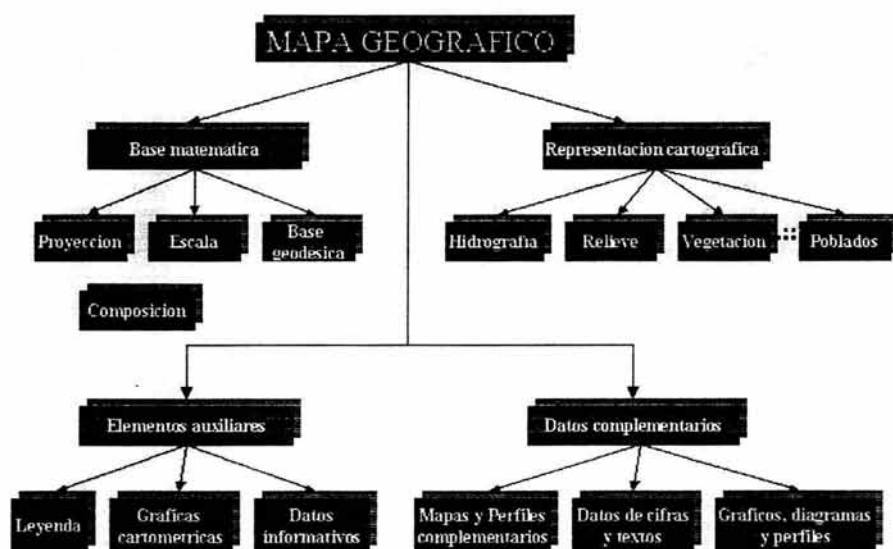


Fig 2.2.1 Esquema de los Elementos de un Mapa Geográfico General.

2.2.1 Proyecciones en Cartografía Digital:

El paso de la superficie física de la Tierra a su representación en un plano, consiste en primer lugar en la proyección de la superficie terrestre con su complejo relieve sobre la superficie del elipsoide terrestre, lo cual se realiza en el proceso de los levantamientos topográficos; y en segundo lugar, en la representación de la superficie del elipsoide sobre un plano, con ayuda de una de las proyecciones cartográficas.

La Tierra se utiliza como una esfera, y se debe transformar su superficie en tres dimensiones para crear un mapa plano. Esta transformación, usualmente se hace realizando una conversión matemática, es comúnmente llamada Proyección.

La proyección cartográfica es un método de representación determinado matemáticamente, a partir de la superficie del elipsoide o de la esfera sobre un plano, establece una dependencia analítica entre las coordenadas geográficas de los puntos del elipsoide terrestre y las coordenadas triangulares de los mismos puntos en el plano.

En la práctica cartográfica es común la denominación de las proyecciones de acuerdo con el tipo de superficie geométrica que puede ser empleada durante su construcción. Para poder analizarlas de manera más simple, en lugar de un elipsoide consideremos una esfera, desde este punto de vista se distinguen las siguientes proyecciones:

-Cilíndricas. Cuando la superficie auxiliar es la superficie lateral de un cilindro tangente al elipsoide o que lo corta. Las proyecciones cilíndricas pueden tener una línea de tangencia o dos líneas secantes alrededor del globo. La proyección UTM es una de las proyecciones cilíndricas más comunes, y el ecuador es normalmente la línea de tangencia. Los meridianos son geoméricamente proyectados sobre la superficie cilíndrica, y los paralelos son matemáticamente proyectados, produciendo ángulos en la retícula de 90° . El cilindro se corta a lo largo de un meridiano para producir la proyección cilíndrica final. Los meridianos son espaciados equidistantemente, mientras el espacio entre los paralelos se incrementa conforme se aleja de los polos.

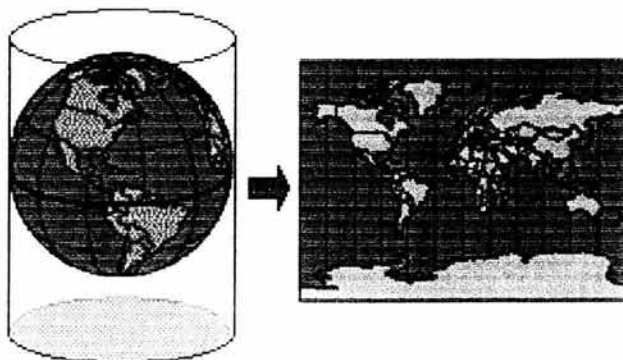


Fig. 2.2.2 Proyección Cilíndrica.

-Cónicas. Cuando la superficie auxiliar es la superficie lateral del cono tangente o secante. La proyección cónica más simple es una tangente al globo a lo largo de una línea de latitud. Esta línea es llamada paralelo estándar de la proyección. Los meridianos son proyectados en la superficie cónica. Las líneas paralelas de latitud son proyectadas en el cono como anillos. El cono es cortado a lo largo de los meridianos para producir la proyección cónica. La distorsión se incrementa en el norte y el sur del paralelo de tangencia, por este motivo se corta la parte superior del cono para producir más precisión en la cobertura. Dentro de las proyecciones cónicas podemos mencionar la Proyección Cónica de Lambert.

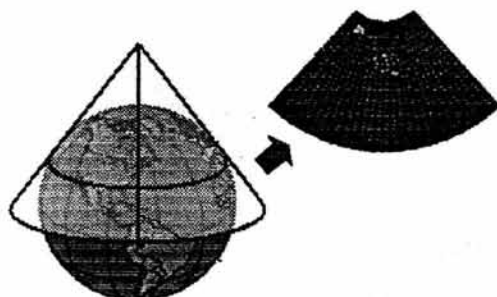


Fig. 2.2.3 Proyección Cónica.

-Azimutales. Cuando la superficie auxiliar es un plano tangente o secante. Las proyecciones planas proyectan los datos del mapa sobre una superficie plana tocando a la esfera. Este grupo de proyecciones es usualmente tangente a la esfera en un punto, pero tal vez secante. El punto de contacto puede ser el polo norte o el polo sur, un punto sobre el ecuador, o cualquier otro punto. Este punto especifica la apariencia y el punto central de la proyección. El punto central es especificado por una longitud central y una latitud central.

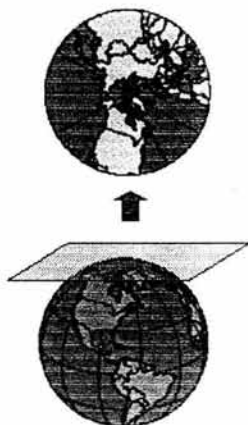


Fig. 2.2.4 Proyección Azimutal.

Las proyecciones pueden ser empleadas según la zona, algunos ejemplos de ellas son las siguientes: Para el Mundo: Mercator, Transversa, Robinson. Para un hemisferio : Lambert Azimutal, Azimutal, Estereografía. Para un continente o una región pequeña: Mercator, Lambert, UTM, Polar.

2.2.2 Sistema de Coordenadas:

Una ventaja primordial que ofrecen los sistemas de información geográfica con respecto a los sistemas CAD, es la de contar con métodos para la georreferenciación de la información espacial. Pero, ¿Qué es la georreferenciación? Es un procedimiento fundamentado en una base matemática, que consiste en proporcionar una referencia numérica del Mundo real a la información espacial, a través de diferentes transformaciones y algoritmos previamente diseñados, cabe señalar que este método consiste en tomar valores o puntos de control reales, ya sea por alguna otra fuente de información (Mapa en papel, puntos GPS, Geocoding, etc). O datos ligados directamente a la base de datos. Existen dos tipos de sistemas de coordenadas para la referencia de la información espacial:

-Sistema de Coordenadas Latitud – Longitud (Coordenadas Geográficas).- Es el sistema de referencia más familiar, es muy utilizado para identificar la localización de puntos en cualquier parte de la superficie de la Tierra. La latitud – longitud son ángulos medidos del centro de la Tierra a un punto x. La latitud es medida de Norte a Sur y la longitud es medida de Este a Oeste. Una rejilla referenciada de líneas de latitud y longitud sobrepuesta en la superficie de la Tierra para referenciar diversos sitios. Las líneas de longitud también son llamadas *meridianos*, comienzan en el polo norte y terminan en el polo sur. Las líneas de latitud en algunas ocasiones son llamadas *paralelos*, rodean al globo por medio de anillos paralelos. La latitud y la longitud son tradicionalmente medidos en grados, minutos y segundos (DMS).

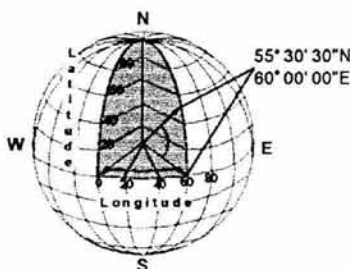


Fig. 2.2.5 Representación de la Latitud y la Longitud.

-Sistema de Coordenadas Planas UTM (Coordenadas en metros).- Los sistemas de coordenadas planas, también son llamados sistemas de coordenadas cartesianas, tienen muchas propiedades, lo cual hace que sean muy utilizados para la representación en mapas. Entre las principales propiedades se encuentran que utilizan dos dimensiones "x" que se encarga de medir en dirección horizontal y con valores que oscilan entre los cientos de miles y por otro lado "y" que mide distancias en dirección vertical con valores que oscilan en millones.

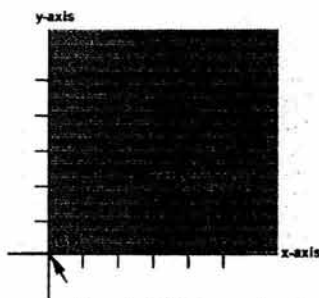


Fig. 2.2.6 Representación del Sistema de Coordenadas Planas.

2.2.3 Red de Coordenadas:

La red de coordenadas es una representación plana de la red de líneas correspondientes a las del elipsoide terrestre. En la confección de los mapas, la red es la base para la construcción de la imagen cartográfica. Durante el manejo del mapa, la red nos permite: determinar los puntos de las coordenadas del elipsoide terrestre, colocar en el mapa los puntos por sus coordenadas, medir la dirección de las líneas en relación con los países del Mundo y calcular las escalas y las deformaciones en cualquier lugar del mapa.

Entre las redes de mayor uso está la Rejilla Cartográfica, la única que se emplea en los mapas de escala pequeña para la representación de los meridianos y paralelos geográficos. Su valor está en relación con el profundo sentido geográfico de los meridianos y paralelos. Los meridianos coinciden en su dirección norte - sur y los paralelos en su dirección este - oeste. Estas direcciones, que pueden ser determinadas en el lugar, sirven para orientarse durante los trabajos de campo con el mapa. Esta propiedad de la red cartográfica es esencial para los mapas topográficos.

En los mapas de escala pequeña, la red cartográfica además de ser un medio para la orientación geográfica, es la base para hacer distintas generalizaciones y conclusiones que parten de la zonalidad latitudinal en la distribución de muchos fenómenos naturales.

Los paralelos siempre se cuentan a partir del Ecuador; y los meridianos, desde el meridiano inicial, que por acuerdo internacional se ha aceptado considerar como tal al meridiano de Greenwich, donde se halla el observatorio astronómico principal de Inglaterra.

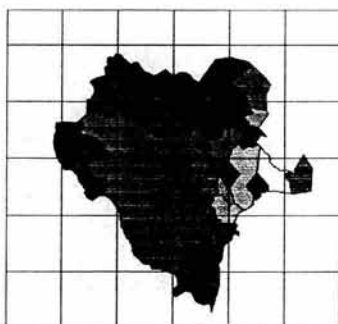


Fig. 2.2.7 Representación de la Red de Coordenadas.

2.2.4 Escalas:

La escala determina el grado de disminución de las longitudes de un objeto al pasar de su forma natural a su representación. Es la relación que hay entre la longitud de las líneas de la representación y la longitud de las líneas correspondientes al lugar u objeto. En cartografía es la relación de la longitud de las líneas de la proyección horizontal y la superficie del elipsoide. En la práctica cartográfica se conoce que para manejar con mayor comodidad los mapas, éstos deben tener la escala numérica y la escala gráfica. La escala es la característica más importante del mapa, de la escala depende la precisión cartográfica (nivel de detalle), la exactitud de las mediciones y la dimensión total para la muestra de un territorio en concreto. En conclusión las escalas se utilizan para determinar distintos niveles de detalle de la información espacial, es decir, nosotros a una escala determinada podemos observar un objeto espacial, cuya relación topológica es un polígono, pero al modificarse esta escala, este objeto puede convertirse simplemente en un elemento puntual.

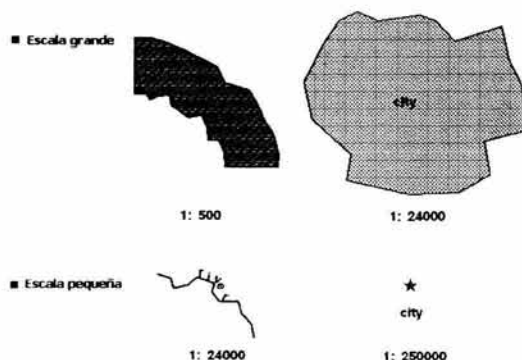


Fig. 2.2.8 Representación de Distintos Niveles de Detalle.

2.3 BASES DE DATOS GEOGRAFICAS

Para el desarrollo de cualquier Base de Datos (BD), se tienen tres etapas típicas:

-El **Diseño Conceptual**, en el cual se identifican tanto los requerimientos de información, como los datos disponibles en cada una de las áreas de la Institución, generando el Modelo Conceptual y las descripciones específicas de los datos producidos en cada una de ellas. La descripción de cada uno de los datos de un área en particular, conforma el Diccionario de Datos del área o tema.

-La segunda etapa, se denomina **Diseño Lógico**, y consiste en la integración de los modelos particulares en un modelo global de información. Este modelo global se analiza con el fin de eliminar redundancias, y se realiza una optimización general, para construir el esquema formal (modelo lógico) de la BD, que define su estructura en un lenguaje establecido.

-La última etapa, denominada **Implantación Física** o modelo físico, consiste en la creación de la representación computacional (diseño y creación de registros, archivos, métodos de acceso, restricciones de seguridad etc.) de la BD. Es hasta esta etapa en que la BD se materializa en un equipo de computación, utilizando las capacidades que el equipo seleccionado presenta en particular. Ello también significa que un modelo lógico o conceptual determinado puede tener diferentes implementaciones físicas, dependiendo del equipo computacional o de los equipos en que se decida implantar.

Las tres etapas aquí descritas son dinámicas, pues los modelos generados en cada una requieren de revisión y actualización constantes, debido, entre otros factores, a la evolución de las necesidades internas y externas de información, al desarrollo de más detalladas especificaciones de los datos, o a la disponibilidad de nuevos equipos y herramientas computacionales.

2.3.1 El Diseño de la Base de Datos Geográfica:

En el caso particular de la BDG, se inicia el diseño conceptual con la revisión de contenido de cada uno de los productos tradicionales de información (cartas, reportes, estudios). Esta revisión brinda la oportunidad de analizar en toda su extensión, los contenidos detectando elementos de información que podrían ser complementarios, o posibles duplicaciones e inconsistencias de información.

Una Base de Datos Geográficas (BDG) es un núcleo del Sistema que comprende el conjunto de datos geográficos organizados en archivos gráficos y alfanuméricos, procedentes de los distintos componentes del propio Sistema. Esta base debe incluir toda la información en la materia: topográfica, temática de recursos naturales, censal y catastral.

Una Base de Datos Geográfica constituye una instancia en la que se almacenan datos para el desarrollo de sistemas específicos de información geográfica. Además de ser un elemento básico para el desarrollo e integración. Una BDG está a disposición de los usuarios para efectos de consulta y como medio de transmisión de información para múltiples propósitos y toma de decisiones, por lo que contribuye al desarrollo de la información geográfica de México.

Un SIG es capaz de almacenar Información Geográfica y Temática, pero al hablar de bases de datos, es conveniente aclarar que un Sistema Manejador de Bases de datos (DBMS) presenta problemas para almacenar y tratar información espacial.

Manipular los datos geográficos implica el manejo de conceptos espaciales, como proximidad y superposición de mapas, estos conceptos no los maneja un DBMS, un SIG necesita capacidades gráficas que no son soportadas por un DBMS.

Ante esta problemática se ha recurrido a almacenar separadamente la información geográfica o espacial y la temática o por atributos, esto permite que a cada objeto espacial le corresponde un registro en la base de datos en el que se almacenan sus atributos relacionados por medio de un número de identificador, esta solución recibe el nombre de modelo de datos híbrido.

Al Convertir productos de información geográfica de forma analógica a forma digital, impone la necesidad de considerar que los mecanismos de percepción y análisis de información digital difieren de los tradicionales. Los productos convertidos serán procesados por computadoras, y aunque pueden ser visualizadas en monitores gráficos, su análisis se realiza fundamentalmente por la combinación de métodos de análisis geométrico, métodos estadísticos, y consultas de bases de datos (Sistemas de Información Geográfica).

Los datos que constituyen esta información se clasifican de acuerdo a su naturaleza, en tres tipos: vectorial, raster y alfanuméricos. El tipo vectorial contiene los datos provenientes de las cartas que a diferentes escalas se han elaborado; el tipo raster contiene la información de tipo imagen, de rejilla o teselar, tal como imágenes de satélite y modelos digitales de elevación. El tipo alfanumérico comprende los datos tabulares y textuales, tales como los reportes de campo, o los resultados de análisis de muestras recolectadas.

Para cada uno de estos tipos de información, es necesario contar con la definición explícita de su contenido, estructura relaciones y normas que lo rigen. Estas características constituyen el Modelo de Datos específico para cada tipo de dato. De esta manera se conforma el Modelo de Datos Vectoriales, el Modelo de Datos Raster y Modelo de Datos Alfanuméricos.

Actualmente las bases de datos contienen información de tipo geográfico y cartográfico en diferentes temas, datos estadísticos e imágenes obtenidas por diferentes tipos de sensores remotos. En dichas bases el usuario podrá rápidamente encontrar, recibir, desplegar y usar datos elaborados por diferentes instituciones, sin importar la identidad de la institución, localización física o el formato digital de los datos.



Fig. 2.3.1 Cartografía

El desarrollo de bases de datos con información global y el intercambio o transferencia de información se logrará con la participación coordinada de múltiples organizaciones, encargadas de generar y actualizar los datos. Así también, en forma coordinada, se establecerán y aplicarán estándares internacionales para la generación y procesamiento de datos. Tales estándares abarcarán los aspectos de equipo y programas de cómputo, de tal manera que se pueda hacer uso de los datos sin importar qué equipo y programas de aplicación se empleen. Por otro lado se aplicarán estándares internacionales al contenido de las bases de datos, su catalogación y los metadatos.

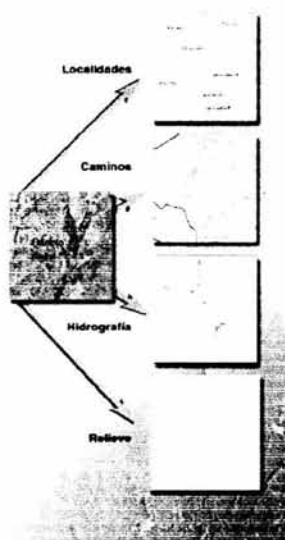


Fig. 2.3.2 Elaboración de Mapas

2.4.- MODELO DE REPRESENTACION VECTORIAL

El Modelo Vectorial es una estructura de datos basada en coordenadas comúnmente usadas para representar rasgos geográficos lineales, cada rasgo lineal está representado como una lista de vértices ordenados.

El modelo vector se obtiene al momento de digitalizar una imagen en una tableta, al hacer el seguimiento de curvas de nivel, vialidades, estados u otras características físicas del mapa o carta que se este digitalizando a través de un mouse o una pluma para digitalizar

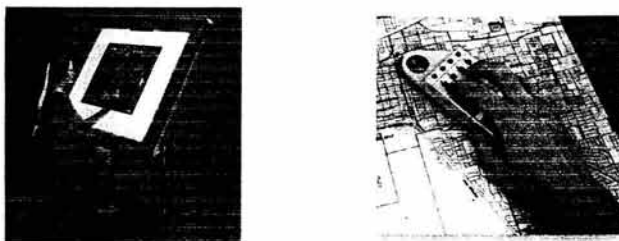


Fig. 2.4.1 Obtención de Información Vectorial

Este modelo representa características geográficas en forma similar que los mapas comunes y corrientes. Esto se hace a través del sistema de coordenadas cartesianas (x,y), así se hace la referencia a lugares en el mundo real. "En este modelo cada lugar es grabado como una coordenada x,y; los puntos como una sola coordenada, las líneas son grabadas como una serie ordenada de puntos coordinados, las áreas como una serie de coordenadas definiendo segmentos de líneas que encierran un área

Las Estructuras de datos de vector tradicionales incluyen doble digitalización de polígonos y modelos arco nodo. También se tienen otros rasgos geográficos compuestos por rasgos geográficos por ejemplo, los límites de la cuenca de México pueden ser modelados por los estados que la componen y estos son áreas.

Los rasgos geográficos pueden cambiar y se debe tener en cuenta estos cambios históricos pues son importantes, por ejemplo, un área determinada de tierra de la cual se tiene registrada su forma original, después se subdivide para vender pedazos separados de este mismo terreno; dos rasgos geográficos que pueden traslaparse son dos rutas de camiones distintas que transitan por la misma calle.

Para la representación de las superficies, el modelo de datos representa cada superficie como una serie de isolíneas, por ejemplo, las elevaciones deben ser representadas como una serie de contornos. Sin embargo es útil para desplegar información, no fácilmente soporta los cálculos de características tales como pendientes de la superficie en un punto en particular o la dirección de una pendiente. Ambas características son importantes para el análisis que implica dicha superficie.

2.4.1 Digitalización Vectorial por Medio de la Tableta Digital:

La digitalización automática ha sido una línea de investigación en constante desarrollo en los últimos años debido a que los métodos de digitalización manual son lentos y proporcionalmente muy costosos dentro de los procesos. El método usado más común en la actualidad se basa en el uso de microdensitómetros de exploración (scanners) que detectan un cierto número de niveles de gris (o componentes de color) en un mapa original mediante sensores ópticos.

Existen dos variantes básicas en función del formato del resultado, vectorial o raster. En la primera, el cabezal se sitúa al inicio de una línea y realiza el seguimiento de la misma de forma automática, generando directamente una salida vectorial. Este proceso presenta problemas en los casos en que las líneas se interrumpen o se cruzan: cotas en medio de las curvas de nivel, caminos o carreteras que las cortan, etc., por lo que precisa de un operador que intervenga para solucionar todas las situaciones conflictivas. En el caso de mapas sencillos y limpios de información imprecisa, el método supera en eficacia a la digitalización manual, pero si la información es compleja puede ser considerablemente más lento.

La digitalización mediante scanners puede generar también salidas en formato raster cuando el barrido se hace de acuerdo con un esquema matricial. La salida digital es una matriz de valores de gris, de componentes primarios (amarillo, cian y magenta) en los dispositivos sensibles al color o, simplemente, de blanco y negro. La generación de esta matriz es un proceso simple pero constituye una información que no es aprovechable directamente para la construcción del modelo digital. Para transformar el conjunto de datos en algo más útil se sigue a continuación un proceso de vectorización de este archivo raster que, para un mapa topográfico, implica las siguientes fases:

1. Filtrado. En esta fase, la imagen raster, se le asigna un valor umbral de gris, todos los píxeles se asignen a blanco o negro. Se trata esencialmente de un realce de contraste que persigue la eliminación de las sombras y manchas en el papel.
2. Vectorización. Aquí la imagen es contrastada de forma que los píxeles adyacentes se estructuran en líneas, generándose una imagen vectorial. Su semejanza con el mapa original es función de la calidad gráfica y complejidad de éste; pero, suele ser un producto poco depurado debido a las dificultades de separar las líneas de nivel de cualquier otra entidad del mapa. Esta fase puede realizarse de forma automática o interactiva, donde la toma de decisiones ante situaciones conflictivas la realiza un operador ante la pantalla gráfica.
3. Edición y revisión. Aquí interviene un operador, ya que los procesos descritos suelen ofrecer resultados plagados de errores, especialmente en el caso de mapas complejos o de mala calidad. Aquí algunas veces el resultado no puede cumplir con las exigencias de coherencia topológica de un modelo de elevaciones y necesita de una completa revisión con la referencia del mapa original.

2.5 MODELO DE REPRESENTACION RASTER

Es una estructura de datos de celdas compuesta por renglones y columnas para almacenamiento de imágenes. Grupos de celdas con el mismo valor representando características de ésta.



Fig. 2.5.1 Representación de datos en Formato Raster

El modelo raster está compuesto por una matriz de celdas y está organizada "en renglones y columnas a las que se les denomina malla, tiene puntos de tamaño regular (llamadas celdas o píxeles) las cuales almacenan valores y cada localización está representada como una celda. Cada renglón contiene un grupo d'e celdas con valores que representan los fenómenos geográficos y las celdas contienen valores numéricos los cuales representan datos geográficos.

Cuando se almacena una imagen en una computadora se está usando un modelo tipo raster, cuando se usa este tipo de modelo se ve una superficie continua. Hay tres maneras de interpretar cada punto en un modelo de estos, primero un punto forma parte de un elemento de la imagen; segundo, interpretarlo como una medida del valor de su color o de gris; la tercera es definir un píxel relativo como un punto de referencia de algún rasgo geográfico; cuando se crea un grid se crea una labia de datos VAT en la cual se guardan en una columna los valores que tiene cada celda y en otra columna cuantas celdas contienen ese valor, pero se pueden crear más campos en la tabla en caso de ser necesarios para el manejo de otro tipo de información.

Los valores en cada celda pueden representar algún tipo de clasificación como tipo de vegetación, tipo de suelo o asentamientos humanos. Éstas se pueden ver como una medida de satélite que mide la luz que refleja la tierra o pueden ser interpretadas como una elevación geográfica.

El modelo raster representa todos los rasgos geográficos como puntos líneas y polígonos, un punto se representa como un sólo valor en una celda, una línea se representa como una serie de celdas conectadas que pintan una longitud y un área como un grupo de celdas conectadas pintando algún tipo de forma.

En el modelo raster la resolución depende de la representación que se tenga en el tamaño de cada celda, esto es que una celda puede tener dimensiones grandes o pequeñas. En este modelo las relaciones espaciales son implícitas, por lo tanto, las relaciones espaciales almacenadas explícitamente no son requeridas como en el modelo vector. Este modelo es georeferenciado especificando el sistema de coordenadas en el cual se está trabajando con la malla, el tamaño de las celdas es dado por las distancias que se manejan en el mundo real al igual que las esquinas de los vértices de la malla.

Para la representación de superficies, el valor de la superficie (por ejemplo la elevación) es registrada para cada celda. Más que tener el valor representado en celda completa, éste es representado únicamente por un punto en el centro de la celda, a éste grupo de puntos dentro de las celdas en la malla se le llama entretejer una superficie (lattice), éste soporta cálculos de pendientes de las superficies como ver el cambio de valor en una pendiente sobre una distancia, direcciones de las caras de las pendientes e interpolaciones de los contornos. Hay un modelo llamado Red Triangular Irregular TIN (Triangulated Irregular Network) que se deriva del modelo de datos raster que "es un modelo alternativo del modelo raster y sirve para representar superficies continuas, éste modelo representa una superficie como una serie de triángulos ligados y estos pueden tener sus vértices en cualesquiera de los puntos por lo que son irregulares y estos triángulos crean una red para almacenar las relaciones topológicas de los triángulos. El elemento fundamental de esta construcción es el nodo"

Los tres modelos son muy útiles para modelar la Tierra, ya que cada uno tiene su propio sistema coordenado, una escala y el ajuste de sus coordenadas para que al llevarse a cabo un análisis con estos se tenga la seguridad que la misma coordenada representa al mismo lugar en cada modelo, esto es la georeferenciación (tener la referencia de un elemento con su posición verdadera dentro del mundo real). Esto nos ayuda en el análisis, manejo, cálculo y desplegado de nuestros datos.

2.5.2 Georeferenciación de un Mapa:

Cuando se haya terminado con la introducción de atributos, se debe proceder a dar la ubicación que tiene este modelo sobre la tierra, esto es, obtener su georeferenciación geográfica (asignarles las coordenadas correctas de acuerdo al sistema coordenado que se elija), se define por la proyección del mapa sobre el sistema coordenado deseado y se cuidan las tolerancias con que se llevarán a cabo todas las operaciones por realizar, un ejemplo es cuando se está digitalizando un mapa, se toman en cuenta las unidades en que se expresa la digitalización, y estas tolerancias con las trabaja afectarán la resolución alrededor del movimiento de coordenadas o la salida del mapa cuando se lleva a las unidades originales, se debe tener cuidado al crear la cobertura y asignar valores a su tolerancia en la entrada de los datos.

Cuando se haga la georeferenciación, debe realizarse aplicando la transformación de las coordenadas o ponerle un sistema coordenado adecuado, la utilización de cada uno de ellos depende de si hará una transformación a partir de un archivo con las coordenadas reales o si se desea cambiar el sistema de coordenado a otro diferente al que se tiene.

2.6 FOTOGRAFIA AEREA

La Fotografía Aérea es una representación objetiva del terreno en el momento de la exposición y contiene gran cantidad de información que permite interpretar su contenido y características. Una vez tomada la fotografía, se determina la cantidad, calidad y posición del elemento estudiado.

La Fotografía Aérea ha llegado a ser un documento objetivo, gráfico, fiel y de amplia cobertura sobre el terreno en el momento de la exposición, permitiendo ampliar los horizontes de observación del medio físico y satisfacer la curiosidad humana por comprender mejor el mundo que lo rodea y responder a las preguntas formuladas en torno al ambiente, sus características y recursos. Al igual que las imágenes de satélite, la fotografía aérea constituye un insumo fundamental para la elaboración de cartografía básica y temática.

El proceso para la toma de fotografía aérea se ha modernizado al equipar las naves con cámaras que cuentan con microprocesadores para el control automático de sus funciones, incluyendo la compensación de movimiento de la imagen. También se han instalado navegadores GPS para la conducción precisa de las aeronaves, lo que permite ubicar geográficamente el centro de cada fotografía al momento de la toma y con ello mejorar los procesos fotogramétricos que en la actualidad son digitales.

Mediante éste sistema se obtienen los insumos necesarios para el estudio del territorio y para la generación y actualización de las cartas topográficas en diversas escalas. Estas fotografías se utilizan también para la realización de cartografía temática y estudios geográficos diversos.



Fig. 2.6.1 Equipo a bordo de aeronaves

A bordo de los aviones equipados con cámaras métricas, especialistas sobrevuelan el territorio para realizar la toma de fotografías que proporcionan un registro fiel de las características del terreno: montañas, ríos, vegetación, ciudades, vías de comunicación, entre otros rasgos



Fig. 2.6.2 Mosaico de fotografías aéreas

2.6.1 La Fotografía Aérea Digital

Las Fotografías Aéreas Digitalizadas son insumos básicos para la generación de ortofotos, documentos cartográficos requeridos, entre otros propósitos, para apoyar actividades de campo y actualización cartográfica. Una fotografía digital tiene la ventaja de mostrar rasgos de un terreno con todos sus detalles en el momento en que se realiza la toma aerofotográfica, ubicado en su verdadera posición y a una escala relativamente uniforme, que permite realizar mediciones precisas y extraer información confiable.

El uso de la Fotografía Aérea Digital es diverso: como la captación de datos sobre la localización de mantos acuíferos y bancos de materiales para la construcción y planeación del trazo geométrico de las líneas vitales (agua, luz, gas, etc.) u obras de infraestructura como presas, aeropuertos y carreteras, entre otras. Su desarrollo da lugar al nacimiento de otras ramas: la fotogrametría por una parte y, por otra, los sistemas de fotointerpretación aplicados a la generación de información temática de recursos naturales.

La Fotogrametría es una técnica muy precisa, ya que complementa el trabajo de campo al momento de precisar los puntos requeridos en la ubicación geográfica de los mapas. También constituye un apoyo sustancial de los levantamientos topográficos, geodésicos, geológicos, geofísicos y geotécnicos con lo que se logran reducciones significativas de costo y tiempo en la producción cartográfica.

El uso de la fotografía como fuente de información, aporta ventajas que no proporcionan los métodos de topografía clásica:

- El registro es total, continuo y objetivo.
- Permite el estudio de objetos inaccesibles.
- Tiene un alto rendimiento.
- Movimientos y formas complicadas se pueden medir fácilmente.
- No existe interacción con el objeto a medir.
- Es de fácil manejo y conservación.

La aplicación de la fotogrametría terrestre a los levantamientos arqueológicos, arquitectónicos y obras de arte se está imponiendo cada vez más, pues facilita un censo o catálogo métrico del patrimonio artístico para legar a las futuras generaciones, y además nos proporciona la información necesaria para una perfecta restauración y reproducción del objeto, en el caso de un deterioro por el paso del tiempo o una destrucción accidental.



Fig. 2.6.3 Fotografía Aérea Digital (Ruinas Mayas)

Una de las limitaciones de la fotografía aérea viene dada por el ángulo visual y las ocultaciones de unos elementos respecto a otros, como consecuencia de la corta distancia de la toma fotográfica con respecto a la excavación.

Dentro de la Fotografía Aérea tenemos a la Fotointerpretación que es una técnica de análisis de imágenes, mediante la cual es factible extraer una enorme cantidad de información de las fotografías aéreas. También permite la identificación y ubicación de los rasgos conocidos del terreno. Con la ortointerpretación es posible elaborar cartas geológicas, de suelos, etc.

El Laboratorio de Geoinformática de la Coordinación de Geotecnia del Instituto de Ingeniería, UNAM, cuenta actualmente con un acervo de fotografías aéreas digitales de aproximadamente 4,450; las cuales, cubren aproximado de toda el área metropolitana de la ciudad de México. En la siguiente figura se muestra el mosaico fotográfico correspondiente a la Carta ciudad de México.



Fig. 2.6.4 Mosaico fotográfico digital, correspondiente a la Carta ciudad de México

2.7 IMÁGENES DE SATELITE

Las Imágenes de Satélite son imágenes de la superficie terrestre captadas por sensores instalados en plataformas satelitales, cuya misión es la observación de nuestro planeta. Esta información es procesada digitalmente para derivar productos o insumos para las distintas actividades de actualización cartográfica.

Una Imagen de Satélite es uno de los recursos más valiosos con los que se cuenta para auxiliar a la descripción de las características del subsuelo para fines de su estudio. Las Imágenes de Satélite muestran una definición en tiempo real e instantáneo tanto de los cambios experimentados por fenómenos naturales o inducidos por la actividad humana como del estado actual de las condiciones o características de los elementos que conforman el entorno natural y construido por el hombre.

Las imágenes de Satélite nos permiten determinar las características cuantitativas y cualitativas de los objetos o fenómenos que ocurren o se ubican a lo largo y ancho de la superficie terrestre con base en su posición y distribución espacial, dimensiones, evolución a través del tiempo, partes componentes, etc. así como su interrelación con otros objetos, con el fin de obtener un mayor y mejor conocimiento del territorio sujeto a estudio o análisis.



Fig. 2.7.1 Imagen de Satélite, composición 3,4,7

Una imagen de Satélite también se emplea como un método de reconocimiento en diferentes disciplinas y su evaluación es uno de los primeros pasos que deben darse cuando se va a explorar o estudiar un sitio o territorio; debido principalmente a que definen la envoltura del espacio geográfico mediante su imagen real fotográfica que cualquier otro recurso no proporciona, logrando con ello obtener una síntesis adecuada o visión de conjunto de toda el área o superficie del territorio.

Una imagen de satélite puede concebirse como una matriz de números que refieren un valor de reflectancia; una vez transformados, estos valores permiten generar una imagen. Cada número es adjudicado a una celda (o elemento de escena, píxel), cuyas dimensiones en el terreno definen la resolución espacial de la imagen. Así, el valor de cada celda en una imagen de satélite representa la cantidad de radiación que llega al sensor, desde los objetos presentes en la superficie terrestre. En forma simplificada, se puede suponer que ésta se encuentra cubierta por tres elementos fundamentales: vegetación, suelo, agua, y sus combinaciones.

El procesamiento de estas imágenes consiste en manejar los valores de reflectancia en dos etapas relacionadas entre sí: pre-procesamiento y clasificación multiespectral; la primera implica las correcciones radiométricas y geométricas de la imagen. La segunda implica la segmentación del paisaje con base en la respuesta espectral de su cobertura. Esta extracción de información temática es comúnmente el objetivo central cuando se analizan imágenes de satélite para estudios del ambiente. Los criterios para el análisis visual de una imagen son: tono, color, textura (gruesa, mediana y fina) sombras, patrón espacial, contorno, formas de la imagen.

2.7.1 La Aplicación de las Imágenes de Satélite en México:

El uso y análisis de las imágenes de los diversos satélites han permitido desarrollar aplicaciones de beneficio social por parte de instituciones del sector público, privado y académico entre ellas:

- El Servicio Meteorológico Nacional (SMN), que proporciona información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local y vigila continuamente la atmósfera para identificar los fenómenos hidrometeorológicos que puedan afectar las distintas actividades económicas. El SMN cuenta con una estación terrena receptora de imágenes del satélite meteorológico GOES-8, el cual se utiliza para detectar y dar seguimiento a los fenómenos severos como tormentas, frentes fríos o huracanes. Por medio de las imágenes también se puede estimar la intensidad de la precipitación. Esta información es utilizada por los meteorólogos en la elaboración de sus pronósticos.
- El Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey desarrolla un mapa de riesgos de inundación para una microcuenca hidrológica en el sur del municipio de Monterrey, en Nuevo León.
- A través del análisis de las imágenes SeaWiFS, el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México realiza estudios sobre los océanos mexicanos.

- El Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) en La Paz, Baja California, mediante el análisis de imágenes del satélite NOAA, efectúa estudios de las estructuras oceanográficas.
- Debido al incremento de las zonas de riesgo por fenómenos hidrometeorológicos, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) pone en marcha un proyecto tendiente a elaborar mapas de riesgos de inundaciones, con el objeto de delimitar las zonas potencialmente afectables y la cuantificación del riesgo que representan.
- La Universidad Nacional Autónoma de México realiza una investigación sobre la biogeografía de la región de Los Tuxtlas; La Universidad de Chihuahua utiliza datos de LANDSAT para analizar la estructura, usos y aprovechamientos de los bosques de esa entidad.
- Por las características geovolcánicas de México, el uso de las técnicas de la percepción remota es intensivo. Por ejemplo, diferentes áreas de la UNAM y el CENAPRED llevan a cabo estudios volcánicos utilizando imágenes LANDSAT multiespectrales para analizar y monitorear la actividad del volcán Popocatepetl.

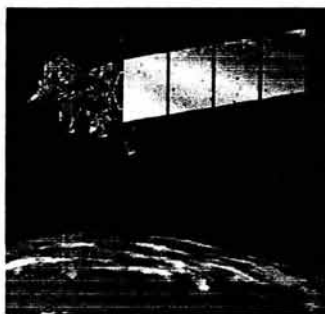


Fig. 2.7.2 Satélites alrededor de la Tierra

- El INEGI participa en proyectos tales como la evaluación del crecimiento urbano, los procesos de desertificación, la actualización de inventarios y el seguimiento de la dinámica de áreas forestales, detección, cuantificación y el seguimiento de mantos de algas marinas, entre otros.

La actualización de la cartografía topográfica y temática también se beneficia con la utilización de imágenes de satélite, simplemente agregándoles información cartográfica básica.

El gran acervo de información sobre las diferentes cubiertas que integran el medio físico que proporcionan las imágenes de satélite, ha modificado los procedimientos para producir y utilizar la cartografía. La integración de la percepción remota a la cartografía, además de hacerla más ágil, le proporciona un mayor contenido de información y acentúa su utilidad para reconocimientos topográficos, monitoreo de recursos naturales y evaluación de desastres naturales.

2.8 MODELOS DIGITALES DE ELEVACION, MDE

2.8.1 Antecedentes:

El término Digital Elevation Model tiene su origen en el Laboratorio de Fotogrametría del Instituto de Tecnología de Massachussets en la década de los años 50. En el trabajo pionero de Miller y Laflamme (1958) se establece los primeros principios del uso de los Modelos Digitales para el tratamiento de problemas científicos y militares. La primera definición del MDE se dio como una representación estadística de la superficie continua del terreno, para grandes volúmenes de puntos con coordenadas X, Y y Z conocidas, en un sistema de coordenadas arbitrario. Un obstáculo es el manejo de grandes volúmenes de puntos, debido a la escasa capacidad de almacenamiento de las computadoras de esa generación y para eliminar dicho obstáculo se propuso el uso de ecuaciones polinómicas para almacenar segmentos de los perfiles topográficos.

Los programas de uso más general para el tratamiento de los MDT, surgieron en un contexto SIG que incorporaba la información topográfica para el manejo de cartografía digital en términos más generales. El trabajo de mayor importancia fue desarrollado en Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis que, en 1967, presentó el SYMAP; este conjunto de programas de manejo de cartografía digital incorporaba, entre otros, algoritmos de interpolación que permitían la generación de mapas de isolíneas a partir de puntos de altitud distribuidos irregularmente.

Posteriormente surgieron programas como el SYMVU, destinado a generar simulaciones 3D de los datos procedentes del SYMAP, o el GRID, que manejaba información en formato matricial y, en general, un número considerable de aplicaciones con bases muy diferentes. Sólo una cobertura topográfica global y utilizada de forma general podía garantizar cierta convergencia en los métodos de trabajo con los MDT. Esto no se consigue hasta la década de los años 80 en los EE.UU., con los trabajos del U.S. Geological Survey, que estandariza la información de un modelo digital de elevaciones para los Estados Unidos: el USGS-DEM, en formato matricial.

Los MDT presentan ventajas sobre el resto de los diferentes tipos de modelos, derivadas de su naturaleza numérica: no ambigüedad, posibilidad de modelar los procesos con una deducción estricta, verificabilidad y repetibilidad de los resultados. El desarrollo de los MDT comienza, a partir de información conocida (curvas de nivel) y a partir de la medición de un objeto real (superficie del terreno de una zona en estudio), también se elabora información derivada que reflejara otras propiedades diferentes (pendiente, altimetría, relieve sombreado, etc.). La elaboración de los MDT se debe realizar de manera que la relación de correspondencia entre el objeto real y el modelo sea al menos parcialmente reversible y exista, una relación simétrica que permita la traducción de algunas propiedades del modelo a la realidad.

2.8.2 Modelos Digitales del Elevación (MDE):

Los modelos digitales de elevación se han definido (Doyle, 1978) como un conjunto de datos numéricos que describe la distribución espacial de una característica del territorio. Para la elaboración de un modelo digital es necesario realizar un proceso de transformación de la información para permitir su representación virtual en forma de celda o píxel. Las relaciones espaciales o características que se desean representar se traducen a diferentes tipos de estructuras numéricas (vectores, matrices, conjuntos, etc.) o a expresiones matemáticas que expresan relaciones topológicas y funcionales.

Los MDE pueden ser construidos a partir de la realidad a representar, pero es habitual que exista un modelo analógico intermedio (curvas de nivel de una carta topográfica) a partir del cual se realiza la transformación (digitalización, restitución fotogramétrica, etc.). Los MDE son una versión digital (transformación de un formato analógico a un digital) de los mapas convencionales por lo que, en ocasiones, han sido denominados mapas virtuales (Moellering, 1983).

Un Modelo Digital de Elevaciones (MDE), describe la altimetría de una zona mediante un conjunto de datos acotados. Siguiendo la analogía cartográfica, es posible construir un conjunto de modelos derivados, elaborados a partir de la información contenida explícita o implícitamente en el MDE

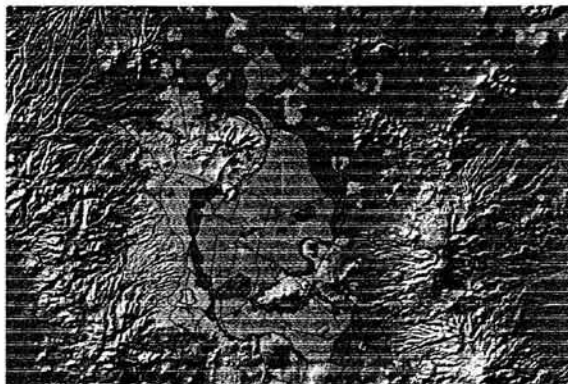


Fig. 2.8.1 Muestra un modelo de reflectancia al cual se le ha superpuesto información sobre la Zonificación de México, la Mancha Urbana y Superficies de agua

La unidad básica de información para un MDE es un valor de la altitud, Z , al que acompañan los valores correspondientes de X y Y , expresados en un sistema de proyección geográfica para una precisa referenciación espacial. Las variantes aparecen cuando se definen las interrelaciones entre estas unidades elementales de información. Un MDE está compuesto principalmente por vectores dichos vectores están compuesto por un conjunto de pares de coordenadas (x, y) que describe la trayectoria de líneas isométricas (coincidiendo con las curvas de nivel del mapa topográfico convencional).

Una curva de nivel concreta queda definida, mediante un vector ordenado de puntos que se sitúan sobre ella a intervalos adecuados (no necesariamente iguales) para garantizar la exactitud necesaria del modelo. La localización espacial de cada elemento es explícita, conservando los valores individuales de coordenadas. Las curvas de nivel pasan por una zona representada, y están separadas generalmente por intervalos constantes de altitud.

Los modelos más sencillos de los MDE reflejan características morfológicas simples (pendiente, orientación, etc.), incorporando información auxiliar es posible elaborar otros modelos más complejos, utilizando conjuntamente la descripción morfológica del terreno y simulaciones numéricas de procesos físicos. Algunos ejemplos de ello son la predicción de zonas de saturación (O'Loughlin, 1986), la evaluación del riesgo de incendio (Chuvieco y Congalton, 1989) o la elaboración de modelos de reflectancia (Felicísimo y García-Manteca, 1990).

Los Modelos Digitales de Elevaciones se dividen en dos grandes grupos de acuerdo a la representación de los datos: Vectorial y Raster. Los Modelos Vectoriales están basados en entidades, isolíneas o curvas de nivel (básicamente puntos y líneas) definidas por sus coordenadas. En los Modelos Raster, los datos se interpretan como el valor medio de unidades elementales (a cada unidad se le adjudica una celda o píxel) de superficie y la unión de éstas conforman una estructura matricial con una distribución regular, sin bordes y con recubrimiento total del área representada; es decir, un mosaico de terreno. Esta división tiene efecto en el caso de los SIG, donde interviene la información por temas.

2.8.3 Estructuras Básicas de un MDE:

Las Estructuras más representativas de un MDT son básicamente cuatro. Dos de ellos son vectoriales: contornos (contours) y red irregular de triángulos (TIN, triangulated irregular network); los otros dos son raster: matrices regulares (URG, uniform regular grids) y matrices jerárquicas escalables (en estructuras de tipo quadtree).

-El Modelo Vectorial: Redes de triángulos irregulares (TIN).

Un TIN se compone de un conjunto de triángulos irregulares unidos, sus siglas significan: Triangulated Irregular Network. Los triángulos se construyen ajustando un plano a tres puntos cercanos no colineales, y se unen sobre el terreno formando un mosaico que puede adaptarse a la superficie con diferente grado de detalle, en función de la complejidad del relieve. En esta estructura el terreno queda representado por un conjunto de superficies planas que se ajustan a una estructura anterior de puntos. Los TIN se consideran como una estructura derivada de otra anterior de puntos o líneas. Aunque la distribución original puede ser cualquiera (incluso puntos distribuidos aleatoriamente), es frecuente partir de una base de curvas de nivel (modelo vectorial) para generar la red de triángulos.

-El Modelo raster: Matrices Regulares.

La estructura matricial tiene antecedentes relativamente remotos: Chapman (1952) propone ya métodos de análisis topográficos basados en matrices regulares. Esta estructura es el resultado de superponer una retícula sobre el terreno y extraer la altitud media de cada celda (aunque habitualmente se utiliza un valor puntual, asociado a cada nodo de la retícula o punto medio de la celda, con lo que esencialmente se construye un modelo vectorial de puntos). La retícula puede adoptar formas variadas pero la más utilizada es una red regular de malla cuadrada con filas y columnas equiespaciadas. En esta estructura, la localización espacial de cada dato está implícitamente determinada por su situación en la matriz, una vez definidos su origen y el intervalo entre filas y columnas.

2.8.4 Construcción del MDE:

La captura de la información altimétrica constituye, lógicamente, el paso inicial en el proceso de construcción del MDE, e incluye la fase de transformación de la realidad geográfica a la estructura digital de datos manipulable por medios informáticos. Numerosos autores han coincidido en que esta fase inicial es la más costosa (en términos de tiempo y trabajo) de todo el proceso de manejo de los MDE. Tras la captura de los datos, éstos deben ser estructurados de forma adecuada para el manejo por parte de las aplicaciones informáticas, lo cual puede realizarse de diversas formas, aún dentro del mismo esquema general (matricial, vectorial, etc.).



Fig. 2.8.2 Situación de una Zona Minera antes de su restauración

Después de la captura de la información viene la Transformación de Coordenadas X , Y , Z de los puntos medidos en campo a coordenadas U.T.M se realiza una trisección inversa (Pothenet) utilizando para ello los puntos de la red de apoyo fotogramétrico que ofrecían mayor fiabilidad.



Fig. 2.8.3 Obtención de las coordenadas X, Y, Z de los puntos del terreno original

Por último una vez obtenidas las coordenadas se procede a la generación del modelo digital interpolando los puntos obtenidos y creando una superficie, esto se logra utilizando software especializado como Ilwis, Arc View o Arc Info.



Fig.2.8.4 Superficie 3D generada tras el proceso de interpolación. Situación inicial.

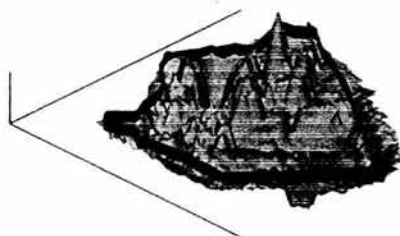


Fig.2.8.5 Representación Isométrica de la situación del terreno antes de la actuación.

2.8.5 Conclusiones:

La metodología para la construcción de MDE resulta precisa y cómoda para realizar el control de los volúmenes de tierra movidos en obras de ingeniería. Su aplicación está especialmente indicada en terrenos muy irregulares, donde los métodos tradicionales resultan demasiado lentos para ser aplicados con una precisión media. La posibilidad de generar un MDE del terreno tan denso como se quiera (5x5 m.), nos permite elegir una malla acorde con las necesidades de cada caso. El número de puntos necesario para la generación del MDE, dependerá también, del grado de error permitido.

La utilización de los modelos digitales de elevación en esta modalidad, permite una visión integral de la distribución de las diversas geoformas y sistemas de fracturamiento y fallamiento que configuran el paisaje de nuestro país.

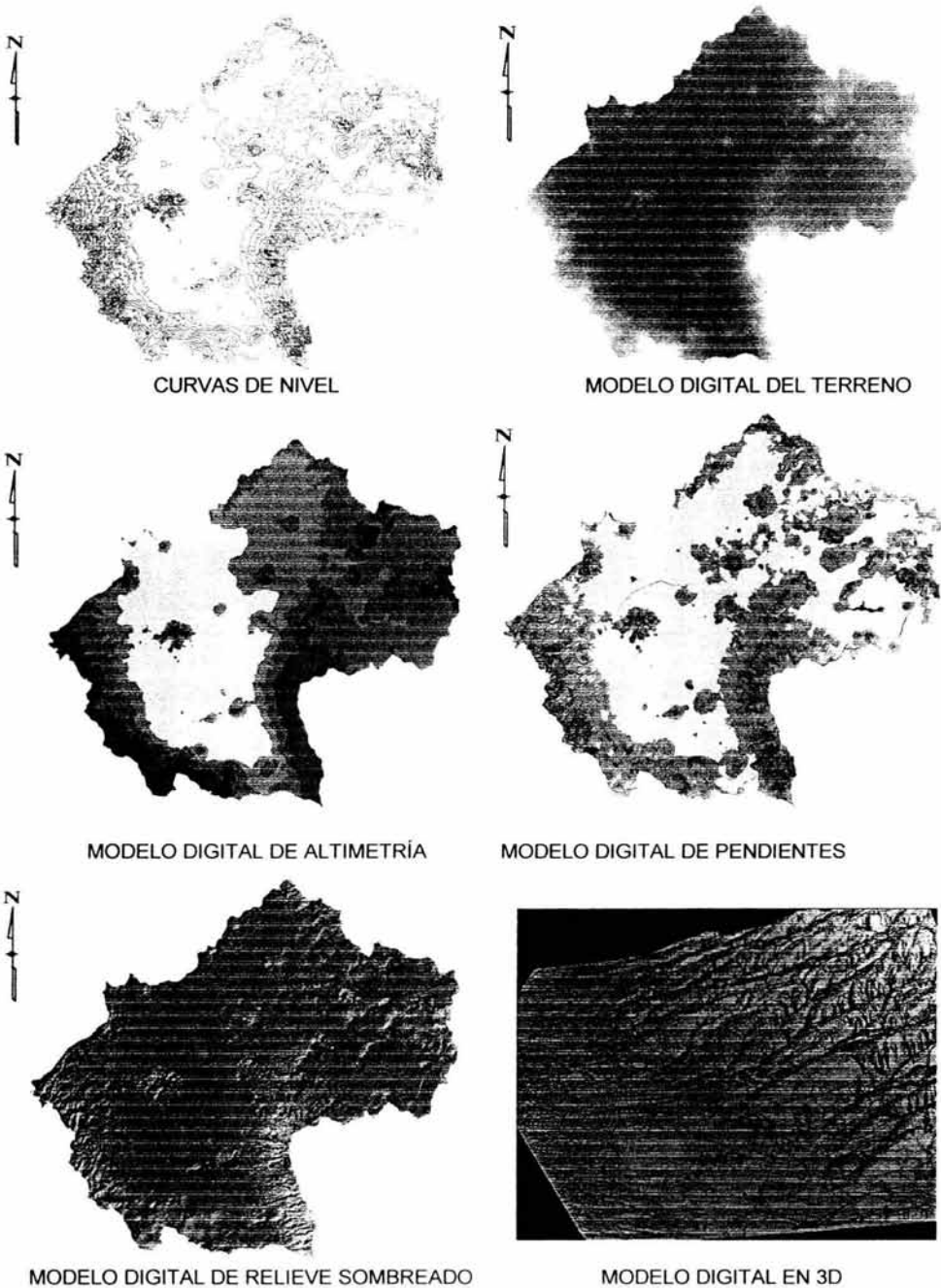


Fig. 2.8.6 Representaciones de las formas de un MDE utilizando su topografía

CAPITULO III

Diseño y Elaboración del Sistema de Información Geográfica

3.1 ANÁLISIS DEL PROYECTO DE SIG

3.1.1 Consideraciones para el Análisis e Implantación del Problema:

Con el propósito de fortalecer la investigación universitaria en lo referente a generar nuevos conocimientos sobre el subsuelo el Instituto de Ingeniería de la UNAM a través de la Coordinación de Geotecnia y la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos han iniciado, con apoyo parcial del CONACYT, el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica que pueda mostrar los Sondeos Geotécnicos que se tienen para la Cuenca de México, y que busca aprovechar las ventajas que ofrece la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la eficiencia de las nuevas computadoras que al combinarse, facilitan el manejo simultáneo de información cartográfica (traza urbana) y la alfanumérica (bases de datos geotécnicos). Para el desarrollo de este sistema fue necesario crear un grupo interdisciplinario de trabajo para la investigación y el modelado del subsuelo de la Cuenca de México

Los trabajos de recopilación y análisis de la información geotécnica que se han efectuado en el pasado han tenido como propósito conocer y actualizar el estado del conocimiento sobre el subsuelo en la Cuenca de México. Lo anterior, constituye una de las actividades de gran tradición que alguna vez realizaron dependencias gubernamentales e instituciones y que se dejó de hacer desde hace ya mucho tiempo. Sin embargo, no es aceptable conformarse con los resultados que ellos dejaron o limitarse a extrapolarlos. Por tal motivo, el grupo de investigación retoma esta labor de manera permanente para profundizar aún más en cuanto al conocimiento acerca del subsuelo pero abarcando una cobertura correspondiente a la superficie de la Cuenca de México como nunca antes se ha realizado

La creación del mismo pretende evitar la costosa duplicación de esfuerzos para la obtención de información geotécnica para diferentes fines tal como ocurre comúnmente en la actualidad, lográndose un importante beneficio para la sociedad en su conjunto.

Una parte importante a considerar para la implantación del proyecto es la elección del personal que trabajara en el desarrollo del sistema, eso incluye las partes involucradas para su análisis, implantación y desarrollo. También las consultas al SIG deben constituir un procedimiento simple y económico para adquirir información preliminar del suelo, permitiendo, al ingeniero formarse una idea clara de los problemas potenciales en cada caso particular. Por último se debe realizar un diseño para las pantallas finales del SIG para que el ambiente gráfico sea lo más amigable posible con el usuario.

3.1.2 Planteamiento del Problema:

La necesidad de crear un sistema con información de sondeos geotécnicos, surgió a raíz de los sismos registrados en septiembre de 1985, los cuáles, como es sabido, provocaron grandes daños en construcciones medianas, así como en casa habitación, dado que no se tenía un conocimiento profundo del tipo de suelo sobre el cual éstas estaban construidas.

Los estudios del subsuelo (sondeos), en la mayoría de las veces, se realizan en grandes construcciones como en edificios o en líneas del metro; lo que se pretende es recopilar el mayor número posible de sondeos ya realizados, dado que si se va a realizar una nueva construcción, si no se pueden hacer nuevos sondeos, que por lo menos se tenga una idea del tipo de suelo sobre el cual se va a construir, basándose en los anteriores.

Debido a esta problemática fue necesario la creación del proyecto para el desarrollo del Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos ya que éste Sistema coadyuvará a que la SMMS siga cumpliendo con su principal objetivo: promover y divulgar los conocimientos de esta especialidad, mediante la publicación de información sobre el subsuelo, y con ello, mejorar el estado actual del conocimiento sobre las características del subsuelo en la Ciudad de México y áreas conurbanas y en un futuro, en otras zonas del país.

Entre 1947 y 1952 se ejecutaron una gran cantidad de sondeos y, en forma sistemática, se hacen ensayos sobre más de 10,000 ejemplares extraídos del subsuelo, con lo que comienza a tenerse una idea más correcta de la distribución de los materiales y de sus propiedades mecánicas, dicha información requiere de ser capturada, ordenarla y clasificada para su posterior estudio por lo que se requiere el uso de un sistema de información geográfica que nos permita dicha tarea.

A pesar del esfuerzo realizado en el pasado sobre el conocimiento del subsuelo, el estado actual del conocimiento aún requiere profundizar aún más en el conocimiento de las condiciones sobre la naturaleza de la corteza terrestre sobre el que se subyace el subsuelo y de la instrumentación, observación y monitoreo permanente de los procesos de fenómenos locales y distantes del entorno natural de la Cuenca de México.

Resulta obvia la necesidad de hacerla pública y ponerla a disposición de quienes tienen los conocimientos para analizarla y la responsabilidad de proyectar, construir y conservar las diversas obras de infraestructura o de expansión urbana así como de aquellos organismos e instituciones encargados de planificar el crecimiento y regular el uso del suelo.

En nuestros días uno de los principales retos que tienen los ingenieros geotécnicos es tener una idea más concreta de la distribución de los materiales, así como de los rasgos y características generales del subsuelo como son: sus propiedades, potencia o espesores de estratos u horizontes típicos, etc.

Por otro lado parte del problema son las nuevas necesidades en materia de generación, organización e interpretación de información geotécnica sobre la Cuenca de México, estas son enormes debido principalmente a los siguientes factores:

-A la Extensión de la zona urbanizada. Las zonificaciones y bancos de datos existentes no cubren en forma satisfactoria el área urbanizada en constante evolución del valle de México. Reunir información geotécnica y elaborar mapas cada vez más completos y extensos constituye por tanto un reto permanente.



Fig. 3.1.1 Mancha urbana en 1988



Fig. 3.1.2 Mancha Urbana Actual

-Necesidad de actualización de la información existente. Las condiciones geotécnicas no son estables en el tiempo sino que van evolucionando principalmente por los cambios en las condiciones geohidrológicas. Este no es más que un ejemplo de los cambios geotécnicos asociados a la actividad del hombre.

-Surgimiento de nuevos proyectos sin antecedentes en el Valle de México (Edificios de gran altura, vías rápidas de dos niveles, etc.)

El desarrollo del SIG podrá cubrir todas estas necesidades, pero debe limitarse únicamente a orientar en forma racional la planeación y programación de estudios relacionados con la Geotecnia o la Mecánica de Suelos, pero en especial, para trabajos de campo, de ninguna manera se debe sustituir o reducir la ejecución de futuros estudios, pero también se podrá utilizar como base para formular recomendaciones.

3.1.2.1 Marco Geográfico

Es importante tener presente el marco geográfico ya que nos representa nuestra área de estudio. La cartografía digital que se tiene contemplada para el SIG abarca una superficie de **2574 km²**, correspondiente a las 16 delegaciones de Distrito Federal y a los municipios conurbados del estado de México que lo circundan. Se definió un mosaico cartográfico (malla o retícula) integrado por 78 cartas urbanas a escala 1:10,000; asimismo, se construyó un plano general (o llave) de toda la superficie considerada con las redes primarias y secundarias que sirve como índice para facilitar el manejo de las cartas urbanas.



Fig. 3.1.3 Localización de la Cuenca de México en el Contexto Nacional

La Cuenca de México (área de estudio) se localiza en el borde de la franja meridional en la parte más alta del sur de la Mesa Central del Altiplano Mexicano y se extiende sobre el Eje Neovolcánico Transversal. Esta Cuenca es una de las mayores de la región oriental y se ubica entre los paralelos $19^{\circ} 01' 18''$ y $20^{\circ} 09' 12''$ de latitud norte, y entre los meridianos $98^{\circ} 31' 58''$ y $99^{\circ} 30' 52''$ de longitud al oeste de Greenwich, y comprende una superficie de alrededor de 9, 600 km². Toda la cartografía digital con la que cuenta el Instituto de Ingeniería tiene relevancia en la ubicación del sitio de estudio y en la visualización de los sondeos realizados con anterioridad en campañas de exploración geotécnica.



Fig. 3.1.4 Cuenca de México: Superficie por Entidades Federativas

3.1.3 Necesidades de Sistema-Usuario:

Principalmente el sistema debe ser capaz de desplegar en forma clara y precisa toda la información geográfica del DF y áreas conurbanas (Edo. Mex.), así como la información descriptiva o temática de los sondeos que se encuentren contenidos dentro de la información geográfica, siempre y cuando existan dentro del área seleccionada por el usuario. El manejo del sistema debe ser sencillo, dado que esta enfocado a ingenieros del área de ingeniería civil o de especialistas en mecánica de suelos, que en ocasiones no se encuentran especializados totalmente con el manejo de sistemas o con el equipo de computo.

3.1.4 Tipo de Usuarios:

La categoría de usuarios para consulta del sistema, se reduce principalmente a aquellos ingenieros o personas cuya especialidad o interés sea sobre la mecánica de suelos. Por el lado de la administración del sistema y de la estación de trabajo, la categoría de usuarios será de ingenieros en sistemas de computación.

3.1.5 Salida de la Información:

Hay dos formas de acceso a la información, la primera es por medio de la pantalla, en la cual se desplegarán las diferentes ventanas que conforman el sistema según la secuencia elegida por el usuario, la segunda forma de tener acceso a la información es por medio de la impresión de archivos cuando el formato está dado en texto plano, con lo que se facilita poder acceder a la información con cualquier editor de texto, ya que el contenido de los archivos es de tipo alfanumérico, además de los dispositivos que incluyen los mapas de las cartas urbanas, éstos con el formato jpg, lo que permite ser compatible con las impresoras.

3.1.6 Selecciones Técnicas:

3.1.6.1 Selección del Software

Se utilizó el software de ArcView 3.2 para plataforma Windows 2000 dado que es la versión con la que cuenta el Instituto de Ingeniería. Cabe hacer mención que para el diseño original de la base de datos se utilizó el modelo jerárquico, pero se modificó para utilizar el modelo entidad-relación, para que en caso de ser necesario se pueda migrar hacia otro manejador, permitiendo con ello ser totalmente portable, lo anterior es debido a que el modelo entidad-relación, es el más óptimo para realizar consultas, con lo que se garantiza que no existan problemas mayores dentro del manejador una vez que se haya generado dicha información.

Los mapas o cartas urbanas manejadas por el sistema, se adquirieron por medio del INEGI en CDROM, a tal información se le realizó un proceso de depuración utilizando el Software de AutoCAD 2002 con finalidad de adecuarlo a los requerimientos del sistema.

Para la elaboración del mosaico de fotografías áreas de la Ciudad de México, fue necesario utilizar el software llamado Photoshop 7, el cual permite editar imágenes, y sobreponerlas unas a otras, así como la regulación de la gama de colores.

Para el tratamiento de la imagen de Satélite Lansat de 7 bandas, fue necesario utilizar un software llamado ILWIS, el cual permite combinar las bandas, para obtener información necesaria del sistema de acuerdo a la combinación de las mismas, este software también trabaja con capas, lo que permite sobreponer otras capas de vectores o de raster.

ILWIS también fue utilizado para la georeferenciación de los mapas scaneados, es decir se pudieron ubicar en un sistema de coordenadas, lo que permite integrarlos al sistema de información geográfica, como una capa temática.

También para georeferenciar mapas se utilizó un software llamado Autocad Overlay, el cual tiene la característica de trabajar sobre coordenadas x,y,z,

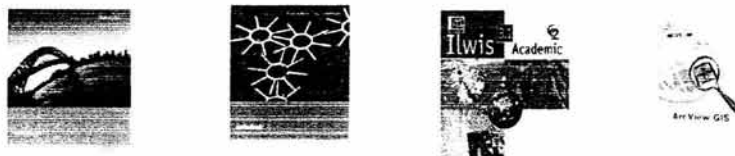


Fig. 3.1.5 Selección del Software a utilizar

3.1.6.2 Selección del Hardware

Dentro de la selección del Hardware se utilizó una PC con un procesador Pentium IV a 2.0 Mhz, 2 Gb de RAM y disco duro de 120 Gb. Como periféricos adicionales se requirieron mesas digitalizadoras con superficies de trabajo A0 y A3 y scanner de formato amplio, un plotter de 50 pulgadas y una impresora de formato amplio A3.

Descripción del Equipo a utilizar

-Workstation : Pentium IV a 2.2 Mhz, Motherboard Intel D850EMV2, 2 Gb en memoria RAM (4 RIMS de 512), Disco Duro de 120 GB, Tarjeta Grafica Winfast de 128 mb con un chip Nvidia Gforce4 Ti 4600 GPU, Monitor Plano de 19 pulgadas, Teclado, Mouse, Reproductor de DVD 16X, Grabador DVD-RW Pioneer A04, Sistema Operativo Windows 2000 Professional

- Plotter HP Designjet 3800CP, 50 pulgadas, Inyección de Tinta
- Impresora de Formato amplio HP Designjet20 PS, de 6 tintas, Inyección de Tinta
- Scanner Context de Formato Amplio, 50 pulgadas, Cuatro cámaras digitales, 800 DPI
- Scanner Doble Carta, HP Scanjet 7500, 1200 DPI

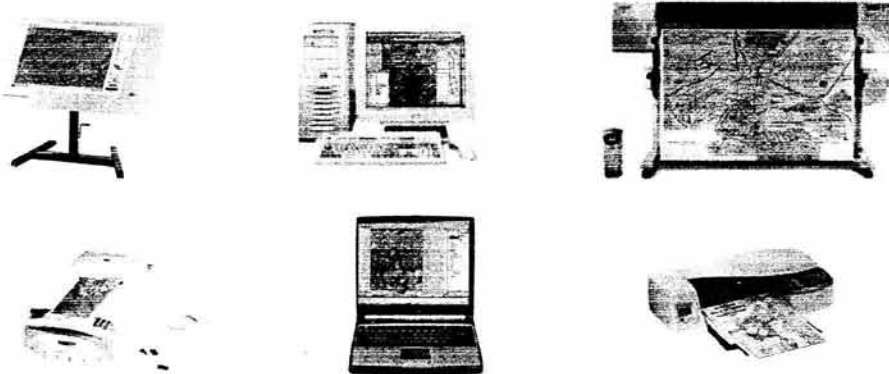


Fig. 3.1.6 Selección del Hardware a utilizar

Toda la información está almacenada en un servidor (sistema operativo Windows 2000) y estructurada en unos directorios y subdirectorios que contienen: planos (en formato DWG Y DGN), vídeos (en formato MOV), croquis y fotografías (en formato JPG y BMP, normalmente), imágenes de satélite, bases de datos (formato MDB), esquemas y librería personalizada de símbolos (en formato BMP). La información alfanumérica, la estructuración lógica de la información gráfica y la topología es almacenada en bases de datos.

3.2 DISEÑO DEL SIG

3.2.1 Modelo usado para la Base de Datos:

La creación de la base de datos para el SIG es uno de los elementos principales; el primer antecedente de esta base de datos se remonta al primer banco de datos computarizado CATSON (Catálogo de Sondeos) el cuál se creó a raíz de los sismos de 1985, ya que las autoridades tomaron una mayor conciencia de la importancia de la ingeniería de cimentaciones y la mecánica de suelos por las consecuencias que se tuvieron con los temblores, por lo cual la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos decidió integrar este banco de datos con la intención de tener un mejor manejo y acceso a los sondeos realizados en la Ciudad de México, y ampliando a todo el ámbito nacional.

El objetivo de este catálogo de sondeos (CATSON) era almacenar y sistematizar la información disponible sobre el subsuelo de las principales áreas urbanas del país, con esta información será posible generar o revisar zonificaciones del subsuelo, así como apoyar a la practica profesional de la ingeniería de cimentaciones, todo esto implica que se tendrán que hacer adecuaciones a Reglamentos de Construcción, Normas Técnicas para Análisis de Cimentaciones, criterios de diseño sísmico y estudios de riesgo sísmico, además de que la información almacenada será de gran valor práctico para todas las instituciones de enseñanza e investigación, todas las entidades paraestatales, federales y personas del ramo.

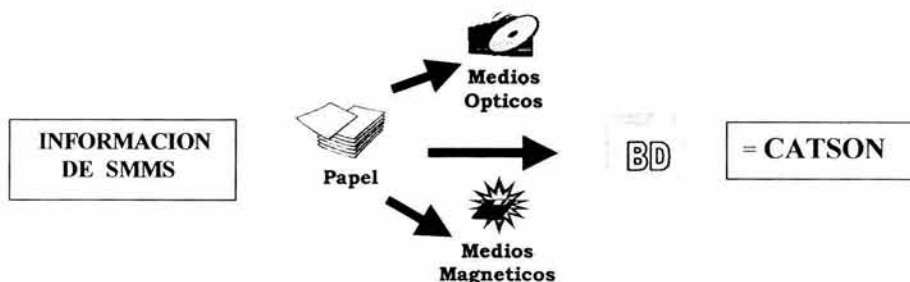


Fig. 3.2.1 Creación de la Primera Base de Datos

3.2.1.1 Conceptualización de la Base de Datos

La primera conceptualización en la creación de la base de datos fue vista como un conjunto de bloques de información contenidos unos dentro de otros. La Base Datos de los Sondeos Geotécnicos esta conformada por entidades

La Primera Entidad de la base de datos contiene los datos generales, localización y características de los sondeos; la Segunda Entidad agrupa a las propiedades índice y mecánicas medias de los mismos, de acuerdo a los distintos tipos de exploración o muestreo empleado. La tercer y última Entidad contiene las diferentes unidades estratigráficas alcanzadas por la profundidad de exploración. De esta manera se pretende tener ordenada y clasificada toda la información.

3.2.2 Elección del Sistema de Administración de la Base de Datos:

Al realizar este sistema, la expectativa del mismo, sólo implicaba el uso de consultas, el manejador de ArcView es capaz de realizar esta tarea, a menos que en un futuro se piense en ampliar las funciones del mismo, tal vez sea necesario pensar en algún manejador de sistemas externo, como SQL Server, Informix o Sybase.

3.2.3 Personalización del Sistema usando Avenue:

ArcView cuenta con un interprete, llamado Avenue, el cuál es flexible porque puede combinar la ejecución de comandos del sistema operativo, así como comandos de Avenue, o bien de cualquiera de sus módulos; también permite la ejecución de ciclos

El Lenguaje Avenue es el ambiente de desarrollo y el lenguaje de programación que utiliza Arc-View. ESRI creó Avenue para proveer un marco de desarrollo único que permite personalizar y crear aplicaciones de una manera fácil. Para nuestro SIG el uso que se le dará es para:

- Personalizar la forma de trabajo del SIG.
- Personalizar algunas tareas específicas del SIG.
- Personalizar las búsquedas por atributos.

3.2.4 Interfase entre Máquina y Usuario:

La interfase estará dada por medio de una estación de trabajo en plataforma Windows 2000, que fue seleccionada por la calidad de despliegue de gráfico que ofrece al momento de ejecutar el sistema para las cartas urbanas que se manejan, el teclado y mouse servirán para realizar selecciones respectivamente, además de que si se desea, se puede contar con un plotter o una impresora de formato amplio para la salida de los mapas o reportes que se puedan generar al momento de consultar el sistema.

3.2.5 Herramientas de Desarrollo:

Para personalizar el sistema se usó el lenguaje Avenue que viene con el software Arc View, para modificar el contenido de la base datos se utilizó el software, Microsoft Excel, para depurar las cartas urbanas (vectores) en formato digital, fue necesario usar Autocad, para scanear todos los mapas en formato analógico se uso un scanner de formato amplio de 50 pulgadas, de la marca Contex.

3.2.6 Capacidad de Comunicar: lectura de datos de otros software y exportarlos:

Para comunicar, ArcView cuenta con módulos y plug-ins que le permiten poder conectarse a manejadores de sistemas de bases de datos externos como Oracle, o Sybase, etc. Para exportar un tema o capa se convierte a formato DXF, el cual permite que pueda ser leído en otro software de SIG, por mencionar alguno ILWIS o Imagine. También ArcView permite recibir información geográfica es decir se puede importar dicho información en ese mismo formato DXF y entonces convertirla en un tema o una capa de una vista de ArcView

3.2.7 Elementos que debe contener el SIG:

Como ya se vio en el capítulo 1, se tienen tres elementos que son fundamentales para la elaboración del SIG, estos son el hardware, los datos y el personal. Si alguno de estos tres elementos falta o está incompleto no se podrá crear correctamente el SIG, ya que los tres en conjunto permitirán el desarrollo del sistema, también se debe tener cuidado al hacer la selección de cada uno de estos elementos, pues si no se escogen correctamente no se podrá llegar al objetivo planteado en un principio. No importa el orden, lo que importa es cómo se complementen cada uno de ellos.



Fig. 3.2.2 Componentes para el SIG

3.2.7.1 Equipo de Hardware

El hardware es una de las partes más importantes para la creación del sistema e incluye todo el equipo de computo. El equipo que se utilizó es importante, pero una de las piezas clave fue la estación de trabajo y su disco duro de alta capacidad, ya que a través de la estación se llevo a cabo todo el procesamiento de la información; la visualización gráfica se realizo en su monitor de 21 pulgadas y en su disco duro se almaceno toda la información geográfica.

Para la creación de del SIG se necesitaron otros dispositivos complementarios, todos ellos importantes, los cuales se mencionan a continuación:

- Plotter de 50 Pulgadas: Es utilizado para la salida de la información, creación de mapas temáticos y para proyectos.
- Impresora de Formato Amplio: Creación de mapas de prueba, de igual manera que como se imprimen en el plotter, pero más pequeños (doble carta).
- Impresora láser: Para la impresión de alguna carta urbana o de algún estudio de un sondeo scaneado.

- Scanner: Para digitalizar los estudios estratigráficos relacionados con cada uno de los sondeos
- Scanner de Formato Amplio: es utilizado para escanear los mapas proporcionados por el INEGI, es bueno ya que su tamaño es de 50 pulgadas y puede escanear cualquier mapa de esas dimensiones.
- Computadoras personales. Para la obtención de las cartas urbanas desde el disco del INEGI así como para la creación de la base de datos

3.2.7.2 Datos

Otra parte importante son los datos, estos son la información con la que se cuenta para la elaboración del SIG, lo cual es importante ya que dependiendo con que cantidad de información se cuente y cuál es la que haga falta, se podrá ver como manejarla y de que manera obtener la faltante. La información la podemos dividir en tres:

- Caracteres alfanuméricos (información del SIG, leyendas, etc.)
- Información gráfica (cartas urbanas, sondeos escaneados, fotografías aéreas, imágenes de satélite y MDT)
- Bases de Datos (atributos de cada uno de los sondeos, sus propiedades y ubicación).

Una vez recopilada la información necesaria para el SIG se debe tener cuidado en el proceso de la creación del Sistema, no hay que olvidar que los resultados obtenidos serán los que ayuden a tomar decisiones con respecto al tipo de construcción que se llevará a cabo por el tipo de suelo que se tiene en determinada zona.

3.2.7.3 Personal

Para este proyecto fue necesario contar con el siguiente tipo de personal: gente que tuviera los conocimientos necesarios para el correcto manejo de una estación de trabajo (manejo de la plataforma y configuración de los dispositivos necesarios), así como para manejar el software con el que se hizo el SIG, también se contó con el apoyo de gente del área de ingeniería civil que fueron los encargados de la recopilación de los sondeos y su correcta interpretación así como de la elaboración de la cartografía urbana hecha en Autocad 2002, la cual fue proporcionada por el INEGI.

Durante el desarrollo del sistema se contó con gente de diversas áreas como ingenieros geólogos, topógrafos, industriales y geógrafos, para el apoyo y ayuda en la creación del SIG.

3.3 ELABORACION DEL SIG UTILIZADO ARCVIEW

La elaboración del SIG se hizo utilizando el software de ArcView, con la ayuda de éste poderoso software a través de sus vistas y sus temas y con su lenguaje de programación Avenue, se pudo personalizar y que en comparación con otros software que sirven para hacer sistemas de información geográfica, este es el más robusto y el que tiene más funciones para el análisis de la información geográfica, para usar este software, se debe tener un buen conocimiento del mismo para poder realizar un SIG correctamente.

3.3.1 Consideraciones para el Desarrollo del SIG:

La metodología empleada para la elaboración de un sistema de información geográfica es relativamente sencilla, ya que se busca que los resultados sean óptimos y de rápido acceso para la persona que desee consultarlos, y para esto se busca tener una comunicación y una participación continua, entre las dos partes involucradas en el proyecto, (los desarrolladores y los usuarios).

El Sistema de Información Geográfica para sondeos Geotécnicos (SIG-SG) será desarrollado aprovechando las ventajas que ofrece la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la eficiencia de las nuevas computadoras que al combinarse facilitan el manejo simultáneo de información cartográfica (mapas de traza urbana) y alfanumérica (base de datos geotécnicos).

La información geotécnica de los sondeos geotécnicos debe estar agrupada de acuerdo a sus características propias en una base de datos que se empezó a desarrollar desde hace ya varios años en el Instituto de Ingeniería (en colaboración con la SMMS). Estos sondeos son almacenados en formato digital a través de medios electrónicos bajo el contexto y enfoque de una base de datos de índole espacial y bajo una estructura basada en tecnologías de los Sistemas de Información Geográfica.

La información mínima que debe contener un sondeo para que sea incluido en el banco de datos consiste en los datos generales y de localización del sondeo, el perfil estratigráfico y las propiedades del subsuelo a lo largo del mismo. También se podrá agregar información de laboratorio como gráficas de granulometría, curvas de compresibilidad en consolidación unidimensional, o de esfuerzo-deformación en compresión simple o triaxial.

Es importante que el personal que realiza la captura de datos esté familiarizado con la información geotécnica y las condiciones estratigráficas generales de las ciudades en donde se efectúe la captura de datos. Dicha información constituye el marco de referencia básico para identificar las unidades estratigráficas típicas y agregarlas a la base de datos. Todas estas actividades deben realizarse bajo la supervisión de ingenieros experimentados.

Una vez recibida la información de un sondeo se abre un expediente (Paso 1), se obtienen los datos generales del sondeo, se determina su localización y sus características (Paso 2), se estudia cuidadosamente la variación con la profundidad de las propiedades índice y mecánicas con el propósito de identificar los estratos que constituyen el perfil estratigráfico (Paso 3) y finalmente se registran en forma simplificada las propiedades índice y mecánicas medias de los diferentes estratos alcanzados en las cédulas de captura de las bases de datos (Paso 4).

La plataforma que será escogida para el desarrollo del sistema son: AutoCAD, y Arc View, en cuanto al soporte en SIG y Excel en cuanto a base de datos. Las razones de tal elección son las siguientes:

-Se requiere de una plataforma que sea capaz de soportar la mayoría de los formatos en la que se encuentra la cartografía digital utilizada. En este sentido debe ser capaz de incorporar, dentro de la misma estructuración lógica, planos procedentes de AutoCAD.

-El sistema debe compatible con el entorno operativo de Microsoft pues todo el soporte quedaría en una plataforma de tipo PC.

-El Sistema que se pretende desarrollar debe ser capaz de generar el conocimiento necesario para efecto del reconocimiento geotécnico preliminar de la superficie a partir del procesamiento e interpretación de imágenes de satélite

Dentro del Desarrollo del Sistema de Información Geográfica lo más importante a determinar son los datos que se van a incluir en la base de datos y dicho proceso se realiza en 3 etapas:

1.- Identificación de los elementos geográficos.- Identificar los elementos geográficos que se necesitan en la base de datos y los atributos relacionados, estos son determinados por el análisis realizado previamente. Estos datos deben estar basados en el criterio del análisis y los mapas que se vaya a utilizar como elementos base.

2.-Organizar la información geográfica.- Una vez identificados los elementos y sus atributos, se puede comenzar la organización de los elementos geográficos en capas de datos. La organización dependerá de la aplicación. Existen dos o más formas comunes de organizarla por tipo de elemento para vectores (puntos, arcos y polígonos) y por tema para tipo raster. Y es almacenada por tipo de elemento y capas separadas.

3.- Definición de los atributos.- Una vez determinados los atributos que se requieren para cada capa, se deben decidir los parámetros específicos para cada atributo y los tipos de valores a almacenarse.

3.3.2 Descripción de la Herramienta ARC-VIEW:

El ESRI (Environmental System Research Intitute), cuenta con una herramienta revolucionada llamada Arc-View, que esta diseñada para dar la oportunidad de consultar y manipular información geográfica con un mínimo de conocimientos en computo.

ARC-VIEW es una poderosa tecnología de software con avanzados conceptos para la exploración de información geográfica de manera fácil y accesible; también proporciona un entorno creativo para visualizar interactivamente los mapas, imágenes y datos referidos geográficamente integrándolos dentro de diferentes situaciones del análisis espacial. ARC-VIEW es usado por instituciones gubernamentales, científicas, educativas, empresas privadas y el público en general. Presenta temas geográficos mediante un sistema multimedia en que el usuario interactúa con una base de datos a través de un entorno geográfico integrado, resultando un sistema para un uso inmediato.

ArcView es un sistema completo para el acceso, despliegue, consulta, análisis y publicación de datos de una organización; enlaza herramientas de análisis de datos tradicionales (como hojas de cálculo y gráficos) con mapas, para un sistema personal a ser expandido a un departamento entero en una división u organización. Esta nueva arquitectura hace posible que ESRI desarrolle una serie de módulos pug-in para ArcView que pueden ser mezclados y agregados a fin de extender las capacidades funcionales del mismo.

Mientras algunos de estos módulos de extensión representan muchos de los múltiples progresos realizados por ArcView, ESRI también maneja dos novedosas y significativas extensiones de análisis geográfico avanzado llamadas: análisis Espacial de ArcView y análisis de Red ArcView. Estas Extensiones de software le agregan una serie sofisticada y a la vez, completamente integrada; con las herramientas de análisis geográfico, utilizadas para el fin espacial vector-raster en el análisis de red y de rutas, manteniendo la interfase gráfica del usuario relativamente fácil de usar (GUI).

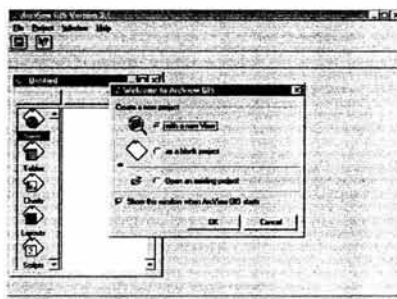


Fig. 3.3.1 Pantalla de Trabajo de ArcView

ARC-VIEW opera en gran variedad de plataformas estaciones de trabajo UNIX, Computadoras Personales y Macintosh, también se puede acceder a la información a través de una red. Las nuevas versiones de ARC-VIEW, traen una arquitectura que permite que se puedan activar o desactivar módulos que realizan tareas específicas aumentando así la capacidad de ARC-VIEW. Los nuevos módulos creados permiten que el usuario pueda ajustar y personalizar las capacidades del software a sus necesidades.

Una característica clave de ARC-VIEW es la simplicidad con la cual permite ligar datos tabulares provenientes de una base de datos a la geografía, para visualizar, cuestionar, sumar, y organizar espacialmente los datos ya existentes. Entre las múltiples funciones de ARC-VIEW se encuentran:

- Visualiza y despliega mapas e imágenes fotográficas
- Despliega Información de puntos, líneas y superficies que se accesan a través de preguntas complejas de operadores lógicos que seleccionan información almacenada en forma tabular.
- Calcula áreas y determina distancias
- Crea leyendas de mapas, clasifica características y selecciona símbolos de un archivo
- Analiza datos tabulares almacenados permitiendo tener diferentes maneras de visualizarlos gráficamente.
- ArcView permite ligar cualquier tipo de software de bases de datos como SQL, DBMS, ASSCII, dBASE o INFO con datos geográficos, como una fuente descriptiva de información de mapas

3.3.2.1 Análisis Espacial Superior de ArcView

El análisis espacial de ArcView introduce un extenso rango de poderosos dispositivos, de análisis espacial de datos; los cuáles, permiten crear, consultar, realizar y analizar mapas así como datos basados en celdas. También se pueden hacer análisis vector-raster utilizando los elementos basados en celdas (grid). El análisis espacial de ArcView está particularmente provisto para dar soluciones a los problemas que requieren precisión en la distancia u otras informaciones espaciales continuas, las cuáles deben ser consideradas como parte del análisis.

Por ejemplo el análisis de un sitio determinado requiere a menudo, combinar información acerca de pendientes, elevaciones y dirección de pendientes (en este caso la información es mejor presentarla en formato raster), cuando es necesario presentar una localización de cuerpos de agua, calles, avenidas principales aquí es conveniente representarla con vectores, para alcanzar la mejor localización de área de estudio.

El análisis espacial no sólo puede generar la más apropiada representación de superficies de una variedad de fuentes existentes, sino que también puede derivar nueva información acerca de múltiples temas.



Fig. 3.3.2 Sistema de Información Geográfica y el Análisis Espacial

3.3.2.2 Creación de Datos y Realce de Edición

ArcView tiene totalmente integrado la habilidad de editar o crear conjuntos de datos geográficos usando el mouse o a través de una tableta digitalizadora; provee nuevas formas de despliegue y visualización de los datos temáticos incluyendo una diversidad de símbolos para mapas, mapas de densidad de puntos y simbolización de escala y rotación.

3.3.2.3 El lector de dibujo tipo CAD

Esto incluye soporte directo a los dibujantes de AutoCAD, incluyendo AUTOCAD versión 13 a la 2003, así como las Microstation diseñadas para ello. En adición a los diferentes formatos de lectura, además ArcView puede acceder atributos de bloques de Autocad y los atributos de las Microstation utilizados comúnmente para unir registros de bases de datos. Esto permite a los archivos de los dos programas líderes del CAD ser empleados sin necesidad de trasladar los datos de ArcView a Arc/Info, así como una extensa variedad de tipos de imágenes y muchos formatos de bases de datos. Todas las herramientas de ArcView como visualización, análisis espacial y consulta; pueden ser aplicados a los datos del CAD, junto a otros tipos de datos.

3.3.2.4 Fuentes de Datos para Arc View

El Análisis espacial puede crear fuentes de datos raster de cualquier punto, línea o fuente de rasgos de polígonos (incluyendo fuentes de datos CAD soportados por ArcView, DWG, DXF y DGN), o importar datos de formatos estándares (incluyendo TIFF, BIL, SUN-Raster, DEM y otros)

3.3.3 Creación de la Base de Datos del SIG:

Para el Diseño de la Base de datos se deben determinar los límites del área de estudio, identificación de los datos espaciales requeridos, el sistema de coordenadas a utilizar, cuantas capas o coberturas se requieren, que atributos requiere cada elemento y como se organizarán los atributos. La construcción de la Base de Datos es la etapa más crítica dentro del desarrollo del sistema ya que de esto depende la precisión y calidad de los productos finales. Dentro de esta etapa se incluyen el diseño de la base de datos, la automatización de la información y manipulación de la base de datos.

Para la elaboración de la base de datos geográfica se consideraron tres fases: la Recopilación y Tratamiento de la Información, Introducción y Estructuración de los datos en el SIG, Creación de mapas temáticos.

Las labores más dilatadas en el tiempo han sido la recopilación de la información y todos los tratamientos requeridos hasta conseguir su adecuación, o bien a formato digital o con estructuración adecuada, antes de ser integrados en el sistema.

Conceptualmente la base de datos del SIG-SG es la clásica imagen de un archivero clasificado por materias, el cual se compone de una serie de bases de datos interrelacionadas entre sí jerárquicamente. La liga entre dos bases de datos diferentes se estableció a partir del campo denominado No. de Sondeo, que se repite en ambas bases. Estas bases contienen la información de los sondeos, agrupando los datos convenientemente de acuerdo con sus características propias.

Para la creación de la Base de Datos Geográfica se considero como un conjunto de bloques de información, contenidos unos dentro de otros. El primer nivel corresponde al bloque que comprende a la Cuenca de México, el cual contiene los bloques correspondientes del DF y Estado de México y a cada estado se le asoció su mosaico compuesto por sus cartas urbanas. Después a cada carta urbana que integran el mosaico, se le asocia el bloque con los distintos sondeos que en ellas se registraron. Un sondeo comprende al bloque de la Entidad 1, el cual contiene al bloque de la Entidad 2.

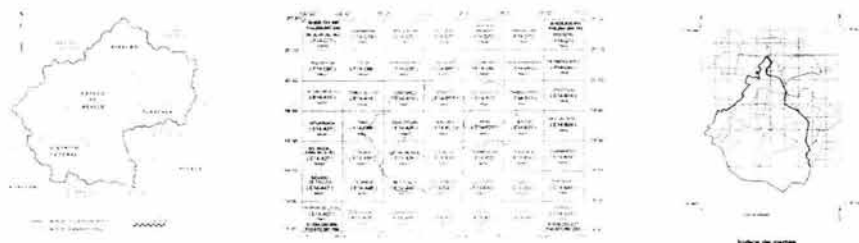


Fig. 3.3.3 Descripción de la Cartografía por Bloques



Fig. 3.3.4 Estructura de Bloques para la Base de Datos

Dentro de la Base de Datos de los sondeos la Entidad 1 corresponde a los datos generales, localización y características de los sondeos; la Entidad 2 agrupa a las propiedades índice y mecánicas medias de los mismos, de acuerdo a los distintos tipos de exploración o muestreo empleado y la Entidad 3 contiene las diferentes unidades estratigráficas alcanzadas por la profundidad de exploración.

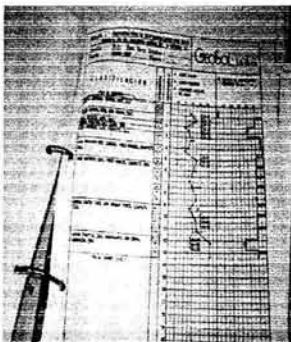


Fig. 3.3.5 Estructura de los Sondeos en forma de Bloques

La estructura del SIG así definida facilita el manejo de la información pues sólo existe subordinación directa de un determinado bloque respecto a los otros de nivel superior que lo contengan. La unidad fundamental de concentración de la información es el área urbana.

3.3.3.1 Obtención de la Información para la Base de Datos Geográfica

La información para la Base de Datos se clasifica principalmente en dos: la Información Geográfica georeferenciada espacialmente que es toda aquella que se encuentra distribuida en un área o superficie y que proporcionan la localización de los elementos geográficos bajo un sistema de referencia geográfico de coordenadas X, Y y Z. Se puede traducir como objetos simples: puntos, líneas áreas, mallas, etc (vectores) o como simples raster: fotografías aéreas, modelos digitales de elevación e imágenes de satélite. También la información de cada sondeo ubicado espacialmente será presentado por un punto en un área específica. Por otro lado tenemos la Información Tabular o por atributo que no son más que registros que sirven para describir a los elementos geográficos; por ejemplo, el nombre del ejecutor de un sondeo, la longitud de un tramo de cableado, el nombre del propietario de un predio, etc. Es aquí donde entra la información característica de cada uno de los sondeos; información tabular ya capturada, ordenada y clasificada.

Finalmente, el SIG relacionara los datos espaciales y de atributo para el soporte de visualización de mapas con el propósito de permitir la actualización, la consulta y el análisis. Se han creado fichas específicas para cada uno de los mapas temáticos; éstas contienen no sólo información alfanumérica sino también fotografías y planos. Existe posibilidad de gestionar esta información con un simple gestor de base de datos como es Access.

A grandes rasgos la Información Tabular de la Base de Datos Geográfica se genero a partir de los sondeos realizados por las empresas privadas, por parte de la Información Raster la mayor parte proviene de mapas en papel del INEGI a diversas escalas, principalmente 1:50.000 y de mapas digitales en escala 1:250.000. Los mapas en papel han sido digitalizados y reclasificados para obtener varios mapas temáticos como son: profundidad del suelo, geología, hidrología, orientación a vertidos sólidos urbanos, etc.

En cuanto a la Información de tipo Vector proviene de mapas topográficos digitales que fueron reestructurados y también proviene principalmente de la vectorización de mapas temáticos de: pendientes, alturas, transportes, servicios, edificaciones, principales vialidades, calles, etc.

-Información Tabular:

Toda la Información Tabular o por atributos proveniente de estudios y exploraciones directas y puntuales del subsuelo correspondiente a los diferentes tipos de sondeos geotécnicos (cono, SPT, muestreo continuo inalterado, dinámicos, mixtos, etc.); los que a su vez, constituyen el elemento de información más significativa e importante de la Base de Datos Geográfica que fundamentó la definición de un mapa de la zonificación geotécnica debido primeramente a que proporcionan la información a detalle sobre la variación con la profundidad de la estratigráfica y las propiedades índice, mecánicas y dinámicas del suelo. Esta información nos describe las características espaciales de la distribución de los materiales acerca de los depósitos de suelo, rellenos y formaciones geológicas sobre cartografía urbana a nivel de manzanas y calles

La información Tabular o también llamada alfanumérica es la que proporciona la información más relevante para la Ingeniería de Cimentaciones, puesto que consta de datos puntuales sobre los rasgos generales del subsuelo tomados de sondeos geotécnicos de diferente tipo ubicados en la zona urbana de la cuenca de México.

Actualmente se cuenta con un acervo de 3491 sondeos, producto de actividades intensivas de recopilación, procesamiento y captura de sondeos geotécnicos. Es evidente que es necesario realizar un esfuerzo adicional de recopilación de la abundante información que todavía se encuentra diseminada. En este sentido resultaría de gran utilidad el apoyo de un mayor número de instituciones y empresas.

Para la base de datos tabular se tiene contemplado agregar nueva información, con el objetivo de ampliar las aplicaciones del sistema dentro de la ingeniería de cimentaciones. A continuación se enumeran las futuras extensiones de la base de datos.

- a. Abrir nuevas bases de datos para incluir en su momento:
 - Datos con diferente cobertura temática, tales como piezometría, nivelaciones, datos geofísicos, etc.
 - Datos que resulten de la utilización de procedimientos de exploración o ensaye novedosos.
- b. Abrir nuevas bases de captura a partir de información de propiedades dinámicas conforme aumente el volumen de este tipo de información.
- c. Incluir la capacidad para dibujar planos de curvas de igual profundidad de capas típicas del subsuelo.
- d. Desarrollar e instalar funciones que permitan elaborar perfiles estratigráficos del terreno, a lo largo de ejes seleccionados por el usuario.

-Información Vectorial:

El uso de un mapa topográfico es de gran importancia debido a que es necesario realizar un meticuloso y prolongado trabajo de depuración y corrección antes de introducir la información en el SIG. Entre los errores más comunes se tienen: curvas cruzadas, incompletas y, en algunos casos, ausencia de curvas. Se deben de recolectar los huecos existentes entre las polilíneas y se deben unir los diferentes tramos que forman cada curva, también se deben redibujar, con ayuda de los puntos de cota, las curvas que faltan. Otra fuente importante de información vectorial es la vectorización de líneas, puntos y polígonos provenientes de mapas temáticos y estos pueden ser calles, avenidas, principales vías, cuerpos de agua, y predios por mencionar algunos. Existen dos formas para la vectorización una de ellas es usando la tableta digitalizadora y la otra es usando un software de dibujo como Autocad

-Información Raster:

Para la recopilación de la información gráfica (modelos raster) no existe una única fuente de datos y ni homogeneidad en cuanto a escalas empleadas, aunque todos los mapas están en proyección UTM. Para dicha recolección se ha dispuesto de lo siguiente:

- Una imagen del satélite Landsat-TM abarcando una superficie de 205x193 Km² y con una resolución de 30 m, fue corregida atmosféricamente y georeferenciada con ILWIS.
- Mapas en papel, normalmente a escala 1:50.000 y 1:25.000. Son mapas temáticos como: el mapa geológico, hidrológico,
- Mapas digitales en 3D a escala 1:5000
- Ortofotos a escala 1:3000.
- Imagen del Sondeo Previamente scaneado
- Modelo Digital de Elevación

El paso de los mapas en papel a mapas digitales se ha efectuado a través de una digitalización automática con scanner de formato amplio de 50 pulgadas. Para los sondeos se utilizó un scanner tamaño doble carta.

3.3.4 Recolección de toda la Información Geográfica:

La recolección de la información para la creación de este SIG fue uno de los pasos más importantes, además de que se necesitó de mucho tiempo, la obtención de toda la cartografía urbana se hizo a través del disco del INEGI, los sondeos (de exploraciones del subsuelo) y su estratigrafía se obtuvieron a través de varias empresas dedicadas a la construcción y a la investigación, así como el Instituto de Ingeniería, también se scanearon todos los mapas topográficos del INEGI, se scaneó también la imagen de cada uno de los sondeos registrados, se unieron todas las fotografías aéreas para crear un mosaico completo de la ciudad de México, se unieron y corrigieron todas las cartas topográficas que contienen las curvas de nivel, para la generación del Modelo Digital de Elevación. Por último se procesó la Imagen de Satélite y se combinaron sus bandas para obtener la información necesaria.

3.3.5 Procesamiento de la Información Geográfica:

Una vez que se obtuvo la información necesaria se debe procesar, ya que al momento de obtenerla se encuentra en estado "crudo", como comúnmente se le llama por estar almacenada en formato que no se puede trabajar dentro del software elegido; además de que para este proyecto, además de que la información se debe depurar con los datos que no interesan, para que así el sistema pueda mostrarla, y pueda ser interpretada por personas expertas en el tema.

3.3.5.1 Estructura de los datos en el SIG

Es importante antes de comenzar a procesar la información ver el tipo de estructura que tendrán nuestros datos, como se ha visto, un SIG puede contener únicamente datos de tipo raster, de tipo vector o de ambos pero esto depende del tipo de aplicación que tendrá el SIG o del cómo se analizarán los datos, ya que si se llevarán a cabo análisis muy complejos con imágenes, es preferible que el SIG sea de tipo raster, pero como nuestro SIG será para consultas geotécnicas, el manejo de la información será en formato vector y formato raster, ya que no se realizaran análisis muy complejos, pero si se requiere de una visualización de la cartografía sobre una imagen de satélite o una fotografía, por lo que el sistema nos exige el uso de ambos formatos tanto raster como vector.

Para el procesamiento de la información es necesario utilizar una cartografía (en nuestro caso se uso la proporcionada por el INEGI), ya que esta nos mostrará la zona de estudio, y es la que pondrá los límites correspondientes para poder escoger la información geográfica a utilizar, ya que no toda la información que se tiene disponible abarca toda el área de estudio.

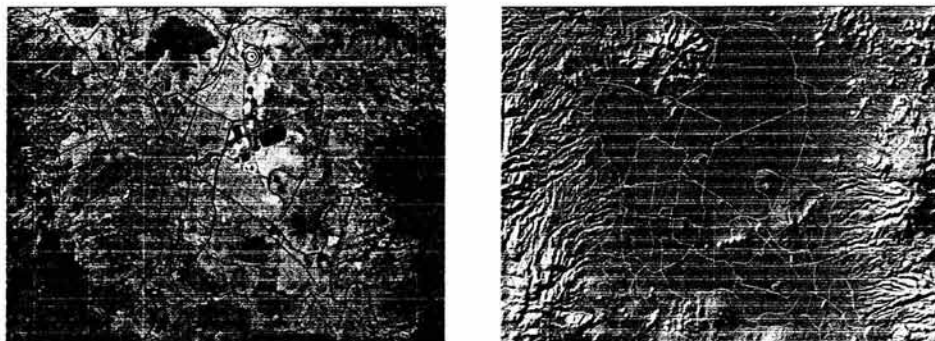


Fig. 3.3.6 Área de Estudio Dividida por Cartas

Una vez seleccionada el área de estudio, se procede a ordenar toda la información por cartas a una cierta escala y utilizando el sistema geográfico UTM, se procesa la información geográfica por medio de capas. Se pueden utilizar varias cartas en una sola capa, para hacer esto se utiliza Autocad para su integración, y una vez unidas se pueden exportar en formato dxf para después poderla integrarla en el SIG elaborado en Arc View.

Una vez exportada la información en formato dxf se procede a cambiarla a un formato de tema en Arc View y con esto poder crear una sola vista integrando toda la información recabada. Cuando la información es convertida en temas de Arc View se pueden separar la capas que contenían los archivos dxf., por ejemplo aquellos que incluyen las Calles, la malla de la traza urbana, los cuerpos de agua, predios, o inclusive textos (nombres de las calles y numeración).

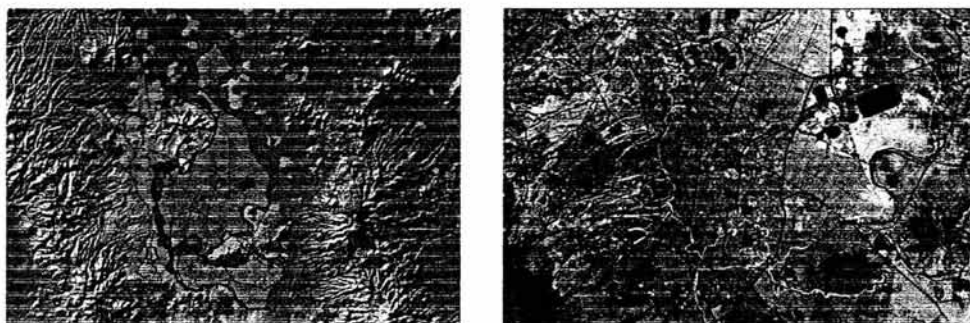


Fig. 3.3.7 Información ya Procesada y Georeferenciada

Una vez procesada la información geográfica tipo vector, esta se encuentra lista para ser utilizada por el Sistema de Información Geográfica.



Fig. 3.3.8 Sistema de Información Geográfico utilizando la Información Procesada

3.3.5.2 Sistema de coordenadas UTM elegido para la Cartografía Digital

Hoy en día se sabe que la forma de la tierra es esferoide, para hacer los cálculos matemáticos más fáciles se trata como una esfera; como se trate la Tierra ya sea esfera o esferoide se deben transformar sus localizaciones en una superficie de tres dimensiones para poder crear un mapa; estas transformaciones se hacen a través de conversiones matemáticas; esto comúnmente se conoce como proyección de un mapa.

Se debe tener cuidado al momento de escoger el tipo de proyección con el que se trabajará; en nuestro caso se escogió UTM (Universal Transverse Mercator) porque es más fácil trabajar con coordenadas en x, y, z que con latitudes o coordenadas geográficas. Para este sistema Universal el globo terrestre esta dividido en 16 zonas; cada una tiene 6 grados de longitud y cada zona tiene su propio meridiano central.

Los límites para cada zona son de 84° grados norte y 80° sur, las regiones más allá de estos valores son acomodadas por la proyección Universal Polar Stereografic (Polar o UPS). Las coordenadas son dadas en metros, el origen de cada zona es el Ecuador y su meridiano central. Para eliminar coordenadas negativas, la proyección altera los de las coordenadas en el origen.. Para nuestra zona de estudio utilizaremos la zona 14 de l Sistema UTM.

A CADA CARTA ESC. 1:1,000,000 SE DIVIDE EN 4 PARTES
(A 2° DE LATITUD POR 3° DE LONGITUD) IGUALES PARA
OBTENER LOS SECTORES A,B,C Y D.

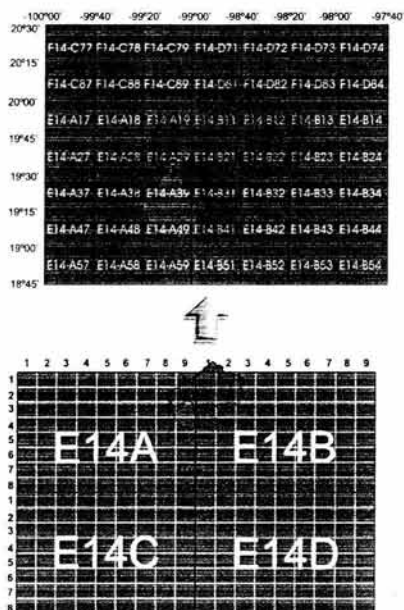
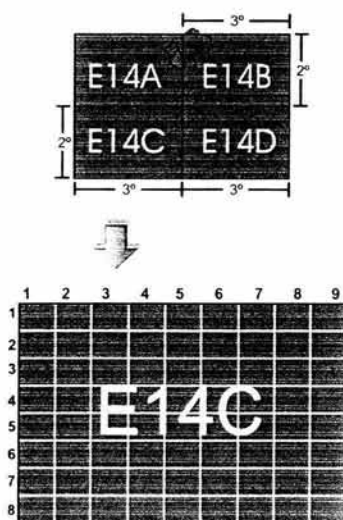


Fig. 3.3.9 División Cartográfica utilizando el Sistema UTM

3.3.5.3 Geoprocusamiento de la Información Geográfica obtenida

Para el procesamiento de los datos los dividiremos en dos partes, una que es el procesamiento de las exploraciones del subsuelo (sondeos) y la otra que es la unión entre el sondeo físico (dentro del SIG) y sus datos (provenientes de la base de datos).



Fig. 3.3.10 Proceso de la Información Geográfica

Los sondeos se revisan, se clasifican y se comienzan a ubicar en un plano geográfico (coordenadas x,y,z), es decir se localizan en la cartografía de manzanas y calles proporcionada por el INEGI, para esto se hace uso del programa de Autocad, ya que ahí se puede manejar coordenadas espaciales X, Y, y Z, después de este paso se procede a obtener su profundidad de exploración en metros, el tipo de sondeo al que corresponde (el tipo depende de cómo se hizo la exploración), el porcentaje de agua encontrada; también se captura quien elaboro el sondeo, cuando lo hizo, la ubicación donde se hizo y las observaciones.

Toda esta información fue almacenada en una base de datos creada con el programa de Excel, ya que este programa facilita la creación de registros y tablas. Este proceso fue realizado por gente encargada de crear la base de datos, en este caso en particular personal del área de Ingeniería Civil ya que están calificados para poder clasificar y revisar toda la información analógica. Finalmente se Scanearon los estudios estratigráficos (solo en los casos en que se contarán con ellos) para que se pudieran visualizar dentro del sistema, todo esto se hizo para que cada uno de los sondeos con los que el Instituto de Ingeniería contaba, al final del trabajo se logro formar una base de datos de más de 4400 sondeos capturados, revisados y clasificados en formato digital. Una vez terminada la base de datos se procedió a exportarla a un formato .dbf, para que pudiera ser importada por Arc View, y se pudieran manipular los datos que se encuentren en las tablas de la base de datos.

Para poder ligar la imagen de cada sondeo con las cartas urbanas y la información capturada en la base de datos, primero se tuvo que agregar un campo con la clave del sondeo y otro campo con la del nombre de la imagen del sondeo asociado a esa clave general, también se le asociaron sus coordenadas de localización; posteriormente se creó un tema en una vista de Arc View con las características geográficas de todos los puntos ubicados geográficamente de cada uno de los sondeos (esto indica que los datos que se tienen geográficamente estarán representados por puntos con sus respectivas localizaciones), una vez creado el tema en Arc View se crea la liga entre el campo de la clave general del sondeo en la base de datos y el campo de la ubicación de la imagen del sondeo, una vez completado este tema, al Sistema se le agregan otros temas con la información geográfica Fotografías Aéreas, Imagen de Satélite, Modelo Digital de Elevación, Cartografía de Manzanas y Calles, Plano Geológico, Hidrografía, Principales Vialidades, Zonificación así como la Malla para la división del mapa llave.

-Scaneo de la Imagen del Sondeo

En esta parte del proyecto se procedió a solamente scanear el estudio estratigráfico de los sondeos que lo tuvieron. Esto sirvió para poder visualizar mejor cada una de las exploraciones que se hicieron del subsuelo, aunque en casi todos los casos en más de 4 gráficas en un solo estudio.

-Creación de la Base de Datos para el SIG

Para llevar a cabo la creación de la base de datos, se visualizó primero cuál era el tipo de información que se manejaba, también cuales eran los tipos de valores permitidos y revisar cuáles eran las relaciones entre cada uno de los datos.

3.3.6 Creación y Automatización del Sistema:

Para un mejor manejo del Sistema por parte del usuario final así como para darle un mantenimiento al mismo fue necesario la visualización de las necesidades de los usuarios finales, como por ejemplo el manejo rápido y eficiente al realizar una consulta de la información, de tal forma que cualquier usuario sin experiencia previa en este tipo de sistemas pueda tener acceso fácil.

La consulta es sencilla, ya que ArcView cuenta con un módulo de consultas basado en rutinas que llaman otras rutinas dependiendo de la función, el módulo de consultas esta programada en modo estructurado y no orientado a objetos; un punto importante es conocer muy bien el modulo para las consultas, así como sus opciones, ya de esta manera será más fácil realizar la búsqueda de la información

CAPITULO IV

**Puesta en Funcionamiento del Sistema de Información
Geográfica**

4.1 PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La presentación de la información dentro de un SIG forma parte fundamental en la toma de decisiones dentro de una empresa o de un centro de investigación, ya que de ésta, dependerá sustentar las ideas que se tengan con respecto a un problema general o específico. La calidad de la información debe ser clara y precisa para una mejor toma de decisión.

La información, tiene muchas formas de presentarse pero en un Sistema de Información Geográfica, se tiene que tener cuidado ya que la información que se muestre tiene que estar completamente localizable en un mapa, a esto hay que añadirle cuales son los objetivos del SIG, para que se pueda presentar la información en el momento preciso y con exactitud así como con cierta rapidez.

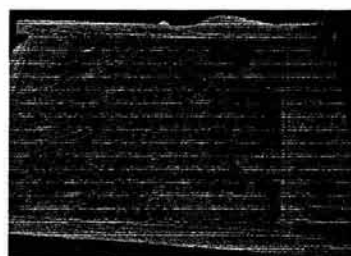
La representación de los datos en un SIG está basada en algunos tipos de objetos universales que se refieren al punto, línea y área. Los elementos puntuales son todos aquellos objetos relativamente pequeños respecto a su entorno más inmediatamente próximo, se representan mediante líneas de longitud cero. 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 del de un objeto particular, éste puede figurar como un elemento de tipo área, en cambio en otro mapa que no incluya detalles asociados del objeto, puede aparecer como un objeto puntual.

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

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, etc.

Existen diferentes formas de presentar la información cartográfica final de las cuales se basan las búsquedas especializadas, estas pueden ser por Mapas Temáticos, Sistemas basados en coordenadas X,Y, Modelos 3D (x,y,z) de una área específica o basados en páginas WEB. Todo esto es posible si se decide adecuadamente la selección del Software adecuado para alcanzar los objetivos pretendidos.



Mapas Temáticos



Modelos Temáticos en 3D



SIG Referenciado en X y Y



SIG en Páginas WEB

Fig. 4.1.1 Formas de Presentación de la Información Geográfica Procesada

4.1.1 Salida de los Datos:

La salida de los datos es el producto del geoprocesamiento de la información geográfica obtenida originalmente y consiste en la obtención de formatos digitales, mapas impresos y bases de datos.

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

La representación digital se utiliza cuando dicha información, o en general, a otro medio sistematizado. El medio analógico es el que se presenta al usuario como respuesta a un interrogante del mismo. La información textual analógica consiste normalmente en un conjunto de tablas que representan la información almacenada en la base de datos o representan el resultado de algún tipo de análisis efectuado sobre ésta.

La información analógica gráfica consiste en mapas, gráficos o diagramas. Ambos tipos de información pueden ser presentados en una pantalla o impresos en el papel.

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

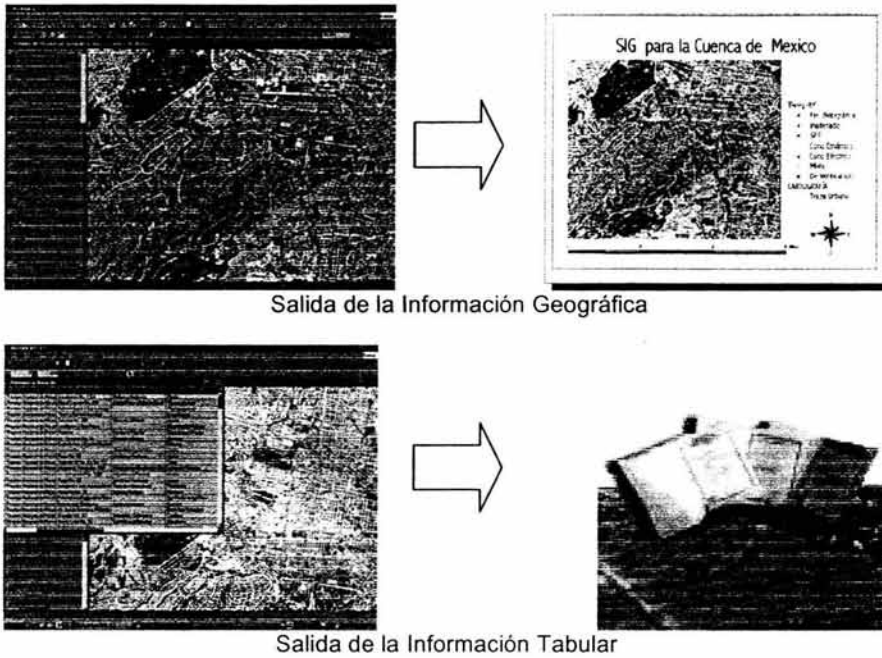


Fig. 4.1.2 Tipos de Salida de la Información para ser usada por el usuario Final

4.2 PRESENTACIÓN DEL SISTEMA

El sistema en esta etapa se enfocó en la funcionalidad de consulta de sondeos ubicados en la Ciudad de México y Estado de México, en este apartado se mostrará la secuencia de pantallas al momento de hacer una consulta al sistema de algún sondeo en especial y el despliegado de la información del mismo.

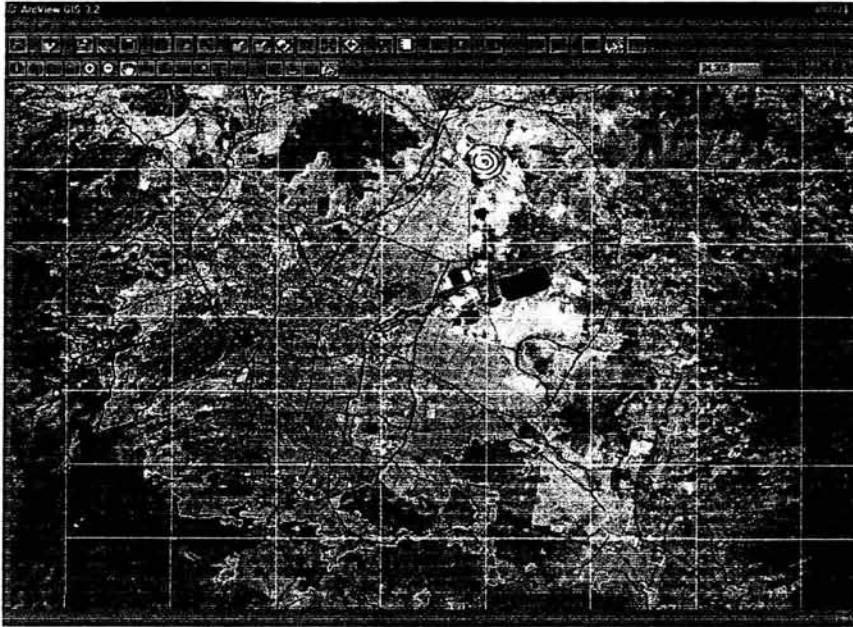


Fig. 4.2.1 Plano llave donde se muestra la Zona de Estudio.

Existen varias formas de ver representada la información de la base de datos, puede verse desde la imagen de satélite que es la que abarca la mayor parte de la zona de estudio y es donde se muestra el plano llave. Después se tiene una definición más precisa y detallada del área de estudio que es el mosaico de fotografías aéreas y el modelo digital de elevación. Pero si requiere más detalle de la zona se cuenta con la cartografía de manzanas y calles, que muestra más aún los rasgos geográficos y la localización de los sondeos realizados.

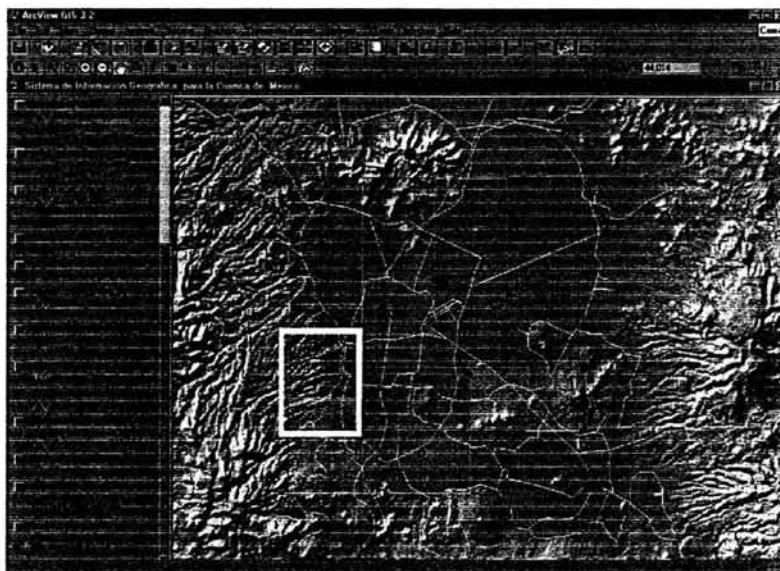


Fig. 4.2.2 Selección de una zona específica dentro de toda el área de estudio

Una vez seleccionada una zona específica se procede a mostrar los sondeos de la base de datos, que al ubicarlos y seleccionarlos, nos muestra la información geográfica relacionada con cada uno de ellos, así como su ubicación en coordenadas y la imagen scaneada del estudio que se les realizó.

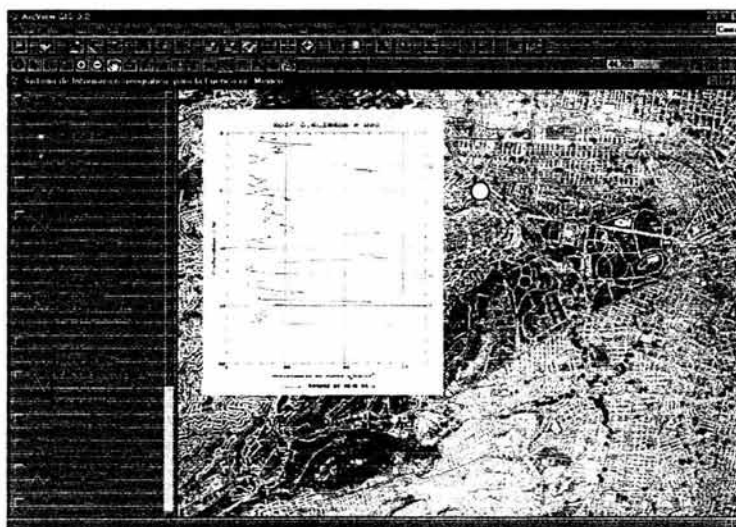


Fig. 4.2.3 Área seleccionada con más detalle mostrando los sondeos y su imagen

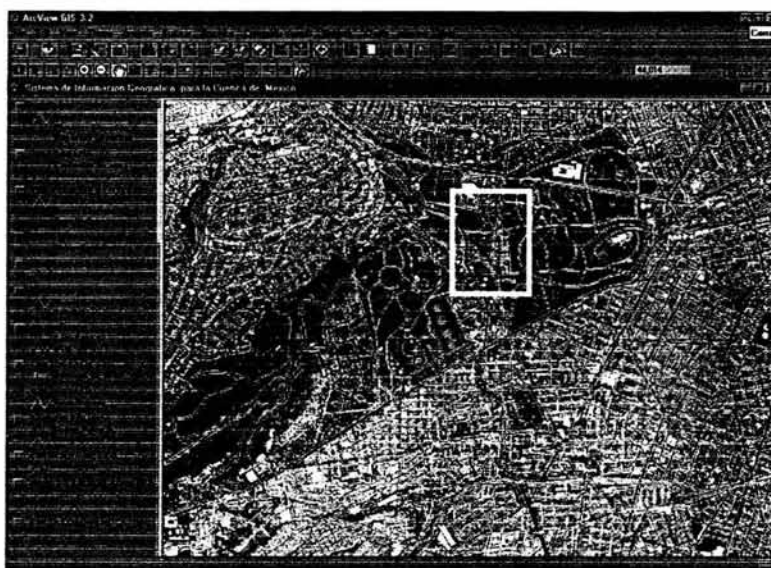


Fig. 4.2.4 Esta pantalla muestra la selección de un área más pequeña de estudio

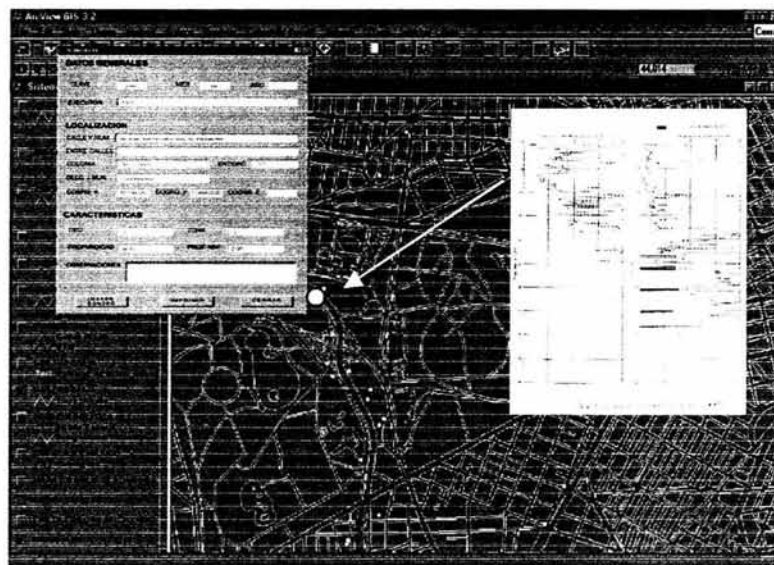


Fig. 4.2.4 Esta pantalla muestra el área seleccionada mostrando manzanas y calles

El sistema tiene la capacidad de mostrar la base de datos con los sondeos, en diferentes capas, como se mencionó anteriormente puede ser la Imagen de Satélite, que muestra la mayor parte de el área de estudio (Cuenca de México), o sobre el mosaico de fotografías aéreas, pero si aún el estudio o el análisis requiere de información a nivel de manzanas y calles se tiene la cartografía de la traza urbana de la Ciudad de México y del Estado, proporcionada por el INEGI. También se puede mostrar información acerca de la geología, hidrografía, zonas de minas y principales vialidades a nivel de detalle todo esto esta distribuido en capas diferentes para que de acuerdo a las necesidades del usuario se puedan combinar.



Sondeos y Topografía



Sondeos y Zonificación



Sondeos y Mapa Antiguo

Fig. 4.2.5 Pantallas Mostrando diferentes capas que puede combinar el SIG

4.3 PRESENTACION DE LOS RESULTADOS PARA EL ANALISIS

Los SIG proporcionan múltiples opciones para crear mapas y reportes. Los productos finales deben estar directamente relacionados con los objetivos del proyecto, además de que estos deben ser variados en cuanto a la presentación de resultados, ya sea a través de gráficas, reportes y lo primordial mapas temáticos o mapas base; los cuales están contruidos directamente por los atributos de la base de datos del SIG. Otro método de presentación de resultados es a través de mapas generados por alguna consulta descriptiva o espacial, que es otra de las ventajas que nos proporcionan los SIG.

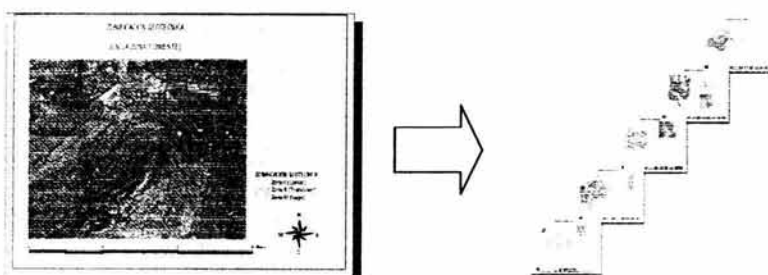


Fig. 4.3.1 Creación de nueva cartografía a partir de los resultados del SIG.

4.3.1 Identificación de elementos específicos (Búsqueda por Atributos):

Con un SIG, podemos determinar localizaciones particulares, es decir, identificando un elemento o un grupo de elementos a través de una consulta espacial. Esto es, que a través de una petición como ¿Qué está en esta localización?, nosotros podemos identificar elementos del mismo tipo que se encuentren envueltos en la relación; los métodos comunes de especificación se proporcionan a través de una petición tecleando una dirección o bien tecleando una coordenada de localización. Después que se especifica la localización de un objeto o región, nosotros podemos obtener una lista de objetos espaciales de todos los atributos o de un mismo tipo.

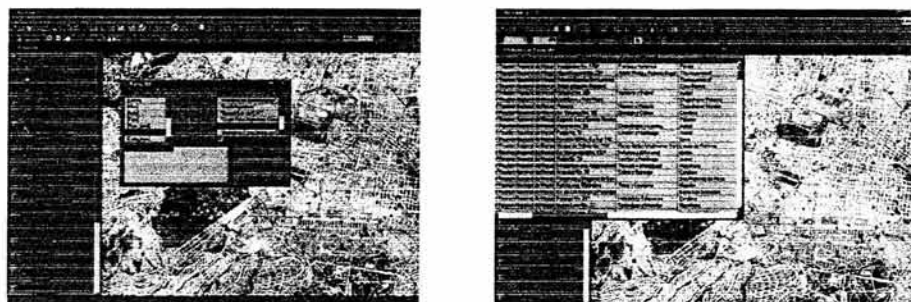


Fig. 4.3.2 Búsqueda por Atributos

Para realizar la consulta por atributos es necesario identificar los elementos utilizando condiciones, esto es especificando la localización para un elemento, nosotros podemos utilizar información atributiva para localizar elementos. El SIG determina que localizaciones satisfacen las condiciones y despliega estas de manera gráfica o a través de una lista, en algunas ocasiones ambos casos, de acuerdo al tipo de petición que se haya realizado.

Las Consultas por atributos se realizan seleccionando los objetos espaciales que cumplen con una o varias condiciones fijadas por el usuario y se verán visualizados en la pantalla; este tipo de consultas se realiza con el fin de localizar el lugar donde están estos objetos. En la búsqueda por atributos se pueden utilizar operadores de tres tipos:

Relacionales: >, <, >=, <=, = Aritméticos: =, -, *, / Booleanos: AND, OR, NOT

Estos operadores se pueden combinar para realizar selecciones más complejas, éstas también se conocen como consultas por expresión lógica, un ejemplo sería: TIPO=5 AND PROFUDIDAD <100, en el que TIPO y PROFUDIDAD son nombres de campos pertenecientes a las base de datos y los demás son operadores relacionales.

Nosotros podemos especificar un conjunto de condiciones haciendo una selección desde un conjunto predefinido de opciones o escribiendo expresiones lógicas

4.3.2 Identificación de elementos haciendo una Búsqueda Espacial Geográfica:

La Consulta Espacial Geográfica consiste en seleccionar ciertos objetos sobre el mapa, los registros correspondientes quedan a su vez relacionados en la base de datos, es decir en estas consultas lo que se quiere conocer es que hay en el área seleccionada. Dicha consulta se realiza sobre un mapa o una capa que se visualiza en pantalla, para lo cual existen diferentes posibilidades de selección, por ejemplo:

- Seleccionando con el mouse él, o los objetos seleccionados.
- Trazando un círculo ubicado en el centro del mismo con el mouse e indicando el área en metros o en las unidades que el SIG este manejando
- Trazado líneas con el mouse que dan forma un polígono
- Ubicando dos puntos extremos utilizando el mouse que dan forma a un rectángulo



Fig. 4.3.3 Consulta Geográfica Espacial

4.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DENTRO DEL MISMO SISTEMA

La capacidad de los SIG para analizar y transformar la información espacial, permite la creación de escenarios, es decir, de construir modelos a partir de la evaluación de la información. En los escenarios se pueden modificar las variables, de forma que pueden obtener escenarios probables, factibles, o deseables, estos resultados son utilizados para conocer las condiciones actuales o para predecir los fenómenos estudiados

El análisis de la información también permite realizar relaciones espaciales entre diferentes temas (álgebra de mapas) por ejemplo, la sobreposición, con el objeto de generar nueva información para la creación de escenarios, dependiendo de las necesidades del usuario.

El SIG permite hacer consultas y recuperar datos de mapas digitales e información de carácter tabular, acerca de un determinado recurso que se encuentra almacenado en la base de datos. Para evitar confusión hay que señalar que los sistemas de información geográficos y los sistemas cartográficos asistidos por computador se diferencian, precisamente por la capacidad de los primeros de transformar los datos espaciales originales, con el propósito de responder a preguntas particulares.

El análisis dentro de un SIG por ejemplo nos permitió definir el mapa de zonificación geotécnica que se basa en una modelación espacial como las que ofrecen las tecnologías de los SIG para facilitar las tareas relativas a la descripción de las características espaciales de los depósitos de suelo, rellenos y formaciones geológicas. El análisis consta de una etapa preliminar y otra de detalle.

La modelación visual / espacial en un SIG permite efectuar múltiples operaciones para manejar y procesar volúmenes grandes de diferentes clases o temas de información alfanumérica y gráfica en formato digital, agrupándolos en capas. Se puede entonces aprovechar la capacidad del sistema para efectuar combinaciones y permutaciones de una con otra o sintetizar a través de la integración de todas las capas de información en una sola, según los requerimientos del análisis.

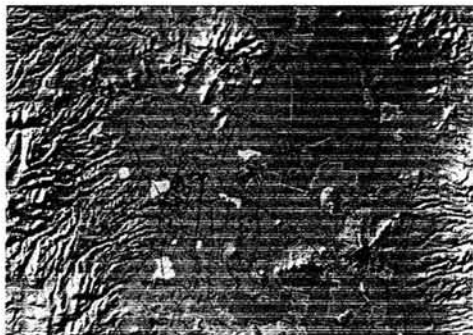


Fig. 4.4.1 Modelación Visual de Varias Capas dentro del SIG

A la superposición simultánea o integración al mismo tiempo de dos o más capas o estratos de información de diferente clase, se le conoce como composición vertical de información y esta posibilidad de manejar la información se llama modelación visual/espacial realizada en un SIG. Esta modelación constituye el principio básico sobre el que se sustenta la metodología del análisis dirigido a la descripción de las características espaciales del subsuelo en múltiples aspectos del mismo y que se orientan a la definición del mapa de la zonificación geotécnica de la cuenca de México.

Una de las modelaciones espaciales que se considera básica y en muchos casos insustituible para la mayoría de los estudios con aplicación a las Ciencias de la tierra consiste en modelar solo la capa o estrato de información topográfica que deriva en un Modelo digital de Elevación (MDE); es decir, en una representación 3D que se obtiene a través de transformar un mapa de curvas de nivel analógico a uno digital. El mapa analógico de curvas de nivel es la representación más común de la información topográfica.

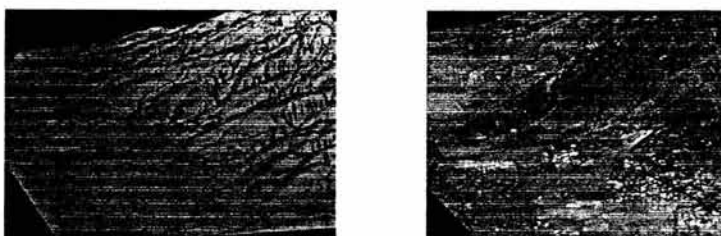


Fig. 4.4.2 Pantalla mostrando el MDE combinado con otras capas

4.4.1 Análisis Geotécnico Preliminar:

Antes de iniciar un análisis preliminar; es decir, antes de cualquier modelación, la información que integra los marcos de referencia geográfico y físico respectivamente requiere de un pre-procesamiento; es decir, debe ser tratada o convertida. Esto implica cambiarla de formato analógico a un formato digital que puede ser: el raster (información celdarizada) o el vector (información numerizada) bajo un Sistema coherente de Coordenadas Geográficas proveniente de una Proyección y de esta manera, la información queda referenciada geográficamente.

La información celdarizada está compuesta por un conjunto de elementos-celda o píxeles; esta puede provenir originalmente celdarizada (como las imágenes de satélite) o ser capturada con técnicas de barrido empleando equipo electrónico como el scanner. La información vectorizada o numerizada se captura digitalizando o numerizando la información analógica a través de un equipo electrónico como la tableta numerizadora o digitalizadora.

Cabe señalar, que durante el pre-procesamiento se observa a primera vista que tres coberturas temáticas que integran nuestro marco de referencia físico (Geología, Geomorfología y Geotecnia) presentan una cierta interrelación y estas a su vez se relacionan con la información topográfica del marco geográfico.

Esta aparente interrelación o relación de coberturas temáticas da origen al análisis preliminar que consiste en un modelado en el que se hace intervenir simultáneamente a las cuatro coberturas temáticas mediante una composición vertical con el propósito de confirmar esa interrelación.

La composición vertical está integrada por dos capas, la primera formada por las líneas que delimitan las fronteras entre las diferentes zonas geotécnicas (Zona I: Lomas, Zona II: Transición y Zona III: Lago); la segunda por las líneas que delimitan las fronteras entre los diferentes materiales o formaciones (Zona I: rellenos, formaciones geológicas y abanicos volcánicos lomas; Zona II: depósitos aluviales; y Zona III: depósitos lacustres) en que se encuentran divididos los materiales en la geología y geomorfología respectivamente.

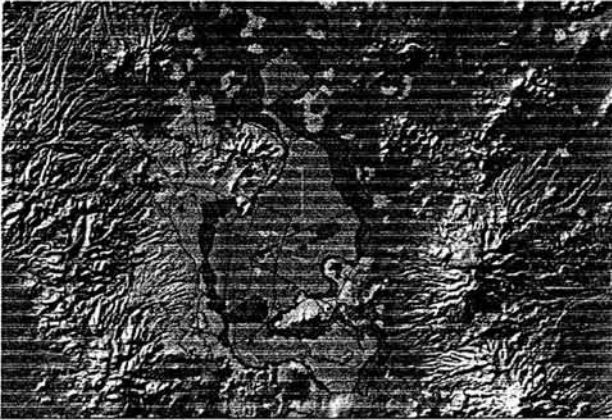


Fig. 4.4.3 Análisis Geotécnico Preliminar (Zonificación)

4.4.2 Análisis de Detalle:

El análisis de detalle consiste en afinar las líneas de frontera definidas en el análisis preliminar a partir de la información de detalle sobre la estratigráfica y propiedades que proporcionan los diferentes tipos de sondeos geotécnicos (cono, SPT, muestreo continuo inalterado, dinámicos, mixtos, etc). Este análisis permite ubicar la localización y distribución de rellenos, depósitos y formaciones geológicas en dos sentidos, uno sobre la proyección horizontal de un plano y otro a lo largo de la proyección vertical de un plano (profundidad), por ejemplo: cortes estratigráficos o zonas minadas.

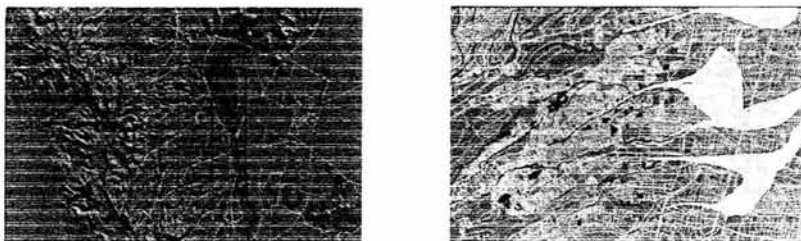


Fig. 4.4.4 Análisis más a detalle del área de estudio (Zona Minada)

4.4.3 Síntesis:

La abundante información recopilada, procesada, interrelacionada e interpretada debe finalmente ser presentada en forma sintética. Por ejemplo se puede representar la zona minada del poniente del Distrito Federal. Obviamente, una representación de este tipo refleja solamente una pequeña parte de la información disponible, lo que indica que es necesario proceder simultáneamente a un trabajo de descripción y zonificación geotécnica y de mapeo de riesgos mucho más detallado para apoyo a estudios específicos del subsuelo en proyectos públicos y particulares. Se está realizando actualmente esta labor. En este último trabajo, resulta de gran utilidad el uso de la geoestadística para realizar estimaciones, interpolaciones y simulaciones estratigráficas en forma racional.

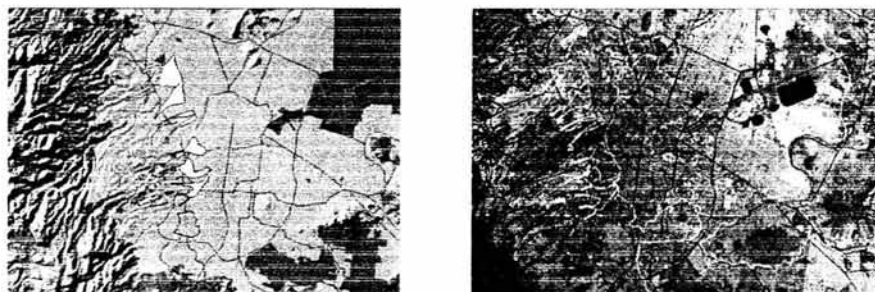


Fig. 4.4.5 Representación de la Traza Urbana y las Zonas Minadas.

4.4.4 Tipos de Análisis dentro de un SIG:

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

- Contigüidad: Encontrar áreas en una región determinada.
- Coincidencia: Análisis de superposición de puntos, líneas, polígonos y áreas.
- Conectividad. Análisis sobre entidades gráficas que representen redes de conducción, tales como:

Enrutamiento: Como se mueve el elemento conducido a lo largo de la red.

Radio de acción: Alcance del movimiento del elemento dentro de la red.

Apareamiento de direcciones: Acople de información de direcciones a las entidades gráficas.

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

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

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

4.5 CREACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS UTILIZANDO EL SIG

Para facilitar las consultas y análisis a los usuarios finales, se han creado temáticos agrupados en dos tipos, a saber: los que son simples visualizaciones de entidades y los provenientes de consultas a una o varias entidades gráficas.

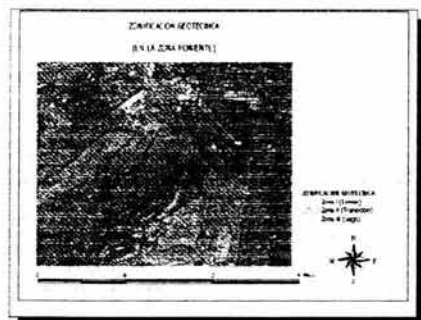


Fig. 4.5.1 Mapa de Zonificación Geotécnica. La leyenda muestra los tipos de suelo

Especial mención merece el mapa de zonificación geotécnica que presenta los tipos de suelo de la Ciudad de México; a escalas pequeñas muestra todos los sondeos ubicados en esa zona de estudio que permitieron la clasificación de la zona; a escalas medias (a partir de 1:10.000) muestra los límites de cada tipo de zona ya sea de loma, mixto o de lago.

4.5.1 Despliegue de la Base de Datos de forma externa:

Ya que toda la información asociada a los sondeos está registrada en una base de datos, se ha optado por crear una herramienta con la que se puedan visualizar los datos temáticos que no necesitan, obligatoriamente, representación sobre un mapa para tener sentido. Se tiene una utilidad que está asociada al SIG y consiste en una pequeña base de datos a la que se le han adjuntado las tablas (procedente de la base de datos principal) que almacenan tales datos; por tanto, está vinculada al SIG de tal forma que cualquier cambio que se produzca, éste será visible desde la base de datos. Es "externa" porque para poder utilizarla no es necesario activar el SIG, y por tanto podrá ser usada sin afectar el sistema.

En ella se han implementado consultas que hacen más amigable el entorno y facilitan las búsquedas. También han sido diseñados informes con los que obtener los documentos en papel sujetos a formato específico; éstos pueden ser impresos desde los formularios. Desde la base de datos se tiene acceso a datos referentes de los sondeos y sus características.

4.5.1 Generalización de un Mapa Temático:

Existen cuatro tipos básicos de generalización del mapa. Esta serie de métodos de generalización se utiliza con mayor frecuencia cuando se cambian las escalas de los mapas. Se describen a continuación:

Disminución de las coordenadas de línea. Según esta técnica se disminuye la cantidad de coordenadas que definen determinada línea.

Supresión de líneas. Según esta técnica, se suprime el límite que separe dos polígonos cuyas características sean similares y se conectan los segmentos lineales restantes que formaban los dos polígonos que antes estaban separados, para obtener un polígono nuevo que encierre el área de los dos polígonos originales.

Concordancia de los bordes -- Esto consta de una serie de procedimientos para unir una gran cantidad de hojas de mapa e integrarlas en un mapa continuo único. Los problemas que deberán resolverse son: unir las líneas y los polígonos de mapas contiguos, lograr que coincidan los límites entre mapas y suprimir aquellas líneas que separan polígonos con las mismas características.

Reducción de polígonos. Similar al ítem "a" anterior, salvo que resulta algo más complejo porque cuando se está reduciendo el número de polígonos, los vértices que se suprimen en un polígono deberán concordar con los vértices suprimidos en los polígonos adyacentes. De lo contrario, las líneas comunes tendrán separaciones, discontinuidades y traslapes debido a la selección indiscriminada de los vértices que van a suprimirse. Se resuelve disminuyendo arcos de polígonos en lugar de entidades completas.

4.6 OPERACIÓN GENERAL DEL SISTEMA:

SIG fue diseñado con la estructura de los paquetes comerciales de Sistemas de Información Geográfica, para la captura, el análisis, la consulta y la representación de sondeos geotécnicos en forma espacial.

SIG cuenta con una herramienta diseñada para dar a los no especialistas la oportunidad de consultar y manipular la información con un mínimo de conocimientos en informática, operando bajo el ambiente de Windows es decir utilizado menus y ventanas.

Las consultas al SIG se realizan con un mínimo de esfuerzo para obtener informes impresos de la información geotécnica y generar mapas cartográficos que servirán como referencia para ubicar los sitios de interés.

El análisis numérico disciplina el pensamiento científico y proporciona una valiosa ayuda al descubrirse las relaciones y dependencias entre fenómenos que caracterizan el objeto de investigación y, debido a la necesidad de manejar una gran cantidad de datos y de realizar un volumen considerable de cálculos en el proceso del tratamiento de la información, las posibilidades que brinda la computación son insustituibles, librando a los investigadores de un proceso agotador que es el caso del cálculo y el análisis de la información con numerosas variables y funciones complejas.

El SIG permite una serie de funciones de recuperación de datos: El examen de la información vía una pantalla, con consultas de parte del usuario por medio del teclado, se pueden extraer vistas o ventanas de imágenes, o bien generar ventanas para consultas. Se puede efectuar una consulta espacial usando hojas múltiples de mapas y se permite la recuperación de los atributos booleanos y resumen estadísticos.

Cabe mencionar que la mayoría de los usuarios que disponen de esta capacidad se entusiasman cuando tienen la facilidad de efectuar recuperaciones tipo consulta utilizando tanto la ventana posicional como la consulta por atributo. Generalmente, los resultados de este tipo de búsqueda se muestran gráficamente en una pantalla, se imprimen en forma alfanumérica por medio de una impresora y, si se desea, se dibujan por medio de una mesa automática o plotter.

4.7 ALCANCES QUE SE HAN TENIDO DENTRO DEL AREA DE GEOTÉCNIA

Con el SIG-SG se pretende contar con un catálogo de datos que contiene información espacial (información distribuida en una área o superficie de un espacio geográfico) para facilitar la obtención, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente georeferenciados de la información referente a estudios de Mecánica de Suelos, a fin de orientar racionalmente futuros estudios, adecuar normas y reglamentos, elaborar zonificaciones geotécnicas, etc.

La aplicación de los informes que proporcionará el SIG-SG no pretenden:

- 1) Sustitución o reducción de la ejecución de futuros estudios de mecánica de suelos;
- 2) Elaboración de recomendaciones preliminares o definitivas para proyectos de cimentaciones o geotécnicos.

Forma parte del alcance del SIG abrir nuevas bases de captura, en función de aplicaciones futuras de otros procedimientos de exploración o ensaye.

En la primera etapa del SIG, se emprenderá las actividades de recopilación, procesamiento y captura de la información de estudios de Mecánica de Suelos obtenidos en el Distrito Federal y Zona Metropolitana. Para la segunda y tercera etapa, se incluirá la recopilación, procesamiento y captura de la información geotécnica.

El uso de SIG en el área de Geotecnia del Instituto de Ingeniería de la UNAM ya esta en uso y se ha utilizado en diversas áreas como la geológica, la hidrológica y estudios de riesgos geotécnicos, también se ha utilizado en proyectos grandes para el Gobierno del Distrito Federal; para los cuales se le solicito al Instituto de Ingeniería de la UNAM un Informe Global de la caracterización del Suelo, por ejemplo para el proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional y el Segundo piso de Viaducto y Periférico en los cuales fue necesario consultar el SIG para poder crear un informe puntual de las zonas para la construcción de dichas obras.



Fig. 4.7.1 Definición de la Geología de la Cuenca



Fig. 4.7.2 Riesgos Geotécnicos en Zonas Urbanas



Fig. 4.7.3 Proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional

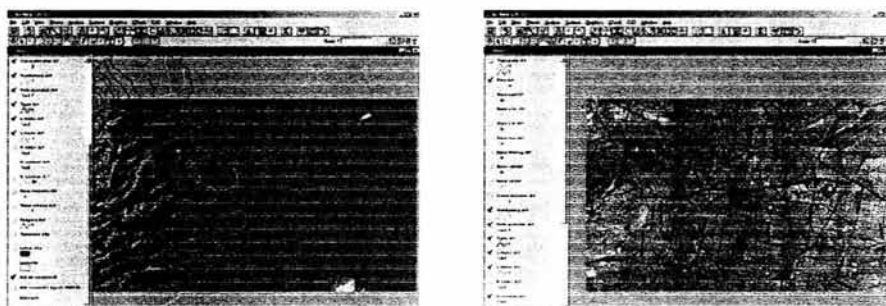


Fig. 4.7.4 Proyecto para el Segundo Piso de Viaducto

CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto fue lento debido a que existe poca gente que conozca acerca de los Sistemas de Información Geográfica, además de que existe poca información de este tipo de sistemas, pero al tiempo que se desarrolló este sistema también, se aprendió como funcionan sus tecnologías; además se pudo visualizar el gran potencial que dichos sistemas presentan y todo lo que se puede obtener a través de ellos en otras áreas de estudio.

El sistema que se desarrolló en este trabajo, comprende la segunda fase de la creación del sistema, ya que anteriormente se contaba con un catálogo de sondeos, y se tenía en una estación de trabajo Silicon Graphics bajo una versión de UNIX del sistema pero era poco eficaz y de difícil acceso. En esta fase se mejoró el sistema, se migró a una plataforma en Windows, pero de igual forma está abierto a mejoras y al crecimiento de la base de datos con los sondeos. En esta etapa se agregó más información geográfica como el Modelo Digital de Elevaciones de la cuenca de México, usando la cartografía topográfica proporcionada por el INEGI, el Mosaico de Fotografías Aéreas, y la nueva Imagen de Satélite Landsat TM de 7 bandas. Todo esto será utilizado para el análisis hidrológico, que de hecho no está incluido en este trabajo y para actualización de la zonificación de la cuenca, el sistema queda abierto para la actualización del módulo de consultas, es decir automatizar el sistema, permitiendo crear altas, bajas y modificación de la base de datos de los sondeos geotécnicos, ya que actualmente se hace manualmente, ya que el objetivo final es tener un sistema totalmente automatizado, que sirva para el análisis y no solo para consultas.

En base al criterio y conocimiento de expertos en la geotecnia se pudo diseñar la base de datos espacial en formato digital la cual nos permita una manera más útil y rápida de consultar y ser encontrada la información mediante ciertos criterios geotécnicos.

Este sistema está diseñado de tal forma que permite ser consultado por otras áreas de investigación como la geología, la geomorfológica, y no solo por la de mecánica de suelos. El objetivo final de este proyecto es recavar más sondeos y analizarlos para que la base de datos crezca y sea lo más completa posible, esto contribuye al mismo tiempo a que la información (sondeos) no se encuentre tan dispersa.

Otros de los aspectos importantes del proyecto es que únicamente contempló el Distrito Federal y la zonas conurbanas (Edo. de México), pero la meta principal es abarcar toda la cuenca y después todo el país, para que el SIG llegue a ser un Sistema de Información Geográfico Nacional.

El SIG de Sondeos Geotécnicos permitió una actualización de la definición de la zonificación que básicamente se divide en tres zonas: Lomas, Transición y Lago. Para la definición y actualización de la misma; se procedió, a efectuar un estudio y análisis mediante el uso del SIG dentro de la superficie de la Cuenca de México; y a la cual, se le generó y agrupó la información geográfica en capas o estratos (Geología, Topografía, Modelo Digital del Terreno, Traza Urbana, Sondeos, etc.) y así poder definir y editar los mapas digitales en los que se puede combinar dos o más capas de información, según convenga al estudio y análisis de sus siete áreas de estudio.

Con el SIG puesto en marcha se crearán nuevos Manuales técnicos (excavación, exploración, etc.), estudios de zonificación con objeto de caracterizar al subsuelo de las áreas de reciente expansión, también se harán informes geotécnicos por delegaciones y municipios para efecto de facilitar la planeación de la infraestructura en materia de vivienda, transporte, bienes y servicios en general, normas para ajustar la política de crecimiento urbano nacional en términos de uso del suelo, con atención a las zonas urbano industriales, y Zonación de áreas de alto riesgo en términos de fenómenos naturales como temblores, inundaciones, o por su vecindad con industrias peligrosas o agresivas ecológicamente.

El Sistema también permite a encargados del área de construcción realizar consultas a la información de los sondeos geotécnicos mucho más rápido y eficiente para que puedan determinar con más exactitud la construcción a realizar en determinado tipo de suelo y así evitar en la medida de lo posible errores de cálculo y prevención de desastres

La versatilidad del SIG depende en gran medida del tipo y volumen de datos contenidos en el sistema. Pudiera parecer que ello lleva a un incremento desmesurado en los costos; pero en realidad esto no es así ya que la mayor parte de la información que se posee es propiedad del Instituto de Ingeniería de la UNAM y por tanto los costos de la obtención de datos se restringen a la adecuación a formato digital de los mismos que cada vez es menos gracias a la mayor disponibilidad de bases de datos numéricas.

La combinación del conocimiento adquirido a través del SIG como del criterio ingenieril, junto con una buena dosis de experiencia, permitirán orientar al ingeniero en fijar el número, tipo y profundidad de los sondeos geotécnicos de un programa de exploración en forma racional lo que redundará en mayor seguridad y eficiencia en los futuros estudios de Mecánica de Suelos, de acuerdo con el tipo de suelo y de la importancia de la obra.

La implementación del Sistema pudo probar las ventajas y eficiencia que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica y las técnicas y metodologías de la Percepción Remota para el manejo y desplegado simultáneo de grandes volúmenes de información a través del almacenamiento agrupado en capas o en estratos de información.

La justificación del uso de estas técnicas y herramientas que son costosas y complejas, se debe a las ventajas y eficiencia que ofrecen las mismas, para administrar y manejar simultáneamente grandes volúmenes de información alfanumérica y gráfica para procesarla, interpretarla y presentarla en forma clara y difundirla.

Finalmente los Sistemas de Información Geográfica no pretenden sustituir en ningún momento el criterio, juicio o experiencia de los expertos, pero si resultan ser una herramienta tecnológica de ayuda complementaria que enriquece las diferentes fases del análisis efectuado por los expertos. Los SIG, sirven como base o soporte para el desarrollo de múltiples estudios relacionados (entorno natural de un territorio), con el fin de orientar en la toma de decisiones de expertos en la materia.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar, F.J., Agüera F., Carvajal, F., "Obtención de Modelos Digitales de Elevaciones del terreno para su uso en entornos CAD". Logroño-Pamplona (España).

Barredo José I., "Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio ", Ra-Ma, 1996.

Briones del Río, Juan Luis, "Interfaz gráfica para un Sistemas de Información Geográfico", tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas computacionales, UDLA, Diciembre de 1998.

Bosque Sendra J., "Sistemas de Información Geográfica", Rialp, 1992.

Burrough, McDonell, R.A., "Principles of Geographical Information Systems", Oxford University Press, 1998

David Parker, "Innovations in SIG 3" ,Taylor and Francis, 1996.

Díaz Rato, J.L.; Gonzalez Moradas, González Nicieza, C. Menéndez Díaz, A. "Desarrollo de un SIG para Instalaciones Portuarias", Ingeniería Civil, nº108, 1996

Felisimo, A.M. "Modelos Digitales de Terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias Ambientales". Pentalfa Ediciones, 1994.

Ferreiro Prieto, J.I.; Aparicio Arias, E.; Gras Moreno, E., "Información Gáfica en el Plan de Ordenación Urbana: El caso de Alcoy base para la elaboración de un SIG municipal." Actas del XI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica". Vol 2.

Gallego Alvarez, F.J.; Rincon Pancordo, T.; López Jurado, D, Anguita Ordoñez, J.M. "Diseño de in Geosistema de Información Urbana ", 1999.

Hadzilacos, T. And Tryfona, N., "Logical Data Modelling for Geographic Applications", International Journal of Geographical Information Systems, 1996.

Joaquín Bosque Sendra, "Sistemas de Información Geográfica", Ediciones Rialp S.A. Madrid España, 1992.

Luis Rafael Díaz Cisneros, "Sistemas de Información Geográfica", Universidad Autónoma del Edo. de México, 1991.

Maguire David J., "Geographical Information Systems: Principles and Applications", HDM.

M de Berg, M. Van Kreveld, M. Overmars, O. Schwarzkopf: "Computational Geometry " ,Springer, 1997.

Michael F. Worboys, "Innovations in GIS Selected paper from the First National Conference on GIS Research", UK Editorial GME, 1994.

Pat Hohl, "SIG Data Conversión", Onword Press.1997.

Recondo González, Sáez García, E. "Corrección topográfica de imágenes Landsat-TM por medio de filtros. Aplicación al Concejo de Mieres (Asturias) para la obtención de un mapa de vegetación". 1999.

Ochoa, C.J. "El Geosistema de Información Municipal como Herramienta de Modelización de la Administración Pública". Mapping , nº 28, pp.30-37. 1996 a.

Tomlin, C. D., "Geographic Information Systems and Cartographic Modeling", Prentice Hall, 1990.

Worboys M.F, "GIS- A computing Perspective", Taylor & Francis, 1995.

Direcciones en Internet:

http://gis.sopde.es/cursosgis/DHTML/que_2.html

<http://www.geotecnologias.com/gis.htm>

<http://www.fao.org/sd/spdirect/gis/Elgis000.htm>

<http://165.158.1.110/spanish/sha/shasigforum.htm>

http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=69

<http://www.urbanisme.equipement.gouv.fr/cdu/accueil/bibliographies/sig/introesp.htm>

<http://www.uca.es/dept/filosofia/TEMA%201.pdf>

<http://ulysses.carthage.edu/faculty/jrivera/aaginfor.htm>

http://www.sli.unimelb.edu.au/research/publications/IPW/INET98_final.html

<http://www.geog.buffalo.edu/~dmark/GISLIS89.html>

<http://araneus.humboldt.org.co/sig/queesunsig.html>

<http://www.gis.com/>

<http://www.esri.com>

<http://www.itc.nl/ilwis/>

<http://www.geosys.es/espaniol/distribucion/ilwis/home.htm>

<http://www.sigua.ua.es/>

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Al Instituto de Ingeniería de la UNAM

A la Coordinación de Geotecnia

Al Dr Auvinet Richard; Ing. Edgar Méndez Sánchez, Miguel Ángel Morales de la Cruz, Rogelio Bernabé Huerta, Fernando Popota Quintero, Francisco López, Ernesto Chávez Vega, Héctor Reséndiz López, Nayeli Camacho Medrano, Joaquín Gutiérrez Ruiz y Miguel Ángel Cabrera Gómez quienes formaron parte de este proyecto.

Al Ing. José González Bedolla; quien fue la persona que dirigió mi tesis; y a los profesores Ing. Imelda de la Luz Flores Díaz, Ing. Ricardo Gutiérrez Orozco, M en C. Marcelo Pérez Medel, Ing. Rafael Canto Gallo por haber dado su visto bueno acerca de mi tesis.

A las siguientes empresas que facilitaron el acervo y recursos indispensables para la creación de este sistema:

El Dr. Román Álvarez y el Ing. Roberto Bonifaz del Instituto de Geografía, UNAM, que permitieron el uso de ArcView y de sus recursos electrónicos.

Instituto de Geografía de la UNAM

Subcomité de Informática de la SMMS.

Coordinación de Sistemas de Computo, del I. de I., UNAM.

Coordinación de Informática aplicada, del I. de I., UNAM.

Petróleos Mexicanos.

Sistema de Transporte Colectivo Metro, COVITUR.

TGC Geotecnia, S.A. de C.V.

Comisión del lago de Texcoco.

ICA Ingeniería

ANEXOS

ANEXO A: APLICACIONES DE LOS SIG

En la mayoría de los sectores los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones, algunos de ellos son:

1.-Cartografía Automatizada

Las entidades públicas han implementado este componente de los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía. Dichos planos son luego puestos a disposición de las empresas a las que puedan resultar de utilidad estos productos. Las propias entidades se encargan posteriormente de proveer versiones actualizadas periódicamente.

2.-Infraestructuras

Algunos de los primeros sistemas SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y gestión de redes de electricidad, gas, agua, teléfonos, alcantarillados, etc., aquí los sistemas SIG almacenan información alfanumérica de servicios, que se encuentra relacionada en las distintas representaciones gráficas de los mismos. Estos sistemas almacenan información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, con el fin de permitir realizar análisis de redes.

La elaboración de mapas, así como la posibilidad de elaborar otro diferente tipo de consulta, ya sea gráfica o alfanumérica, son las funciones más comunes para estos sistemas, también son utilizados en trabajos de ingeniería, inventarios, planificación de redes, gestión de mantenimiento, etc.

3.-Gestión Territorial

Son aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de entidades territoriales. Estas aplicaciones permiten un rápido acceso a la información gráfica y alfanumérica, y suministran herramientas para el análisis espacial de la información. Facilitan labores de mantenimiento de infraestructuras, mobiliario urbano, etc., y permiten realizar una optimización en los trabajos de mantenimiento de empresas de servicios. Tienen la facilidad de generar, documentos con información gráfica y alfanumérica.

4.-Medio Ambiente

Son aplicaciones implementadas por instituciones que estudian el medio ambiente, y que facilitan la evaluación del impacto ambiental en la ejecución de proyectos. Integrados con sistemas de adquisición de datos permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes, a fin de tomar las precauciones y medidas del caso. Facilitan una ayuda fundamental en trabajos tales como repoblaciones forestales, planificación de explotaciones agrícolas, estudios de representatividad caracterización de ecosistemas, estudios de fragmentación, estudios de especies, etc.

5.-Equipamiento Social

Son implementación de aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de servicios de impacto social, tales como servicios sanitarios, centros escolares, hospitales, etc., suministran información sobre los centros ya existentes en una determinada zona y ayudan en la planificación en cuanto a la localización de nuevos centros. Un buen diseño y una buena implementación de estos SIG aumentan la productividad al optimizar recursos, ya que permiten asignar de forma adecuada y precisa los centros a los usuarios y cubrir de forma eficiente la totalidad de la zona de influencia.

6.-Recursos Mineros

El diseño de estos SIG facilitan el manejo de un gran volumen de información generado de varios años de explotación intensiva, suministrando funciones para la realización de análisis de elementos puntuales (sondeos o puntos topográficos), lineales (perfiles, tendido de electricidad), superficies (áreas de explotación) y volúmenes (capas geológicas). Facilitan herramientas de modelización de las capas o formaciones geológicas.

7.-Tráfico

SIG utilizados para modelar la conducta del tráfico determinando modelos de circulación por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. Asignando un coste a los nodos (o puntos) en los que puede existir un semáforo, se puede obtener información muy útil relacionada con análisis de redes.

8.-Demografía

Se evidencian en este tipo de SIG un conjunto diverso de aplicaciones cuyo vínculo es la utilización de las variadas características demográficas, y en concreto su distribución espacial, para la toma de decisiones. Algunas de estas aplicaciones pueden ser: el análisis para la implantación de negocios o servicios públicos, zonificación electoral, etc.

El origen de los datos suele ser los censos poblacionales elaborados por algún entidad (DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística, para Colombia), este grupo de aplicaciones no obligan a una elevada precisión, y en general, manejan escalas pequeñas.

En el ámbito privado deberían tener más incidencia los SIG, aunque aún no es de este modo, ya que por el coste o la falta de información no es posible tener acceso a estas herramientas. Los SIG pueden y deberían ser empleados en:

GeoMarketing: La base de datos empalmada a la información geográfica resulta indispensable para planificar una adecuada campaña de marketing o el envío de correo promocional, se podrían diseñar rutas óptimas a seguir por comerciales, etc.

También los bancos y cajas son unos buenos usuarios de SIG, en el momento requieren ubicar a sus clientes y planificar tanto sus campañas como la apertura de nuevas oficinas, incluyendo información sobre las sucursales de la competencia.



Fig. 1 Uso de los SIG en varios campos

Otros Sectores en los que se Empiezan a Utilizar los SIG:

Al analizar el posible uso de los SIG en la empresa podemos ver que se está asentando en sectores en los que hasta ahora se han utilizado otros métodos de trabajo:

- Sector bancario: localización de red de sucursales en función de las características de la población. Estudio de modelos de mercado potenciales. Estudio de riesgos en la gestión de seguros. Seguimiento de inversiones y de los resultados del mercado bancario en su dimensión territorial.
- Sector de estudios de mercado: segmentaciones de mercado, distribución territorial de la población y de sus características socioeconómicas.
- Sector sanitario: seguimiento de estudios epidemiológicos. Planificación de la red de asistencia sanitaria en relación con la población que habita una zona. Análisis de la distribución geográfica de los perfiles sanitarios de la población.
- Sector logístico: gestión de flota. Planificación y optimización de rutas. Determinación de centros de distribución. Posicionamiento de puntos de venta y análisis de itinerarios de recogida y suministros. Control de los envíos.
- Sector de las telecomunicaciones: planificación de las redes de telefonía móvil, de televisión por cable, análisis de cobertura del medio...
- Sector de la comunicación: información sectorial para su transmisión gráfica hacia los sectores deseados de la opinión pública. Análisis de los efectos de las campañas de publicidad y promoción. Teletrabajo, educación a distancia, tiempo libre, información sobre ocio...

- Sector de franquicias: localización de nuevos puntos de venta, captación de clientes potenciales.
- Sector del automóvil: de los 14,5 millones de turismos que se matricularon en Europa en el año 2000, cerca del 47 por 100 ofrecían la opción de contar con un navegador. En muy pocos años será una necesidad.

La Aplicación de los SIG para el Ordenamiento Territorial:

El auge de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) coincide con la crisis territorial. Tal afirmación exige un ejercicio reflexivo que contemple el valor social del ordenamiento territorial (OT), e involucra el impacto que genera la adopción de las nuevas tecnologías informáticas sobre su evolución.

Dados sus atributos particulares, no resulta sencillo la relación conceptual del SIG dentro del ordenamiento territorial, mientras que las aplicaciones de los SIG evolucionan de manera acelerada y pueden alcanzar altos niveles operativos de eficiencia y sofisticación, el ordenamiento territorial lleva implícita una dimensión aplicada a la gestión. Se trata de más que una simple herramienta tecnológica: involucra la vertiente social y por tanto depende de condiciones políticas.

El ordenamiento territorial (*l'aménagement du territoire*) y el desarrollo regional son conceptos, el primero de origen francés y el segundo anglosajón que, dadas sus pretensiones y las dificultades para establecer patrones de comportamiento de sus variables, no han contado con un cuerpo teórico y metodológico digno de un estatus científico universalmente reconocido.

El territorio es una variable dependiente, no un simple "contenedor" o telón de fondo en el que se desarrollan los procesos, sino que se valora su "contenido" como factor y sujeto activo que obliga a poner a prueba nuestra capacidad de razonamiento territorial para resolver los conflictos que ahí se presentan.

Podemos establecer un amplio repertorio de campos de aplicación de los SIG. Según una clasificación de E. J. Maguire se pueden desdoblar en:

1. Planeación y ordenamiento territorial (aprovechamiento de recursos naturales, desarrollo urbano, políticas públicas, toma de decisiones, planeación integrada).
2. Estudios ambientales (base de datos de variables ambientales, datos sobre suelo, erosión, vegetación, cuencas, integración y análisis de variable).
3. Estudios económicos y sociales (tenencia de la tierra, catastro rural y urbano, censos económicos y de población, actividades electorales, dotación y prestación de servicios, análisis de mercados).

Si asumimos que las posibilidades de los SIG son casi infinitas, su utilización debe ser selectiva y metodológicamente sintética con el fin de construir diferentes escenarios, diagnosticar los procesos y simular posibles soluciones a los problemas abordados. El uso de los SIG exige una gran racionalidad y cuidado: si bien es cierto que la información es una condición necesaria para plantear el análisis territorial, no debe perderse de vista la necesidad de un razonamiento crítico.

Uso de SIG para la Creación de Cartografía Temática:

Con el uso de la tecnología de SIG es posible crear cartografía temática como ejemplos tenemos cartas como:

- Carta Geológica, en la que se representan las unidades litológicas, sistemas de fracturas, afallamientos, características de estructuras volcánicas, aguas subterráneas y manantiales, yacimientos minerales y bancos de materiales, entre otros. También se señalan las fronteras de los mantos acuíferos, como indicadores de su potencialidad.
- Carta Edafológica, que muestra la distribución geográfica de los suelos del país, así como sus características físico-químicas, clasificándolos de acuerdo con el sistema FAO/UNESCO modificado para adaptarlo a nuestro país.
- Carta de Uso del Suelo, la cual contiene información de las actividades agropecuarias, forestales y piscícolas, así como datos sobre la distribución de la población.
- Carta de Uso de Potencial. Presenta las unidades de suelos, evaluados según su capacidad agrológica, mediante la asignación de un valor conforme a su posibilidad de utilización para labores agrícolas, pecuarias, forestales y para el desarrollo de la vida silvestre. También señala los factores físico-químicos que limitan la capacidad de uso de suelo y en consecuencia la producción agropecuaria y forestal.



Fig. 2 Creación de Cartografía Temática utilizando los SIG

Dentro de esta vertiente de producción, es importante destacar la elaboración de material cartográfico especializado en temas sobre recursos naturales, como:

-La Carta de Uso Potencial (Agricultura). Este producto muestra la capacidad de uso agrícola de la tierra, que se evalúa a través de la posibilidad para sustituir en el terreno la vegetación natural por especies vegetales domésticas para aprovechamientos diversos.

-La Carta de Uso Potencial (Forestaria), diseñada para mostrar las características físicas del terreno aprovechable en cuanto a la vegetación natural de selvas y bosques.

Importancia Social de la Información Geográfica y de las Nuevas Tecnologías:

A finales de la década de los cincuenta, la computación acrecienta su influencia en los dominios de la cartografía, con el rechazo inicial de quienes defienden las formas tradicionales más arraigadas para la elaboración de mapas. Los avances que realizan principalmente los Estados Unidos de América en las aplicaciones de las computadoras, el establecimiento de sistemas de diseño asistido por computadora (CAD), la toma de imágenes desde satélites por medio de sensores diversos, el diseño de bases de datos automatizadas con capacidad para almacenar grandes volúmenes de información, el avance en la fotogrametría y los sistemas de posicionamiento global, sientan las bases tecnológicas para desarrollar modernos sistemas de producción de información geográfica.

Durante siglos, la información geográfica se ha acumulado, y permitido en muchos casos tener visiones multitemporales y multitemáticas de una región. Actualmente, con la ayuda de la tecnología, esta información se convierte, interpreta y aplica para una gestión sustentable del territorio, en lo que se conoce como sistemas de información geográfica (SIG). Se prevé que el mercado de éstos se triplique al inicio del tercer milenio, por lo que la producción y actualización de esa información, insumo esencial, será estratégica en este crecimiento.

El avance tecnológico ha transformado las metodologías empleadas en el ejercicio de la actividad geográfica. Es así como se ha dado el cambio metodológico: de los procesos analógicos a los digitales, de los sistemas de triangulación y poligonales geodésicas a los del Sistema de Posicionamiento Global, de los archivos manuales a las bases de datos, del análisis visual al análisis digital, de la edición manual tradicional a los sistemas de despliegue visual computarizado, de los sistemas aerofotográficos a las imágenes de satélite, y así sucesivamente.

Las metodologías y procedimientos de trabajo aplicados en la actualización y producción cartográfica, permiten que los productos digitales obtenidos tengan diversas aplicaciones multifinalitarias, básicamente en dos vertientes: una, enfocada al desarrollo y construcción de la BDG como plataforma de sistemas de información geográfica específicos, cartografía automatizada y cartografía derivada, con manejo de gestión de información en ambiente digital; y la otra, dedicada a la edición de mapas para efectos de presentación en medios impresos o digitales.

La estrategia utilizada para actualizar la cartografía temática se aplica en los temas de uso del suelo y vegetación, hidrología, geología y edafología, temas fundamentales para la integración de sistemas de información geográfica.

El INEGI es una de las dependencias públicas que se ha identificado como parte central de su visión institucional el mantenerse a la vanguardia permanente en el uso de nuevas tecnologías para el desarrollo de sus procesos. Pionero en el uso de *software* y equipos de cómputo de vanguardia dedicados a la información geográfica a esto se debe agregar el reconocimiento internacional a su labor en estadística, geografía e informática.

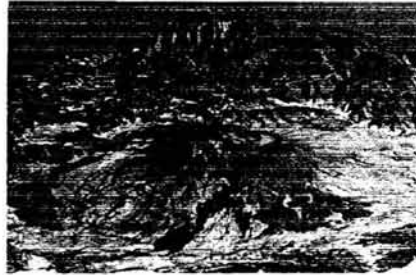


Fig. 4 Uso de las Nuevas Tecnologías para la Creación de Nuevos Productos

ANEXO B: GLOSARIO DE TÉRMINOS EMPLEADOS EN LA GEOINFORMÁTICA.

En este pequeño glosario se propone un conjunto de definiciones breves y sintéticas de conceptos que, aunque son conocidos, a veces se han descrito de formas muy diferentes.

NOTA:

1. Los significados que aquí se atribuyen se deben interpretar en el contexto apropiado (Sistemas de Información Geográfica); en otros campos del conocimiento la cuestión puede ser muy distinta (por ejemplo, no se pretende convencer a un matemático de que topología es lo que aquí se define).

A

ABC Altas Bajas y Cambios en una base de datos. Transacciones.

ACCESO La manera en la cual los archivos o conjuntos de datos son referenciados por la computadora

ADMINISTRACIÓN DE LOS DATOS La función de controlar la adquisición, análisis, almacenamiento, recuperación y distribución de los datos.

ADMINISTRADOR DE LA BASE DE DATOS. 1. Persona o grupo de personas responsable de la definición, protección y eficiencia de la base de datos de una empresa, al ser colocada en una computadora. 2. (SISTEMA) Un sistema que permite que múltiples usuarios independientes tengan acceso concurrente a la información.

ALMACENAMIENTO Espacio físico. La acción de colocar datos en algún dispositivo.

ALMACENAMIENTO PRINCIPAL Almacenamiento direccionable por un programa desde el cual las instrucciones y otros datos pueden ser cargados directamente en los registros para su subsecuente ejecución o procesamiento.

ALTIMETRÍA Medida de la altitud o elevación, la altitud se mide sobre una superficie de referencia (datum); la medida de profundidades bajo el agua se denomina batimetría.

ALTITUD Elevación, altura.

ALTURA GEOMÉTRICA La altura medida respecto al elipsoide de referencia.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Estudio de las necesidades de los usuarios requerido para el diseño del sistema.

ANÁLISIS ESTRUCTURADO Conjunto de herramientas que permiten descomponer modularmente una situación, dando como resultado una identificación clara de los elementos que la integran así como el medio ambiente que la rodea. El resultado del análisis será una especificación gráfica y documental.

ANOTACIÓN Información textual para describir un objeto o para proporcionar información adicional (ver ETIQUETA).

ARCHIVO DE DATOS Una colección de registros de datos relacionados, organizados de una manera específica.

ARCO 1. Curva definida por una ecuación analítica. 2. Sinónimo de cadena.

ÁREA 1. Parte de una superficie. 2. Medida de su tamaño en unidades de distancia al cuadrado.

ATRIBUTO Propiedad o característica de una clase de elementos geográficos en una base de datos; por ejemplo, la superficie, la población, la renta media...; pueden ser atributos de la clase municipios en una base de datos.

B

BANDA Rango de frecuencias del espectro electromagnético por ejemplo, la banda 1 del sensor TM se define en el rango 0.45-0.52 μm .

BASE DE DATOS Conjunto de datos estructurado que permite su almacenamiento, consulta y actualización en un sistema informático.

BASE DE DATOS DISTRIBUIDA Base de datos con partes localizadas en diferentes nodos de una red

BASE DE DATOS RELACIONAL las bases de datos relacionales son un caso concreto en el que la información se organiza en relaciones (llamadas más frecuentemente "tablas") que son conjuntos de "registros", cada una de las cuales integra información de un elemento en un conjunto de campos (uno por atributo del elemento); si dos tablas comparten un campo con valores dentro del mismo dominio, puede aplicarse una operación de unión mediante la cual los registros se enlazan en función de los valores del campo de enlace.

BIT Dígito en el sistema binario de numeración, bit proviene de la contracción de binary digit; al tratarse de un dígito en el sistema binario sólo puede tener dos valores: 0 y 1.

BPI (Bytes Per Inch Bytes por pulgada) Unidad empleada para describir la densidad de información en cintas magnéticas.

BYTE Grupo de dígitos binarios tratados como una unidad. En las computadoras actuales un byte tiene usualmente 8, 16 o 32 bits. Un byte puede almacenar un número entero entre 0 (00000000) y 256 (28: 11111111); el término es equivalente a octeto (ocasionalmente se habla de byte para un número diferente de bits).

C

CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) Diseño.../Manufactura auxiliados por computadora.

CADENA Polígono abierto empleado para representar o generalizar curvas. Se forman con nodos o vértices y los segmentos empleados que los unen.

CANEVA La red de meridianos y paralelos en un mapa.

CAPA 1. Subconjunto de la información espacial que trata de un tópico o tema. 2. Función del sistema de cómputo gráfico que permite representar distintas clases de atributos pudiendo sobreponer o remover cada clase como si se dibujara en hojas transparentes.

CARACTER Cualquiera de las letras, dígitos, signos de puntuación y matemáticos y otros símbolos.

CARACTER DE CONTROL Caracteres no gráficos que se emplean en la computadora tales como escape, control o "carriage return" (avanza línea).

CARTA 1. Usualmente un mapa usado para navegación aérea o marina. 2. Mapa.

CARTOGRAFÍA Ciencia y arte de hacer mapas y cartas.

CARTOGRAFÍA BASE Colección de mapas y cartas empleadas como fuentes.

CATASTRO Registro público o levantamiento que define los límites de la propiedad.

CD-ROM (Compact Disk-Read Only Memory) Disco (óptico) compacto, memoria para lectura únicamente.

CELDA Elemento básico de información en una estructura raster matricial representa el valor medio de un área rectangular superpuesta al terreno (es un concepto análogo al de píxel en una imagen digital).

CENIT Con origen en el centro de la Tierra, lugar al que apunta el vector normal a la superficie terrestre en un punto de observación, dicho punto se supone sobre la superficie de la Tierra; punto donde la vertical toca la esfera celeste, exactamente arriba.

CLASIFICACIÓN Un método de generalización consistente en agrupar los rasgos geográficos en clases o categorías de acuerdo a ciertas características comunes reduciendo su número o variedad, simplificando por tanto el mapa.

COBERTURA La extensión de la superficie terrestre representada en un mapa o imagen.

COMPACTAR Operación de organizar los datos para reducir el tamaño de un archivo.

COMPILACIÓN La traducción de un programa de un lenguaje de alto nivel (de programación) a instrucciones para la máquina (lenguaje máquina).

CONTORNO (LINEA DE) Curva de nivel.

COORDENADA Cantidad usada para definir una posición en un sistema de referencia; las coordenadas pueden ser lineales (cartesianas) o angulares (esféricas), según el sistema de referencia.

COORDENADAS GEOCÉNTRICAS. Un sistema cartesiano derecho con origen en el centro del elipsoide seleccionado, en el que el plano XY coincide con el plano del ecuador, el eje X apunta al meridiano de Greenwich; el eje Z coincide con el eje de rotación del elipsoide. Se emplean frecuentemente en los GPS.

COORDENADAS GEODESICAS (ELIPSOIDALES) Descripción de un punto en el espacio tridimensional por medio de la longitud y latitud geodésicas y la altura geométrica, todas referidas a un elipsoide de referencia.

COORDENADAS GEOGRAFICAS. Un sistema de coordenadas curvas definido sobre el elipsoide de referencia. Se expresan como Longitud (lon), Latitud (lat) y Altura (h) donde la lon y la lat son medidas angulares desde el meridiano origen y el ecuador respectivamente; h es la altura sobre el elipsoide de referencia.

COORDENADAS POLARES Sistema de coordenadas bidimensional en el que la posición se define por la distancia a un punto (polo) el ángulo a una línea de referencia.

COPIA DE RESPALDO Una copia de un archivo o de un conjunto de datos que se guarda para utilizarla en caso de que el archivo o conjunto de datos original sea destruido o degenerado.

CORRECCIÓN GEOMÉTRICA Corregir las deformaciones y distorsiones de una imagen digital.

COTA Altitud asociada a un punto habitualmente, un mapa de elevaciones está formado por curvas de nivel o isohipsas y por puntos acotados.

CPU (Central Processing Unit) La componente central de la computadora donde se realizan las funciones lógicas y aritméticas básicas.

CROSS SECTION Sección o perfil.

CURSOR Marca visible en pantalla que señala el lugar de la siguiente operación.

D

DATO Hecho verificable sobre la realidad un dato puede ser una medida, una ecuación o cualquier tipo de información que pueda ser verificada (en caso contrario se trataría de una creencia).

DATUM Sistema geométrico de referencia empleado para expresar numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno; cada datum se define en función de un elipsoide y por un punto en el que el elipsoide y la Tierra son tangentes.

DBMS (Data Base Management System) Sistema Manejador de Base de Datos.

DEBUG Proceso de remoción de errores en el software o en los datos.

DESCOMPACTAR Operación de regresar a su forma original un archivo compactado.

DICCIONARIO DE DATOS Catálogo de información sobre los datos y las relaciones contenidos en una base de datos.

DIGITALIZADORA (TABLETA, MESA) Dispositivo que permite digitalizar manualmente. Consiste de una superficie plana y un retículo con teclas o botones.

DIGITALIZAR Convertir a formato digital la información analógica de un mapa, fotografía o dibujo ya sea automáticamente mediante un scanner o manualmente usando una digitalizadora.

DTM (Digital Terrain Model) Modelo Digital de Terreno.

E

EDITOR 1. Programa que permite insertar o modificar la información en un archivo permanente de la computadora. 2. Utilería para editar o procesar textos.

ELEVACIÓN Distancia vertical medida desde una superficie de referencia (nivel medio del mar). Cota vertical.

ELIPSOIDE 1. Modelo matemático de la Tierra empleado para los cálculos geodésicos. 2. Superficie generada al hacer girar una elipse sobre uno de sus ejes. Ya que la forma de la Tierra es distinta de un área geográfica a otra, para obtener el mejor ajuste, se usan distintos elipsoides para describir áreas particulares. Los elipsoides se definen en función de un radio ecuatorial y de un radio polar.

ENTIDAD 1. Rasgo geográfico. 2. Entidad federativa, estado de la República. 3. Un objeto y sus atributos en la base de datos. 4. Algo sobre lo que se necesita guardar información. 4. Teoría Entidad Relación: Propone que cada entidad o grupo de entidades estará relacionada con otra (incluyendo así misma), por una acción o verbo, y que cada entidad será descrita por una serie de atributos o dominios propios. El objetivo es crear una descripción de la semántica de los datos que reflejen a la empresa y sus requerimientos de información de la manera más apropiada.

ENTORNO Conjunto de valores de los factores influyentes bajo los cuales se realiza una simulación es un concepto equivalente a "escenario" y representa bajo qué condiciones se ejecuta la simulación de un proceso; en este contexto, la experimentación es la realización de simulaciones bajo condiciones de entorno controladas.

ERROR Diferencia entre el valor medido o estimado y el valor real en un modelo, el error representa la desviación entre lo predicho por el modelo y la realidad; el error es una estimación de la calidad de la información de un mapa y suele distinguirse del concepto de precisión, que hace referencia a la calidad del método de medida utilizado.

ERROR ALEATORIO También llamado observacional, son los errores producto de las limitaciones del instrumento, del redondeo de cifras, etc. Son los errores inevitables.

ERROR SISTEMÁTICO Errores causados por las operaciones imperfectas, las conversiones de unidades, los errores de paralaje al medir con una regla, etc. Son en buena medida errores inevitables.

ESCÁNER Sensor óptico acoplado a un dispositivo de barrido para la digitalización de documentos con un escáner se recorre un documento mediante un sensor óptico que mide la reflectancia general (tonos de gris) o la de cada color primario (RGB) para formar una imagen digital procedente del inglés scanner, el neologismo ha sido aceptado por la RAE aunque con una definición compleja y poco afortunada.

ESCALA Razón entre la distancia medida en un mapa, fotografía o imagen y la distancia correspondiente en el terreno.

ESCALA NOMINAL Es la escala en las áreas del mapa donde no hay distorsión. Es la escala anotada en la leyenda.

ESCALA REAL EN UN PUNTO La escala del mapa en el punto A en dirección a B, es la razón entre la distancia AB en el mapa y la distancia AB en el elipsoide adoptado cuando B se acerca a A. La escala real del mapa puede calcularse como el producto del factor por la escala nominal del mapa.

ESCALA DE GRISES Ordenamiento de los tonos de gris entre el blanco y el negro.

ESCALA GRÁFICA Línea graduada en un mapa o plano empleada para relacionar las distancias en este con las distancias en el terreno.

ESCALAR 1. Aumentar o reducir las dimensiones de un objeto sin modificar sus proporciones. 2. Magnitud no vectorial.

ESTRUCTURA Un término genérico el cual se refiere a la agregación de unidades de datos, sus formatos, y sus relaciones. Un modelo o arreglo entre los elementos de un conjunto tal que algunos elementos son unidos, explícita o implícitamente, a otros.

ESTRUCTURA DE DATOS (DATA STRUCTURE) La organización de los datos en la computadora.

ETIQUETA 1. Nombre o descripción textual del objeto geográfico representado en el mapa. 2. Identificador del objeto.

EXPORTAR Proceso de transferir información de un sistema o plataforma a otro.

F

FACTOR DE ESCALA La razón entre la escala a lo largo de un meridiano (paralelo) en un punto dado y la escala en un punto estándar o a lo largo de una línea estándar con escala real. El factor de escala es "h" para los meridianos y "k" para los paralelos. Reflejan la distorsión en el punto dado. El factor de escala "s" es la distorsión en el área alrededor del punto dado. Las ecuaciones de los factores de escala son parte de la definición de la proyección.

FEATURE Rasgo.

FILTRO Matriz de coeficientes aplicados en un proceso de convolución sobre una estructura raster por ejemplo, los coeficientes usados para generar la curvatura general a partir de un MDE son:

$$\begin{array}{ccc} -1 & 0 & -1 \\ 0 & 4 & 0 \\ -1 & 0 & -1 \end{array}$$

FORMATO DE TRANSFERENCIA Formato empleado para exportar o importar datos.

FOTOGRAFÍA AÉREA Usualmente fotografía de formato grande tomada desde un avión con cámaras especiales que registran en las márgenes las marcas fiduciales, fecha y hora, y otras características que permiten la identificación de la foto y las circunstancias en las que se tomó.

FOTOGRAMETRÍA conjunto de técnicas implicadas en la obtención de datos métricos a partir de fotografías; la fotogrametría es la forma más usual de generar modelos digitales de elevaciones, usando pares estereoscópicos y apoyos sobre el terreno.

G

GECODIFICAR Asignar una ubicación geográfica a los objetos.

GEOIDE La superficie equipotencial gravitacional de la Tierra que mejor se ajusta al nivel medio del mar.

GEODESICA Distancia más corta entre dos puntos sobre la superficie del elipsoide. En una esfera, una geodésica coincide con un círculo máximo.

GEOPROCESAMIENTO Manipulación y análisis de la información con referencia geográfica.

GEOREFERENCIAR Asignar coordenadas geográficas a un objeto o estructura, el concepto aplicado a una imagen digital implica un conjunto de operaciones geométricas que permiten asignar a cada píxel de la imagen un par de coordenadas (x, y) en un sistema de proyección.

GIS (Geographic Information System) Sistema de Información Geográfica.

GPS Acrónimo de global positioning system, o sistema de localización global hace referencia a un sistema mediante el cual es posible estimar las coordenadas actuales de una estación en tierra mediante la recepción simultánea de señales emitidas por varios satélites (llamados en conjunto constelación GPS).

GRID Red Ortogonal, retícula.

H

HARDWARE Componentes físicos y equipos periféricos de una computadora, ("los fierros"). Es toda componente física involucrada en el funcionamiento de equipo informático.

HISTOGRAMA Un diagrama de frecuencias.

I

I/O (Input / Output) Entrada / Salida.

IMAGE Imagen.

IMAGEN DIGITAL Representación gráfica de un objeto mediante una matriz regular que obtiene valores de reflectancia, estos valores suelen medirse mediante sensores sensibles a ciertos rangos de longitudes de onda de la luz; ejemplos de estos sensores son los transportados por plataformas aéreas (aviones o satélites) o los integrados en un escáner para la digitalización de documentos impresos.

IMPORTACIÓN Proceso de cargar a un sistema, información proveniente de otro.

INCERTIDUMBRE Falta de certeza en un resultado derivada del error en los datos y en los procesos; la incertidumbre va asociada a un valor de probabilidad de que la medida sea correcta; por ejemplo, es improbable que una celda donde se estima una pendiente de 12° tenga precisamente ese valor: cualquier otro valor es posible con una probabilidad determinada.

INFORMACIÓN Es un conjunto de datos que al relacionarse adquieren sentido o un valor de contexto o de cambio.

INGENIERÍA DE INFORMACIÓN Es un conjunto de técnicas formales con las cuales son construidos modelos organizacionales, modelos de datos y modelos de procesos en una base comprensiva de conocimientos y son usados para crear y mantener sistemas de procesamiento de datos.

INPUT Entrada 1. Proceso de incorporar información. 2. Los datos que van a incorporarse al sistema.

INTEGRIDAD DE LOS DATOS Concepto de que todas las unidades de datos deben ser protegidas contra invalidación accidental o deliberada.

INTERFASE Una frontera compartida. Puede ser una componente de hardware o porción de almacenamiento accesada por dos o más programas de cómputo.

INTERFASE CON EL USUARIO El modo empleado para la interacción entre la máquina y el usuario. Los menús de comandos y el lenguaje de comandos son las más usuales.

INTERPOLACIÓN Estimación del valor de una variable en un punto a partir de otros datos próximos se entiende que el punto problema está dentro del rango de variación de los datos disponibles; en caso contrario se habla de extrapolación. La interpolación puede hacerse en un espacio de 1, 2 o más dimensiones.

INTERSECCIÓN Operación de combinación de dos mapas en la cual se conservan las zonas incluidas en el dominio espacial común a los dos mapas.

K

KEY (Llave) En bases de datos, el campo usado para tener acceso a la información.

KEYWORD (Palabra reservada).

L

LABEL Etiqueta.

LANDSAT Satélite artificial (EEUU) que recoge, registra y transmite imágenes digitales de la Tierra. Tiene un sistema de escaneo multiespectral (MSS) de cuatro bandas (0.5-0.6, 0.6-0.7, 0.7-0.8 y 0.8- 1.1 micras) con una resolución nominal de 80 m. Cuenta con el mapeador temático (thematic mapper) con una resolución de 30 m y siete canales: 1: 0.45-0.52, 2: 0.52-0.60, 3: 0.63-0.69, 4: 0.76-0.90, 5:1.55-1-75, 6: 10.4-12.5, 7: 2.08-2.46 (micras).

LATITUD Posición norte-sur medida como el ángulo entre (la normal a) el punto y el plano del ecuador.

LEYENDA Listado ordenado y estructurado de las relaciones símbolo/valor para las variables representadas en un mapa, la leyenda debe permitir interpretar los significados de los recursos gráficos usados en el mapa, tanto para las variables cuantitativas (por ejemplo, altitud) como nominales (p. ej., vegetación).

LINEA Conjunto ordenado de vectores encadenados en el modelo de datos vectorial, la línea se usa para representar objetos geográficos como carreteras, líneas eléctricas, etc. En una estructura topológica, las líneas tienen un sentido y están definidos los lados izquierdo y derecho.

LONGITUD Posición este-oeste. Se define como el ángulo entre el plano del meridiano local y el plano del meridiano de referencia.

M

MACRO Una instrucción que reemplaza a un conjunto de instrucciones del mismo lenguaje.

MANEJADOR DE BASE DE DATOS Interfase con el usuario en el software de la base de datos.

MAPA Modelo gráfico de la superficie terrestre donde se representan objetos espaciales y sus propiedades métricas, topológicas y atributivas un mapa puede ser analógico (impreso sobre papel, por ejemplo) o digital (codificado en cifras, almacenado en un ordenador y presentado en una pantalla) existen mapas métricos, diseñados para representar distancias, superficies o ángulos y mapa topológicos, diseñados para representar vecindad, inclusión, conectividad y orden en el contexto de los SIG, un mapa es la presentación de cualquier estructura de datos usada para reflejar cartográficamente una variable espacial (nominal o cuantitativa) independientemente del modelo de datos utilizado (vectorial o raster).

MAPA ANALOGICO Mapa en papel u otro material similar.

MAPA BASE Mapa de referencia sobre el que se ubica la nueva información geográfica.

MAPA CATASTRAL Mapa que muestra los límites o subdivisiones de la tierra con fines legales o hacendarlos.

MAPA DERIVADO Mapa creado a través de la depuración o la combinación o el análisis de la información de otros mapas.

MAPA DIGITAL Mapa en memoria.

MAPA INDICE Mapa de referencia que representa el entorno del área mapeada e identifica los mapas componentes o los mapas adyacentes.

MAPA TEMATICO Mapa que ilustra las características de clase de una variable espacial en particular.

MAPA VIRTUAL Mapa en pantalla.

MATRIZ Estructura de datos formada por elementos (celdas) dispuestos regularmente en filas y columnas; la matriz es la estructura más usada para la construcción de modelos digitales del terreno e imágenes digitales; en este último caso, cada elemento de una matriz se denomina píxel; se habla de matriz regular cuando filas y columnas están separadas por la misma distancia.

MENU Interfase en la que la computadora despliega en pantalla las opciones para que el usuario seleccione alguna usando el ratón o tecleando un carácter.

MERIDIANO Círculo máximo perpendicular al plano del ecuador.

MODELO Representación simplificada de un objeto o proceso en la que se representan algunas de sus propiedades, un modelo reproduce solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que queda, por tanto, representado por otro objeto o sistema de menor complejidad; los modelos se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real.

MODELO DE DATOS Esquema conceptual utilizado para representar la realidad mediante un modelo; un modelo de datos intenta solucionar el problema de cómo dar el paso realidad modelo, es decir, cómo representar la realidad de forma adecuada y eficiente; un mismo modelo de datos puede luego expresarse en diferentes estructuras de datos, la forma física en la que se organiza la información en una base de datos por ejemplo: las siglas GIF, JPG, BMP definen estructuras de datos distintas aunque todas ellas se encuadran en un modelo de datos raster; las estructuras de datos difieren en la forma de codificar y almacenar la información aún dentro del mismo esquema conceptual.

MODELO DIGITAL DE TERRENO Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa se trata, por tanto, de un modelo digital que representa una propiedad cuantitativa topográfica (por ejemplo, elevación, pendiente) o no (temperatura de la superficie del terreno, reflectancia...).

N

NAD (North American Datum) Datum Norteamericano (Es el que se usa en México).

NADIR 1. Punto en el terreno donde lo toca la vertical desde la cámara. 2. Punto en la bóveda celeste donde apunta la vertical bajo nuestros pies. (Opuesto al cenit).

NEGATIVO Imagen, película o papel donde los oscuros aparecen claros y viceversa (y los colores como sus complementarios).

NIVEL Capa.

NODE Nudo.

NODO Vértice inicial o final de una línea se aplica por extensión a las entidades puntuales que están interconectadas en una estructura en red. El orden de los nodos (inicial→final) permite asignar a la línea un sentido y dejar definidos los conceptos topológicos de izquierda/derecha.

O

OBJETO 1. En base de datos, fenómeno caracterizado por un conjunto de atributos; 2. En cartografía, la representación digital de una entidad o rasgo.

OBJETO SIMPLE Objeto que no puede subdividirse en objetos más sencillos.

ORTOFOTO Fotografía aérea modificada geoméricamente para ajustarla a un sistema de proyección geográfica en una ortofotografía se han eliminado las distorsiones debidas a la perspectiva, al movimiento de la cámara y al relieve de forma que posee las mismas propiedades métricas que un mapa.

ORTOFOTOGRAFIA Fotografía área o mosaico en la que se han quitado las distorsiones producidas por la inclinación y el relieve del terreno.

OVERLAY Sobreposición, empalme, sobreposición de dos o más mapas.

P

PANCROMÁTICO Sensor sensible a un amplio rango de frecuencias en el espectro visible se opone a ortocromático, término aplicado en fotografía a los materiales insensibles a la luz de longitud de onda más larga (rojo).

PARALELO Línea de intersección de la superficie de la Tierra con un plano paralelo al ecuador.

PARTICION La fragmentación de la información o de la memoria en parte manejables.

PENDIENTE Ángulo entre la línea normal a la superficie del terreno y la vertical, la pendiente o inclinación del terreno es la primera derivada de la altitud y puede estimarse directamente a partir del modelo digital de elevaciones mediante filtros.

PERCEPCION REMOTA Adquisición de información sobre las propiedades de un objeto empleando instrumentos que no están en contacto directo con el objeto estudiado; usualmente cuando el instrumento está a bordo de un avión o un satélite.

PÍXEL Cada elemento discreto en los que se divide una imagen digital, tecnicismo de origen inglés que procede de la contracción de picture element.

PLATAFORMA Genéricamente, cualquier medio de transporte que lleva un sensor o instrumento de medida.

PLOTTER Graficadora.

POLIGONAL Representación de rasgos lineales por una cadena de segmentos rectos.

POLÍGONO Figura geométrica plana formada por, al menos, un anillo externo un polígono puede tener anillo(s) interno(s) en cuyo caso se habla de un polígono compuesto en vez de un polígono simple (sin "agujeros").

PRECISIÓN Calidad del proceso de medida de una magnitud, el método GPS es muy preciso pero las medidas utilizadas sin corrección están afectadas por un error importante derivado de una degradación inducida en la señal de los satélites.

PROCESAMIENTO DE DATOS Las operaciones realizadas en los datos por la computadora.

PROFILE Perfil, corte transversal.

PROGRAMA DE APLICACION Un programa escrito por o para un usuario que se utiliza para resolver un problema específico.

PROYECCIÓN Conjunto de transformaciones métricas definidas para representar la superficie de la Tierra sobre un plano Existe un gran número de proyecciones, cada una de las cuales posee propiedades diferentes en cuanto a las métricas del objeto real y de su representación plana; por ejemplo, en una proyección conforme se conservan los ángulos (los paralelos y meridianos se cortan en ángulo recto) y en una equivalente se conservan las superficies.

PUNTO Objeto de área nula representado por sus coordenadas.

PUNTO DE CONTROL Un punto cuya localización es conocida. Punto de ubicación en el terreno conocida que puede identificarse en la imagen o mapa y por tanto emplearse para hacer las transformaciones para la georreferenciación de la imagen o mapa.

PUNTOS CARDINALES Las cuatro direcciones principales: Norte (N), Sur (S), Este (E) y Oeste (O o W).

Q

QUERY (Inquirir) 1. Conjunto de condiciones o preguntas usadas para extraer información de la base de datos.

QUEUE Fila, lista de espera, cola.

R

RASTER Modelo de datos en el que la realidad se representa mediante teselas elementales que forman un mosaico regular cada tesela del mosaico es una unidad de superficie que recoge el valor medio de la variable representada (altitud, reflectancia...); las teselas pueden ser cuadradas (celdas) o no (triangulares, hexagonales...) un modelo de datos raster está basado en localizaciones.

RECORD Registro. Elemento de una tabla en una base de datos.

RECTIFICACION Conjunto de técnicas empleadas para eliminar deformaciones o errores en aerofotografías, imágenes de satélite o mapas.

RED modelo de datos formado por nodos y conexiones entre ellos tanto los nodos como las conexiones pueden tener atributos propios como, por ejemplo, longitud, resistencia, sinuosidad... El análisis de redes agrupa un conjunto de técnicas implicadas en la resolución de cuestiones que pueden ser modeladas mediante una red, por ejemplo, determinación del camino de mínimo coste entre dos puntos.

REFRESH (Refrescar) Función que nos permite redibujar la pantalla gráfica después de hacer modificaciones.

REGION Área continua con alguna característica uniforme. Polígono.

REGISTRAR Proceso que nos permite alinear o superponer dos o más conjuntos de datos cartográficos o imágenes digitales.

RELACIONES Conexión o asociación existente entre las entidades.

RELIEF Relieve, elevaciones, curvas de nivel.

REMOTE SENSING Percepción remota.

RESOLUCION Distancia mínima entre dos objetos que puede ser distinguida por un sensor.

RGB (Red, Green, Blue) Rojo, Verde y azul. Monitor de color.

RIESGO Pérdidas esperadas de los elementos vulnerables ante la ocurrencia de un fenómeno determinado el riesgo suele valorarse en unidades monetarias (ver vulnerabilidad) riesgo específico: grado de pérdidas esperadas como consecuencia de un fenómeno determinado; es igual a la peligrosidad por la vulnerabilidad.

S

SCANNER Aparato que produce una imagen digital a partir de una imagen analógica.

SEGMENTO Elemento de línea entre dos nodos cualesquiera.

SERVER Servidor, estación en una red que provee servicios a los usuarios o terminales tales como proporcionar archivos o utilerías o hacer impresiones.

SIMBOLO Representación gráfica de una entidad geográfica. Hay tres clases de símbolos, líneas y áreas.

SIMPLIFICACION Generalización, reducir el número de rasgos o datos en un mapa.

SIMULACION Modelar el comportamiento dinámico de un sistema.

SISTEMA Es un conjunto de elemento o subsistemas interrelacionados entre si con un objetivo común.

SISTEMA CARTESIANO Usualmente, un sistema coordenado donde la posición de un punto se mide a lo largo de dos (tres) ejes X y Y (y Z) ortogonales.

SISTEMA DE COORDENADAS Marco de referencia espacial que permite la definición de localizaciones mediante coordenadas, éstas pueden ser lineales (sistemas cartesianos, con ejes ortogonales) o esféricas (donde se utilizan como coordenadas el acimut y elevación angular).

SISTEMA OPERATIVO Software que controla la ejecución de programas de cómputo y que proporciona el control de entrada-salida, la administración de los datos, la asignación de áreas de almacenamiento y los servicios relacionados a la utilización de la computadora.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Sistema de gestión de bases de datos (SGBD) con herramientas específicas para el manejo de información espacial y sus propiedades los tipos de propiedades que un SIG debe poder analizar tanto independiente como conjuntamente son tres: métricas, topológicas y atributivas.

SOFTWARE Programas, procedimientos y reglas para la ejecución de tareas específicas en un sistema de cómputo.

SOMBREADO Proceso de asignación de un valor de reflectancia a cada punto de un mapa para simular el relieve con el sombreado se hace más interpretable el relieve simulando el aspecto que tendría el terreno ante una fuente de luz; el procedimiento más sencillo es asignar un valor de reflectancia proporcional al ángulo de incidencia del vector luminoso sobre el terreno.

SPOT (Satélite Probatorio pour l'Observation de la Terre) Satélite de percepción remota Francés.

SQL Acrónimo de structured query language, un lenguaje estándar de gestión de bases de datos SQL se ha convertido en un estándar por lo que es posible acceder a bases de datos de procedencia diversa mediante consultas en este lenguaje.

STRING (Cuerda) Conjunto de caracteres tratados como una unidad.

T

TABLA Objeto constituido por registros en una base de datos relacional.

TABLA DE COLORES Tabla que muestra los colores y el código empleado por el dispositivo para los mismos.

TAG (Etiqueta).

TIN Estructura vectorial usada para construir modelos digitales del terreno TIN son las siglas de triangulated irregular network; se trata de una estructura de datos que representa el relieve mediante una red irregular de triángulos adosada al terreno, sin solapamientos y donde cada vértice se define por sus coordenadas espaciales (x,y,z).

TOPOGRAFIA Arte y ciencia de representar las formas del terreno y los principales detalles naturales o artificiales del mismo; también se define como la descripción de las formas del terreno, es frecuente, aunque erróneo, considerar sinónimos topografía y altimetría.

TOPOLOGÍA Referencia a las propiedades no métricas de un mapa en el contexto de los SIG, topología hace referencia a las propiedades de vecindad o adyacencia, inclusión, conectividad y orden, es decir, propiedades no métricas y que permanecen invariables ante cambios morfológicos, de escala o de proyección se dice que una estructura de datos es 'topológica' cuando incluye información explícita sobre estas propiedades; en este caso, es posible realizar análisis y consultas "topológicas" sin necesidad de acudir a las tablas de coordenadas.

TRANSFORMACIÓN Proceso de conversión de coordenadas desde un sistema cartesiano a otro típicamente, la digitalización de un mapa implica una transformación desde las coordenadas tablero a las coordenadas usadas en un sistema de proyección transformación afin: aquella donde se usan ecuaciones de primer grado que permiten exclusivamente rotaciones, traslaciones y cambios de escala; en esta transformación se conserva la propiedad de paralelismo.

TRANSFORMACION DE DATUM Procedimiento computacional para convertir las coordenadas de un punto del sistema definido con un datum al sistema definido con otro.

TRANSFORMACION GEOMETRICA Georreferir una imagen digital.

TRANSFORMACION LINEAL Escalamiento, rotación, reflexión, traslación etc.

TRANSPARENCIA Cualidad de software que le permite operar en distintas plataformas de hardware.

U

USER INTERFASE Interfase con el usuario.

USUARIO Cualquiera que requiere los servicios de un sistema de cómputo.

UTM Universal Transversa de Mercator (Proyección). La retícula UTM se extiende desde los 84 grados norte a los 80 grados sur. Se inicia en el meridiano 180, dividiéndose hacia el este en 60 zonas de 6 grados. Se emplea en mapas topográficos y en imágenes de satélite.

V

VECTOR Entidad geométrica definida por una magnitud y un sentido un vector está formado por un par de puntos ordenados; el orden define el sentido del vector y la distancia entre origen y final su magnitud; si la magnitud es nula, el vector se reduce a un punto y el sentido queda indefinido.

VECTORIAL Modelo de datos en el que la realidad se representa mediante vectores o estructuras de vectores, una estructura vectorial puede ser compleja: una cadena de vectores forma un arco; una cadena de arcos forma un anillo; uno o varios anillos definen un polígono se trata de un modelo de datos basado en objetos (geométricos) frente al modelo raster, basado en localizaciones.

VECTORIZAR Transformación de una estructura raster en una vectorial suele aplicarse a la operación de “rescatar” líneas a partir de documentos escaneados (mapas o planos).

VENTANA 1. Porción rectangular de un mapa o pantalla seleccionada para despliegue o control en una sesión interactiva. 2. Banda del espectro electromagnético para la que un medio es muy transparente.

VERTICES Nodos, en particular los puntos intermedios en una poligonal.

W

WINDOW (Ventana).

WORKSTATION (Estación de trabajo).

Z

ZOOM Función que permite el despliegue de áreas progresivamente más grandes (o pequeñas) de una imagen.