

01125
2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“APLICACIÓN DE LA GEOINFORMÁTICA A LA GEOTECNIA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO TOPÓGRAFO Y GEODESTA

PRESENTA

ROGELIO BERNABÉ HUERTA



DIRECTOR DE TESIS: DR. GABRIEL AUVINET GUICHARD

MÉXICO D.F.,

MAYO, 2003



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/013/03

Señor
ROGELIO BERNABÉ HUERTA
Presente

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor DR. GABRIEL AUVINET GUICHARD, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO TOPOÓGRAFO Y GEODESTA.

"APLICACIÓN DE LA GEOINFORMÁTICA A LA GEOTECNIA"

- INTRODUCCIÓN
I. ANTECEDENTES
II. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, SIG
III. COMPONENTES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA SONDEOS GEOTÉCNICOS
IV. SISTEMA SIG-SG
V. APLICACIONES
VI. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria 19 Marzo 2003.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

DEDICADO A:

A mis padres y en especial a mi madre quien siempre ha sido la luz de mi vida; gracias por todo tu apoyo, comprensión y tolerancia; sin ti no hubiera logrado nada; te amo madre.

A mis abuelos; quienes son unos padres para mí; y de quienes he recibido el cariño y el amor que todo ser humano desea; gracias por vernos crecer y estar siempre con nosotros; siempre luchare por ustedes.

A mis hermanos; quienes sé que luchan y seguirán luchando por salir adelante; saben que cuentan conmigo para todo; los quiero.

A mis tíos; que para mí son mis hermanos; gracias tío por estar conmigo en cualquier momento; crecimos juntos y no puedo pedir más que estés conmigo siempre. Tía tu sabes como te quiero; tu eres la principal culpable de que me encuentre en donde estoy; eres una guía perfecta; gracias por despertar en nosotros el interés por ser algo en la vida; gracias por tu ejemplo. Siempre los querré.

A mis adoradas sobrinas; espero que mi vida y mi trayecto les sirva de algo en su vida para que sean mejores que nosotros; ustedes son mi vida; las amo.

A todos mis amigos y compañeros; de quienes recibí su apoyo y consejos necesarios para ayudarme a crecer como persona; gracias por su comprensión y ayuda.

Y sobre todo a la vida; gracias por ponerme en donde estoy; con la familia que tengo y con los amigos con los que cuento. Espero que me permitas disfrutar más momentos como este; gracias.

AGRADECIMIENTOS:

• A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad de prepararme cada día más y por permitirme ser parte de la esencia de la comunidad universitaria.

• A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su interés de formar ingenieros de alto nivel y ofrecerme una formación profesional.

• Al Instituto de Ingeniería que depositó en mí la confianza para poder realizar este trabajo y permitirme aprender y desenvolverme en los proyectos que nos enfrentamos en la vida diaria para resolver problemas reales.

• A mis profesores de carrera, que de una u otra forma se preocupan por generar alumnos de mayor calidad; su esfuerzo y dedicación es un arma invaluable que alimenta el interés de los alumnos.

• A: Dr. Gabriel Aurinel Guichard, Edgar Méndez Sánchez, Miguel Ángel Morales de la Cruz, Fernando Popoca Quintero, Xavier Omar Rosas Velásquez y a todos mis compañeros del Instituto de Ingeniería por apoyarme.

• Al Instituto de Geografía por ceder material importante para la realización de este trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

° *Principales Patrocinadores del Proyecto:*

- Gobierno del Distrito Federal, **GDF**
- Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, **CONACyT**
- Dirección General de Asuntos del Personal Académico, **DGAPA**

° *Participantes en el Proyecto:*

Gabriel Auvinet Guichard, Moisés Juárez Camarena, Edgar Méndez Sánchez, Miguel Ángel Morales de la Cruz, Fernando Popoca Quintero, Xavier Omar Rosas Velásquez, Ernesto Chávez Vega, Héctor Reséndiz López, Miguel Ángel Cabrera Gómez, Joaquín Gutiérrez Ruiz, Nayeli Camacho Medrano, Francisco López Martínez y Rogelio Bernabé Huerta.

APLICACIÓN DE LA GEOINFORMÁTICA A LA GEOTECNIA

CONTENIDO

TEMA	PAG
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	3
Alcances.....	3
1. ANTECEDENTES	4
2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, SIG	6
2.1 Reseña Histórica.....	6
2.2 Importancia y Definición de los Sistemas de Información Geográfica.....	7
2.3 Elementos del SIG.....	11
2.4 Modelos vectoriales y raster.....	13
2.5 Funciones principales de un SIG.....	14
3. COMPONENTES DEL SISTEMA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA SONDEOS GEOTÉCNICOS	15
3.1 Modelo Conceptual.....	15
3.1.1 Estructura.....	15
3.1.2 Procesamiento de datos.....	17
3.1.3 Base de datos.....	21
3.2 Datos geográficos.....	24
3.2.1 Cartografía.....	25
3.2.2 Topografía.....	31
3.2.3 Imagen de satélite.....	34
3.2.4 Fotografías aéreas digitales.....	38
4. SISTEMA SIG-SG	43
4.1 Funcionamiento del Sistema.....	43
4.2 Estado actual.....	51
4.3 Extensiones.....	53
5. APLICACIONES	54
6. CONCLUSIONES	65
REFERENCIAS	67
Anexo A Glosario de Mecánica de Suelos	
Anexo B Glosario de los Sistemas de Información Geográfica	

INTRODUCCION

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el pasado, cada sociedad en su momento, supo utilizar las herramientas más avanzadas de su época para almacenar, ordenar y manejar grandes volúmenes de información. Ordenaba su información mediante listas o registros tabulares en formato analógico y los almacenaba clasificándolos en orden alfabético por año, temas o materias empleando carpetas que se guardaban en archiveros, hasta llegar a conformar un cuarto o inmueble llamado archivo muerto o banco de información (por ejemplo: Archivo de la Nación). Estos archivos nos limitaban a buscar un solo dato a la vez, lo que tomaba tiempo y esfuerzo.

Actualmente se cuenta con novedosas herramientas basadas en el uso de Tecnología Digital y que presentan un gran potencial pero que se han usado poco hasta ahora en Geotecnia. Estas herramientas quedan inscritas en el contexto general de la Geoinformática, la cual surge de la aportación de diversas Ciencias y Técnicas tales como la Geografía, el Análisis Espacial y la Informática. Esta última aporta tres tecnologías: la primera se refiere al desarrollo de bancos; es decir, *manejadores de base de datos* de naturaleza espacial por contener y manejar información relacionada con entidades geográficas.

Estos bancos se denominan Sistemas de Información Geográfica; SIG. Los SIG están orientados a la administración de grandes volúmenes de información de naturaleza espacial como los involucrados cuando se emprenden proyectos o estudios sobre algún territorio dado; es decir, información referenciada geográficamente bajo un sistema de coordenadas proveniente de una proyección geográfica.

La administración por tanto implica contar con sistemas que contengan funciones o capacidades tales como capturar, almacenar, manejar, procesar y recuperar eficientemente la información espacial. Los SIG ayudan a organizar e integrar capas o estratos de información acerca de una o más clases; temas o variables con carácter geográfico con el fin de analizar su interrelación en los diversos problemas o fenómenos físicos y sociales involucrados sobre algún territorio dado.

La segunda se refiere a la información geográfica generada con la toma de imágenes de satélites artificiales y de radar por medio de sensores que se montan en cualquier aeronave o satélite artificial. La aplicación de variadas técnicas y metodologías para el procesamiento de esta información se denomina Teledetección o Percepción Remota y se emplea para la obtención de datos como mediciones o para servir de base a estudios y proyectos acerca de la superficie terrestre. Ofrece la ventaja de mostrar, resaltar y relacionar los rasgos generales del terreno con todos sus detalles para, finalmente, poner de manifiesto información de interés respecto a los temas de: Geotecnia, Geología, Geomorfología, etc.

La tercera y última, se refiere a los Sistemas de Posicionamiento Global; GPS. Esta tecnología proporciona la localización geográfica puntual por medio de la captación de señales satelitales y se emplea para conocer la posición de grietas, fallas, sitios en tierra (personas, vehículos), mar, aire, estáticos o en movimiento. Facilita la determinación en tiempo real de coordenadas y distancias en los trabajos de campo de un geotecnista, geólogo, etc.

El propósito central de esta introducción será sintetizar en forma coherente las partes básicas de cada uno de los capítulos en que se divide el presente trabajo, pero antes que eso conviene aclarar algunos aspectos, criterios generales y algunas cuestiones de procedimiento, principalmente los conceptos:

Los ejemplos de aplicación presentados aquí no son un desarrollo exclusivo del autor y forman parte de los trabajos conjuntos que se han realizado para proyectos iniciados desde hace ya varios años en los que colaboran estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado realizando tesis, así como académicos e investigadores del Laboratorio de Geoinformática de la Coordinación de Geotecnia del Instituto de Ingeniería, UNAM.

Es imprescindible destacar, que los modelos y métodos de análisis y estudio planteados por la Tecnología Digital ya existían, pero muchos de ellos estaban en desuso, olvidados e incluso actualmente no se empleaban por desconocimiento como herramientas de análisis. Por ejemplo, el mapa es el método clásico y universal de análisis espacial, tan antiguo como la escritura.

Lo nuevo consiste en que se modifican las formas tradicionales en los procesos para la producción de la Cartografía, Maquetas o Modelos en 3D; es decir, se reducen etapas o actividades y los tiempos de procesamiento. El aporte más significativo está orientado a los especialistas, los cuales tienen ahora la posibilidad de realizar estudios o análisis para una multitud de alternativas al combinar diversas variables lo que sin el uso de la computadora sería muy difícil o casi imposible de hacer manualmente o mediante interpretación visual.

En los seis capítulos y dos anexos de este trabajo se presentan los principales resultados obtenidos. Después del capítulo 1 "Antecedentes" continuamos con el capítulo 2: "Sistemas de Información Geográfica", que se ocupa de la descripción de las principales definiciones y aspectos conceptuales de los SIG's

En el capítulo 3: "Componentes del Sistema SIG-SG" se encuentra la descripción detallada de la estructura del modelo conceptual del SIG-SG; así como el procesamiento de datos del mismo y se concluye con la descripción de los principales aspectos metodológicos en cuanto al procesamiento y tratamiento de la información Geográfica y de las características cuantitativas de cada uno de los datos geográficos que integran al Sistema SIG-SG. El capítulo 4: "Sistema SIG-SG" está orientado a ilustrar el funcionamiento del Sistema, su estado actual y extensiones. En el capítulo 5 se muestran los ejemplos de aplicación. Finalmente, en el capítulo 6 se enlistan las principales conclusiones, logros y resultados desprendidos durante el periodo de diseño y desarrollo del SIG-SG.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es diseñar y poner en servicio un Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos, denominado SIG-SG antes CATSON, Catálogo de Sondeos (1989–1992).

El Sistema SIG-SG tiene como objetivo almacenar sistemática y permanentemente la información puntual disponible de exploraciones directas sobre el subsuelo, a través de los datos contenidos en los sondeos geotécnicos de diferentes tipos (es decir, datos de la variación con la profundidad de la estratigráfica y propiedades índice, mecánicas y dinámicas) Por ahora y desde hace ya varios años, la información de los sondeos geotécnicos se toma únicamente de estudios de Mecánica de Suelos, efectuados en diferentes épocas por dependencias o empresas que laboran en la Cuenca de México.

ALCANCE

La utilización de la información almacenada en la base de datos como de los informes o reportes impresos por el SIG-SG no pretenden, bajo ningún motivo, sustitución o reducción de la ejecución de futuros estudios de Mecánica de Suelos. Tampoco servir de base para la elaboración de recomendaciones preliminares o definitivas para proyectos de cimentaciones o geotécnicos.

1. ANTECEDENTES

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Durante el último medio siglo, se han realizado diversos trabajos de recopilación y análisis de información geotécnica con el fin de conocer y actualizar el estado del conocimiento del subsuelo de las principales ciudades del país. Entre estos trabajos destacan los siguientes:

1949 -1959	El primer esfuerzo de recopilación y análisis, en el que se comienza a tener información de la distribución de los materiales y sus propiedades mecánicas, lo constituye el libro: "El Subsuelo de la Ciudad de México".	Marsal y Mazari
1970 -1988	A través de sus Reuniones Nacionales y de algunos Simposios, la SMMS ha logrado ordenar información relativa al subsuelo de más de cuarenta ciudades de primer orden en la República Mexicana (véanse, por ejemplo, las memorias de la VIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos; Jaime et al. 1989; Reséndiz et al. 1970; etc.).	Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, SMMS
1971 -1976	Otro esfuerzo por recopilar y ordenar perfiles geotécnicos de los estudios de mecánica de suelos en el Distrito Federal, es la publicación elaborada por la Dirección General de Obras Públicas del Departamento del Distrito Federal, durante el sexenio.	DDF
1985 -1988	A raíz de los sismos de septiembre de 1985, las autoridades del Departamento del Distrito Federal, en cooperación con la Organización de las Naciones Unidas, patrocinaron la creación del primer banco de datos computarizado para la ciudad de México en materia de sondeos geotécnicos, realizado por el Centro de Investigación Sísmica, de la Fundación Javier Barrios Sierra. Este trabajo se concentró principalmente en sondeos localizados dentro de la antigua traza de la ciudad (Ovando et al., 1988).	ONU-DDF
1989-1993	Banco de Datos denominado Catálogo de Sondeos, CATSON. (G. Rocha A., E. Méndez S. et al., 1989)	Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, SMMS
1994-	Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos, SIG-SG. (Laboratorio de Geoinformática de la Coordinación de Geotecnia del Instituto de Ingeniería, UNAM)	I. de I., UNAM

A pesar de todo este esfuerzo, el estado actual del conocimiento sobre el subsuelo de la Cuenca de México no puede considerarse como satisfactorio por lo que es necesario profundizar aún más en su estudio mediante el análisis de la información disponible, la instrumentación, la observación y el monitoreo permanente de los procesos de fenómenos locales y distantes del entorno natural de la Cuenca de México.

El laboratorio de Geoinformática de la Coordinación de Geotecnia, del Instituto de Ingeniería, UNAM, surge con el propósito de atender y mitigar las urgentes necesidades en materia de generación, organización, actualización e interpretación de los datos geotécnicos relativos a la Cuenca de México.

2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, SIG

2.1 Reseña histórica

El primer Sistema de Información Geográfica, SIG, fue el Canadian Geographical System; su creación inició en 1964; desde 1967 ha servido para el inventario y planeación del uso de suelo en el territorio canadiense. Este sistema fue desarrollado por Roger Tomlinson, e IBM fue la empresa que aportó el hardware necesario; en su creación, se plantearon muchos de los problemas técnicos y conceptuales que después se han ido resolviendo, en especial los referentes a la estructura y organización de la base de datos y a los métodos de entrada de la información.

Otros sistemas de la misma índole son:

- Land Use and Natural Resources Information Systems, desarrollado en Nueva York en 1967
- Minnesota Land Management Information System, desarrollado en 1969
- Polygon Information Overlay System, desarrollado en 1971
- The Oak Ridge Modeling Information System, desarrollado en 1972
- Storage and Retrieval of Data for Water Quality Control System, desarrollado en 1975

En los años 70's la construcción de un SIG estaba ligada a necesidades muy concretas de Instituciones Públicas. Dichos sistemas eran instalados en grandes computadoras y su finalidad principal era el inventario de recursos en especial de uso de suelo, aunque con pocas capacidades analíticas.

En México, el primer Sistema de Información Geográfica, "Sistema Geomunicipal de Información" fue un sistema de punta tecnológica; lo realizó el Centro de Procesamiento Arturo Rosenblueth (CPAR) perteneciente a la Secretaría de Educación Pública a principios de los años 70's. Este sistema se depuró hasta llegar al Sistema de Información para la Planeación Educativa; este sistema cuenta con la cartografía de todo el país a nivel municipal, las variables de educación y censal con que cuenta la SEP.

En los últimos años (finales de los ochenta e inicios de los noventa), los SIG se ha convertido en un tema candente y en rápida expansión. Una muestra de ello es la creación del Centro Nacional para la Investigación Geográfica y Análisis por la National Science Foundation de los Estados Unidos de América en 1988, con la finalidad de desarrollar una investigación básica sobre el análisis geográfico utilizando los SIG.

Este nuevo centro también ha elaborado un plan de investigación con varias líneas como 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 también se pueden encontrar iniciativas semejantes, por ejemplo, los Laboratorios de Investigación Regional de Gran Bretaña, financiados por el British Economic and Social Research Council, pretenden desarrollar centros avanzados en el estudio de los Sistemas manejadores de base de datos, Análisis Espacial y Desarrollo de software, así como las aplicaciones de estas técnicas en la Investigación Regional. También en Holanda se ha establecido el Centro Nacional Holandés para SIG, con finalidades semejantes a las citadas anteriormente.

Pronto los SIG se comienzan a utilizar en cualquier disciplina que necesite la combinación de planos cartográficos y bases de datos como, en Ingeniería Civil: diseño de carreteras, presas y embalses, estudios medioambientales, estudios socioeconómicos y demográficos, planificación de líneas de comunicación, ordenación del territorio, estudios geológicos y geofísicos, prospección y explotación de minas, entre otros.

Los años noventa se caracterizan por la madurez en el uso de estas tecnologías en los ámbitos tradicionales mencionados y por su expansión.

Con el transcurso del tiempo se ha logrado desarrollar un trabajo multidisciplinario y es por esta razón que ha sido posible pensar en utilizar los Sistemas de Información Geográfica.

2.2 Importancia y definición de los Sistemas de Información Geográfica, SIG

Vivimos en un mundo básicamente espacial y temporal por naturaleza y estamos acostumbrados en nuestra rutina diaria a interactuar con complejos conceptos espaciales. 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 de la 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 cómputo y el avance conceptual de otras áreas facilitaron el problema del almacenamiento, manipulación y análisis de grandes volúmenes de datos espaciales.

Un Sistema de Información Geográfica trata de representar un fenómeno real para producir información necesaria para los tomadores de decisiones que pueden tener influencia en el mundo real.

La información es básica en muchos procesos de la toma de decisiones:

- Política
- Administración
- Ingeniería

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La cantidad de información que puede ser observada y analizada en un mapa, es equiparable a muchos libros de textos de explicación y a muchos listados extensos de datos, de ahí la relevancia de los SIG como tecnología de la información geográfica y, el por qué hoy en día son usados en tan diversas áreas: cartografía, negocios, planeación, manejo ambiental, transporte, telecomunicaciones, turismo, seguridad, salud, entre otras.

Con frecuencia, los SIG son entendidos únicamente como unas herramientas tecnológicas que permiten realizar mas rápidamente algunos procesos. Sin embargo, los SIG son parte de una red contemporánea de conocimiento, ideología y práctica, que define patrones sociales y medioambientales dentro de un amplio significado. Esto implica nuevas formas de pensar, actuar y escribir. De allí la importancia de que sus elementos principales sean conocidos por los profesionales que se relacionan con el manejo de los recursos naturales.

Los SIG quedan 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 del mundo real, organizado a partir de capas o estratos de datos clasificados por temas (Fig 2.1), cuyos valores se pueden estimar para cualquier espacio geográfico. En cada capa o estrato los datos tienen las mismas componentes conceptuales.

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 formato digital en mapas mediante objetos geográficos abstractos (puntos, líneas o áreas diferenciados por colores, símbolos o anotaciones, explicadas por leyendas o textos descriptivos).

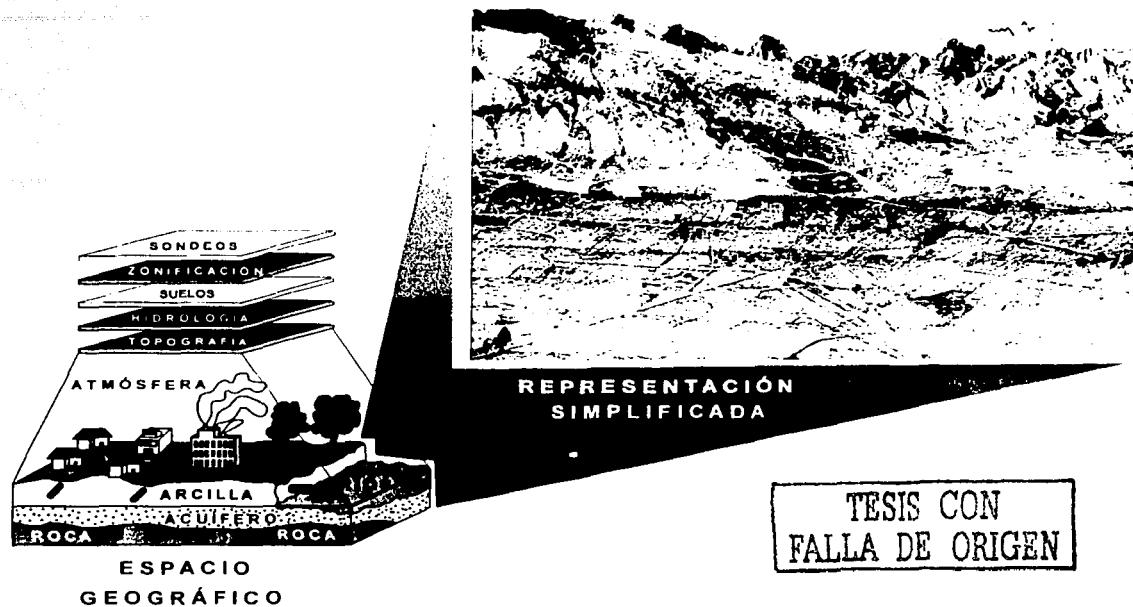


Fig 2.1 Modelo del mundo real, organizado a partir de capas o estratos de datos clasificados por temas

Un SIG relaciona datos espaciales y de atributo para el soporte de visualización de mapas con el propósito de permitir la actualización, la consulta y el análisis.

Existen dos tipos de datos geográficos y se definen como:

- *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.

Otra definición importante y que deja ver en claro lo que es un SIG es la que se menciona a continuación: "Un Sistema de Información Geográfica es un sistema computacional, que consiste en una base de datos que almacena información espacial y descriptiva así como un manejo ágil, eficiente y rápido de grandes volúmenes de datos que son necesarios para el manejo cuantitativo del problema descrito 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.

La utilización de un SIG facilita la obtención, almacenamiento, manipulación, análisis y representación de la información requerida.

De manera más simple e inmediata un Sistema de Información Geográfica se puede contemplar como "un conjunto de mapas de la misma porción del territorio, donde un lugar en particular (ver Fig 2.2) tiene la misma localización (las mismas coordenadas) en todos los mapas incluidos en el sistema de información.



Fig 2.2 Conjunto de mapas de la misma porción de un territorio

2.3 Elementos del SIG

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Un SIG está formado por cuatro elementos y cada uno de esos componentes cumple con una función para que exista entre ellos una interacción. Es decir, éstos conforman la información para que sea procesada. A continuación se describen dichos componentes:

1. **Hardware:** Es el equipo de cómputo con el que opera un SIG. Actualmente el software de estos sistemas se ha adaptado a diversos tipos de hardware. Para las consultas espaciales el hardware es útil para efectuar el procesamiento de las operaciones que con base a algoritmos solucionan las relaciones entre geometrías (Fig 2.3).

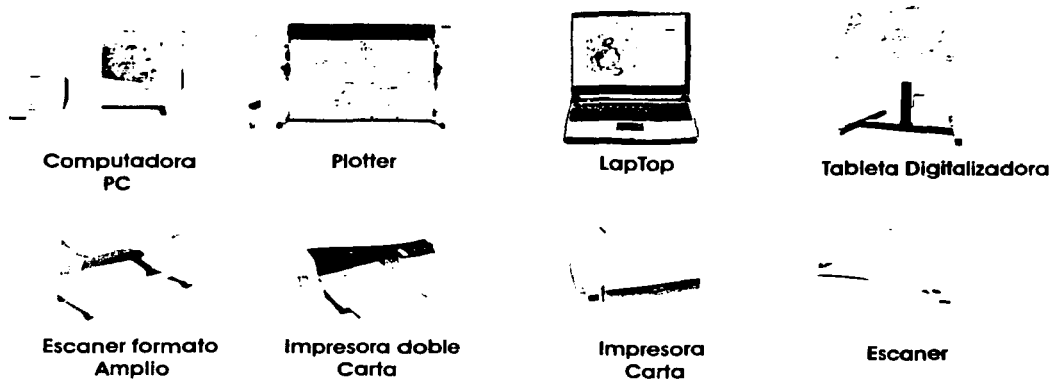


Fig 2.3 Hardware

2. **Software:** Proporciona las herramientas y funciones necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica; para ello se necesitan de elementos principales de software los cuales son:
 - Herramientas para la entrada y manipulación de información geográfica.
 - Un sistema de administración de base de datos (DBMS Data Base Management System).
 - Herramientas que soportan consultas, análisis y visualización de elementos geográficos.
 - Una interfaz gráfica de usuario (GUI Graphical User Interface) de manera que facilite el acceso a las herramientas anteriormente mencionadas.

En éste se implementan aplicaciones como las consultas espaciales, los lenguajes visuales para consultas espacio-temporales como lo refiere y, en el caso de las consultas espaciales, poder utilizar la tercera dimensión de los objetos (Fig 2.4)

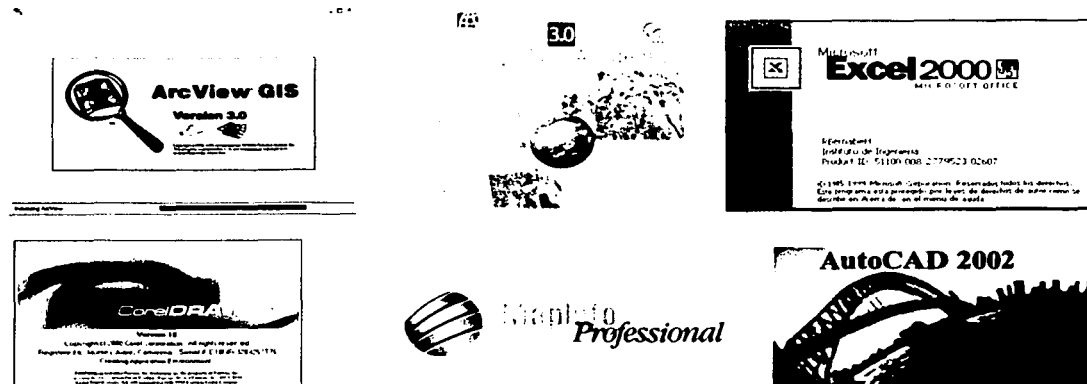


Fig 2.4 Software para el diseño de un SIG

3. **Datos:** Se refiere al elemento principal para lograr una correcta información. Es decir una vez conocido el objeto del modelo del mundo real, se identifican las propiedades que lo forman, por ejemplo, sus atributos que se refieren a los elementos descriptivos y el tipo de geometría como el elemento espacial. En las consultas espaciales es necesario conocer el tipo de geometría entre los objetos del mundo real que se relacionan topológicamente.
4. **Recursos humanos:** Son las personas que se encargan de administrar el sistema así como de desarrollar un proyecto basado en el mundo real, entre los que se involucran analistas, desarrolladores, administradores, programadores y usuarios. Por ejemplo, para las consultas espaciales, esas personas se refieren a quienes proporcionan la información fuente, realizan la edición de la información, implementan los algoritmos útiles para resolver las consultas espaciales y los usuarios finales que se favorecen de la aplicación o proyecto elaborado.

Los componentes mencionados tienen la finalidad para establecer la estructura de un SIG y, en concordancia con ello, implementar aplicaciones que apoyen la toma de decisiones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN****2.4 Modelos vectoriales y Raster**

Un sistema de información geográfica trabaja con dos tipos fundamentales de modelos geográficos el "vector" y el "raster", (Fig 2.5). 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 2.5. Modelos raster y vector en un SIG.

2.5 Funciones principales de un SIG

Un SIG es, entre otras cosas, una herramienta computacional con capacidades específicas, las cuales se mencionan a continuación:

1. *Funciones para la Entrada de Información.* Son los procedimientos que permiten convertir la información geográfica del formato analógico, el habitual en el Mundo real (especialmente en forma de mapas) al formato digital que puede manejar la computadora. Esta conversión se debe realizar manteniendo todas las características iniciales de datos. Por ello en este subsistema se incluyen no sólo los mecanismos de entrada propiamente dichos (digitalización o similares), sino también los procedimientos que permiten eliminar errores o redundancias en la información incorporada al SIG. Previamente a la entrada de datos en un SIG la información que se va a utilizar se ha reunido y preparado para que sea tratada y convertida al formato digital (proceso de la obtención de la información).

2. *Funciones para la Salida / Representación gráfica y cartográfica de la información.* Se representan las actividades que sirven para mostrar al usuario los propios datos incorporados en la base de datos del SIG y los resultados de las operaciones analíticas realizados por ellos, permiten obtener mapas, gráficos, tablas numéricas y otro tipo de resultados en diferentes soportes: papel, pantallas gráficas u otros.

3. *Funciones de Gestión de la Información Espacial.* Con las cuales se extraen de la base de datos las porciones que interesan en cada momento, y es posible reorganizar todos los elementos integrados en ella de diversas maneras.

4. *Funciones Analíticas.* Son los elementos más característicos 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.

Los SIG cuentan con su propia terminología, misma que se encuentra desglosada en el **ANEXO B.**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA SONDEOS GEOTÉCNICOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.1 Modelo conceptual

En este capítulo se presentan los conceptos que constituyen el esqueleto fundamental del banco o base de datos denominado SIG-SG. Cabe señalar, que este modelo conceptual del banco es relativamente flexible capaz de ser adaptado sin grandes cambios a necesidades futuras, algunas previsibles, pero por ahora no incluidas.

3.1.1 Estructura

El SIG-SG fue ideado como un conjunto de bloques de información, contenidos unos dentro de otros, conforme a principios de programación estructurada. Dado que un bloque puede anidar a otros, es posible asignar a cada uno de ellos un nivel de anidamiento. De tal forma que, si se conviene en designar como 1 al nivel de bloques mas exterior posible, entonces a un bloque anidado inmediato dentro de este le corresponderá el nivel 2, y así sucesivamente.

Para su mejor identificación y referencia, los bloques hasta ahora contemplados son los mostrados en el diagrama de la Fig 3.1.

El primer nivel de bloques corresponde a las 16 Cartas Topográficas Esc.1:50,000 del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. Al unir estas cartas, se forma el bloque denominado Mosaico Cartográfico que se empleará como mapa llave o índice.

Una Carta Urbana (1:10,000) comprende a los "n" sondeos en ella registrados (segundo nivel). A un sondeo se asocia el bloque la Entidad 1 "Datos generales, Localización y Características de los Sondeos" (tercer nivel). La Entidad 1 contiene a la Entidad 2 "Variación de las Propiedades con la Profundidad" (cuarto y ultimo nivel).

La estructura del banco así definida facilita el manejo de la información, eliminando la posibilidad de confusión de la misma, pues solo existe subordinación directa de un determinado bloque respecto a los otros de nivel superior que lo contengan. Por ejemplo una vez declarada una Carta Topográfica, solo se tendrá acceso a los bloques de los sondeos en ella registrados. Por el contrario, los datos de un sondeo solo tendrán significación dentro del bloque de la Carta Topográfica que los aloje.

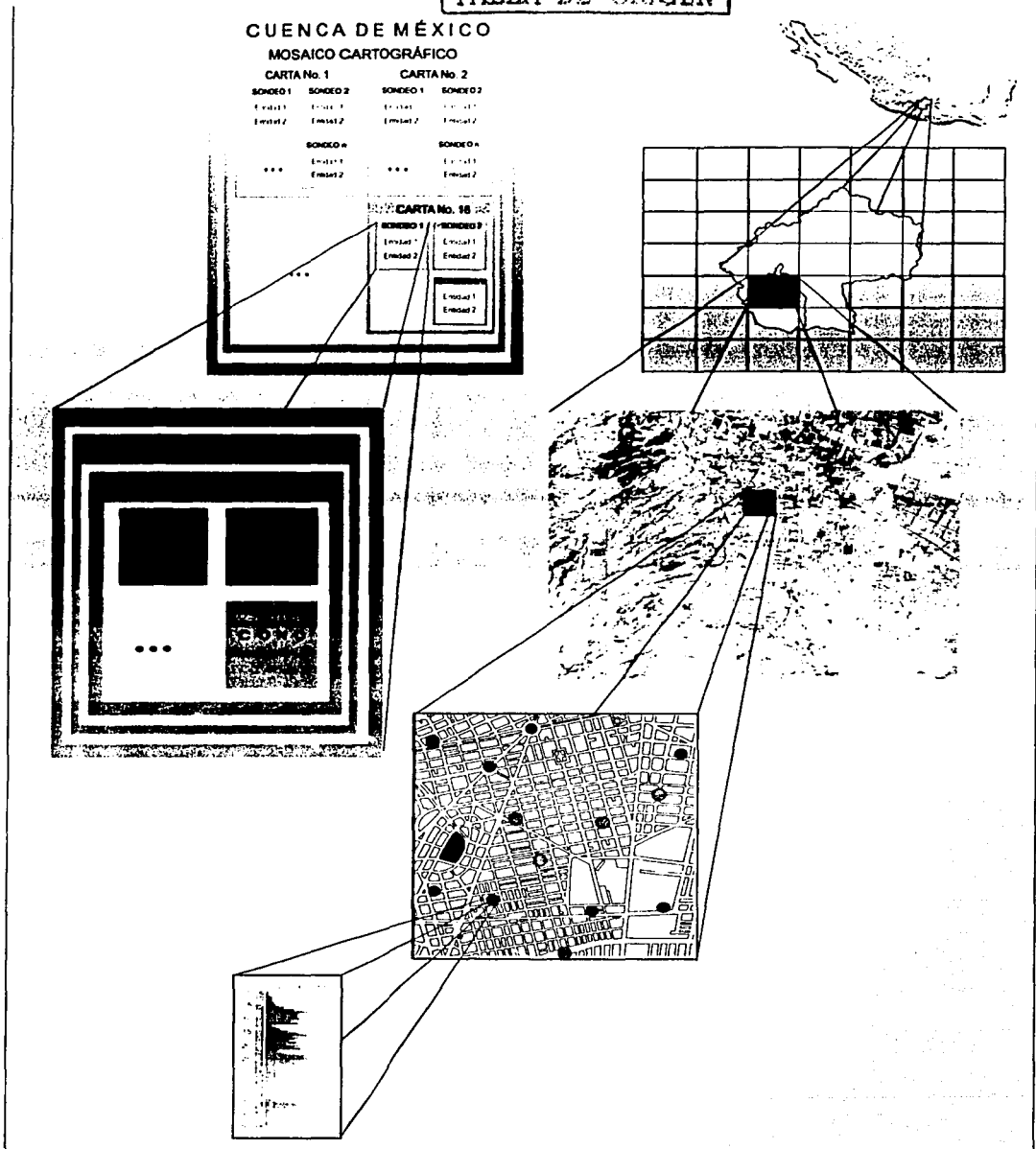


Fig 3.1 Estructura de bloques

La agrupación de la información a través de las Cartas Topográficas en el primer nivel, obedece a que el subsuelo de una cierta área urbana no tiene relación con el de ninguna otra en el ámbito regional integrado por las 16 Cartas Topográficas que abarcan a la Cuenca de México. De este modo, la unidad fundamental de concentración de la información es el área urbana en su sentido más amplio de núcleo de población integrado, independiente de la división política. Por caso, la Zona Metropolitana de la ciudad de México abarca las 16 delegaciones del DF y los municipios conurbados del Estado de México e Hidalgo.

Cabe señalar que, por lógica, existirá una relación estrecha entre la estratigrafía típica de un área urbana y la estratigrafía particular o específica de un sondeo en ella efectuado. Esto se explica ya que la estratigrafía típica de un área urbana se va conformando y se modifica a partir de la información resultante de los sondeos. En otras palabras, la estratigrafía de los sondeos debe corresponder a la estratigrafía típica de un área urbana en puntos discretos.

3.1.2 Procesamiento de datos

Los pasos que deben seguirse para procesar la información procedente de sondeos, posterior a la captura en el banco o base de datos SIG-SG, son los siguientes:

° *Pre-requisitos*

1. El personal encargado de procesar y obtener la información debe tener experiencia o los conocimientos suficientes en Mecánica de Suelos, con un nivel de estudios equivalente a pasante de la carrera de Ingeniero Civil, o de preferencia estudiante de posgrado en mecánica de suelos.
2. No debe perderse de vista el hecho de que la información por sistematizar procederá de estudios de mecánica de suelos diversos, efectuados en diferentes épocas por dependencias o empresas disímboles, que aplicaron procedimientos variados de exploración y muestreo en campo, así como de ensaye en laboratorio. Por tanto, es necesario presuponer que esos procedimientos de campo y de laboratorio se apegaron, al menos en lo sustancial, a las normas o estándares correspondientes. En caso de duda sobre este aspecto básico, la información del sondeo en cuestión se descartará, o bien podrá ser capturada a discreción, pero marcando el sondeo con una bandera indicativa de dudosa confiabilidad (bueno, regular o malo).
3. La información mínima necesaria de un sondeo para poder incluirlo dentro del banco de datos SIG-SG consiste en: los datos generales y de localización del sondeo; el perfil estratigráfico y propiedades del subsuelo a lo largo del mismo; lo mas claro y completo posible. La ubicación del sondeo deberá ilustrarse, de preferencia, con un croquis acotado o dibujo a escala, referido a las intersecciones de calles más próximas. Adicionalmente, la información de laboratorio que se desee agregar, como: gráficas de granulometría, curvas de compresibilidad en consolidación unidimensional, o de esfuerzo-deformación en compresión simple o triaxial. Lo anterior con carácter complementario de utilidad, pero no indispensable.

4. Es lógico que el estado del arte del conocimiento del subsuelo de una localidad, y por tanto su zonificación para fines de Ingeniería, no sea el mismo en todas las ciudades, sino que dependerá de su importancia, antigüedad o desarrollo. Así ciudades como México, Guadalajara y Monterrey, ya han sido objeto de recopilación de información del subsuelo, zonificaciones, y estudios de gran visión geológicos, geofísicos y de Mecánica de Suelos; en otras ciudades medias o de desarrollo reciente como Ixtapa, Guerrero; la información disponible relacionada con el subsuelo será escasa y de carácter general, como planos topográficos y geológicos a gran escala.
5. En aquellas ciudades de las que se disponga de información geotécnica suficiente ya recopilada, así como la zonificación del subsuelo, es muy importante que el personal de captura se familiarice con esa información antes de seguir adelante con el procesamiento y captura de sondeos para que sirva como marco de referencia básica, a fin de lograr día a día un mejor conocimiento de la distribución de los materiales del subsuelo.
6. Cuando los antecedentes geotécnicos de la totalidad o parte de una ciudad sean escasos o generales, además de estudiarlos, será necesario que el personal de captura ponga especial atención en la interpretación de la estratigrafía y propiedades de los suelos en los primeros sondeos que se procesen. En estos casos es de mayor importancia la supervisión estrecha en esta tarea del personal o de ingenieros geotecnistas experimentados de ser posible que hayan efectuado estudios en la localidad.

° *Secuencia*

1. Una vez recibida la información de un sondeo, se abrirá un expediente dentro del archivo de la ciudad que corresponda, asignándole al sondeo una clave numérica secuencial, única e irrepetible en dicha ciudad, con la cual se identificará en lo sucesivo.
2. Para cada sondeo se definirán los datos generales y de localización siguientes:
 - Nombre de la dependencia o empresa que lo ejecutó.
 - Fecha de ejecución (año, mes).
 - Nombre y número de la calle donde se ejecutó, y nombre de las calles entre las que se situó.
 - Otros datos locales que ayuden a la mejor ubicación del sitio, como colonia, sector, unidad habitacional, barrio, etc.; delegación o municipio, etc.
 - Coordenadas. Las coordenadas en planta X y Y se obtendrán de su posición en las cartas de INEGI, debiendo ser las correspondientes a una cuadrícula a cada 2000 m, con Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM). La coordenada Z será la altitud del brocal del sondeo al tiempo de su ejecución, medida respecto al nivel medio del mar. Esta coordenada Z será difícil de determinar en la mayoría de los casos, y podrá omitirse si no se tiene seguridad en el dato, sobre todo porque en ciudades afectadas por hundimientos regionales (como México y Toluca) podrá variar con el tiempo.

3. Se estudiara cuidadosamente el perfil del sondeo, para definir sus características:
 - Profundidad hasta la que se llevó.
 - Profundidad a la que se detectó el nivel de agua freática (NAF).
 - Tipo. En lo referente a procedimientos de exploración y muestreo aplicados. Sobre este particular, en el **ANEXO A** se definen brevemente algunos conceptos.
4. Se transforma la información analógica (perfiles: estratigráfico, litológico, vs profundidad) a digital. Se procederá a localizar en planta al sondeo en la cartografía digital del área urbana que se trate, con la mejor aproximación posible, marcando su posición con su clave numérica adyacente. A fin de referir los sondeos de todas las ciudades respecto a un mismo marco de alcance nacional, se usaran las cartas urbanas (escalas 1:20,000 y 1:10 000) o, cuando estas no estén disponibles, las cartas topográficas (escala 1:50,000), editadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Como ayuda, pueden ser de utilidad planos de las ciudades elaboradas localmente.
5. Integración del banco de datos (información tabular), con la información grafica (mapas).

Se presenta en la Fig 3.2 el procesamiento de datos de un sondeo, en lo que se refiere a Mecánica de Suelos. Los aspectos de información general y localización del sondeo, son claros por si mismos y no requieren mayor explicación.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

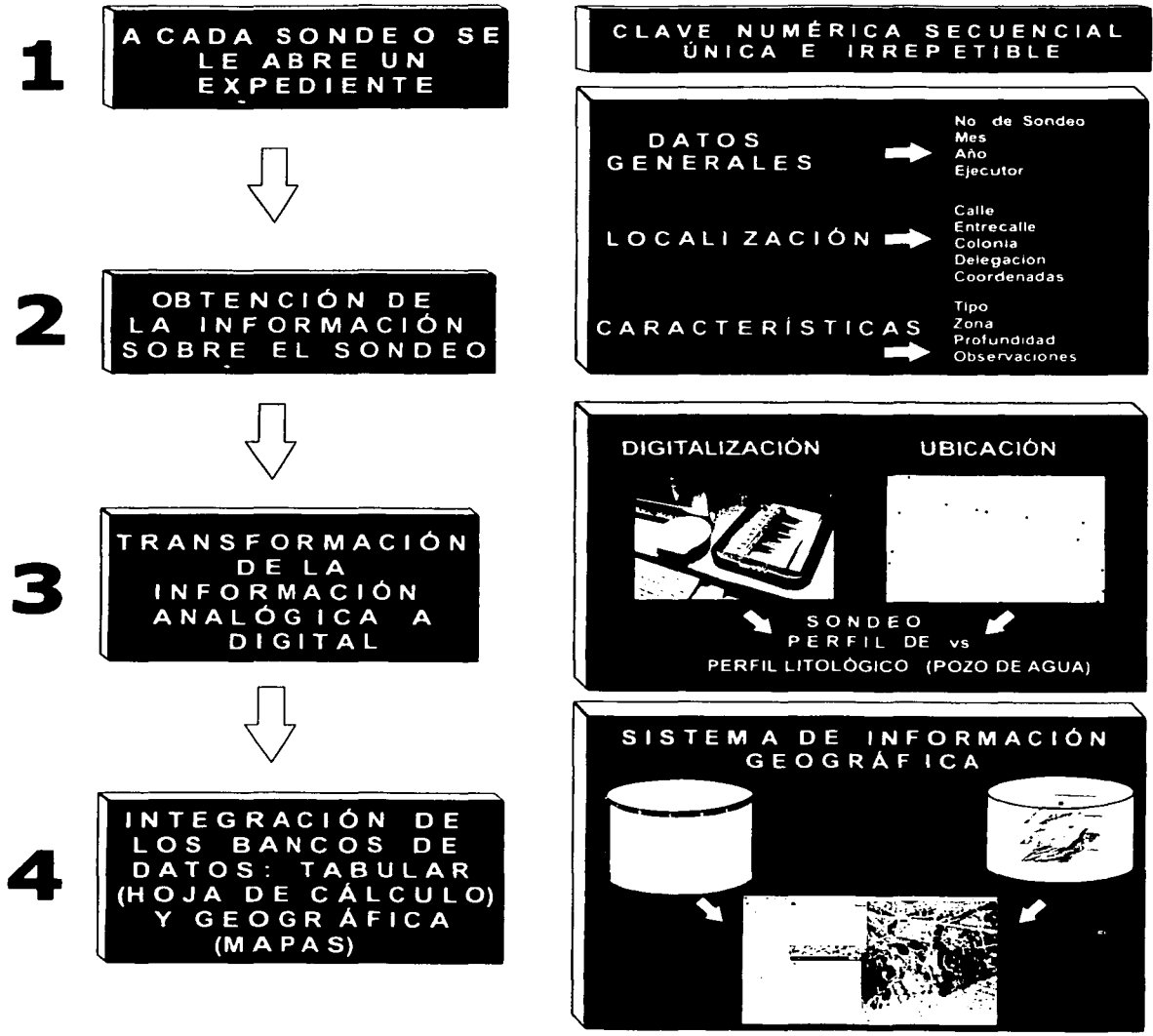


Fig 3.2 Procesamiento de datos

3.1.3 Base de datos

El SIG-SG se compone de una serie de bases de datos, interrelacionadas entre sí en forma jerárquica. La liga entre dos bases de datos diferentes se estableció a partir de un cierto campo clave denominado "No. de Sondeo", que se repite en ambas bases.

Estas bases contienen la información de los sondeos, agrupando los datos convenientemente de acuerdo a sus características propias.

Los campos que integran la base de datos del SIG- SG pueden ser de tres tipos:

- 1) *Campo Alfanumérico*: Permite capturar caracteres, incluyendo letras, números, símbolos o espacios en blanco.
- 2) *Campo Alfabético*: Permite capturar cualquier tipo de texto al igual que espacios en blanco, no acepta el acento.
- 3) *Campo Numérico*: Permite capturar números enteros o decimales. Se pueden introducir el signo menos (guión) y punto decimal.

La ENTIDAD No. 1

Contiene la información sobre el sondeo (ventana de texto o cedula de captura y visualización), agrupándola en tres grupos: Datos generales, Localización y Características. Esta entidad, además, integra una ruta, es decir, despliega un conjunto de campos (por ejemplo, *Nombre de la carta*) que permite la correcta y completa localización del sondeo (Fig 3.3).

La ENTIDAD No. 2

Contiene la información sobre la variación de las propiedades con la profundidad de los sondeos (ventana de imagen o de visualización). Esto es posible debido a que el perfil del sondeo se transforma o convierte de formato analógico a digital (imagen) mediante la técnica de barrido o escaneo (Fig 3.4).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

SONDEOS _C X

DATOS GENERALES

CLAVE _____ MES _____ AÑO _____
EJECUTOR _____

LOCALIZACION

CALLE Y NUM. _____
ENTRE CALLES _____
COLONIA _____ ENTIDAD _____
DELG. o MUN. _____
COORD. X _____ COORD. Y _____ COORD. Z _____

CARACTERISTICAS

TIPO _____ ZONA _____
PROFUNDIDAD _____ PROF. NAF _____

OBSERVACIONES _____

IMAGEN
SONDEO

IMPRIMIR

CERRAR

Fig 3.3 Información sobre el sondeo. Agrupándola en tres grupos: Datos generales, Localización y Características

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

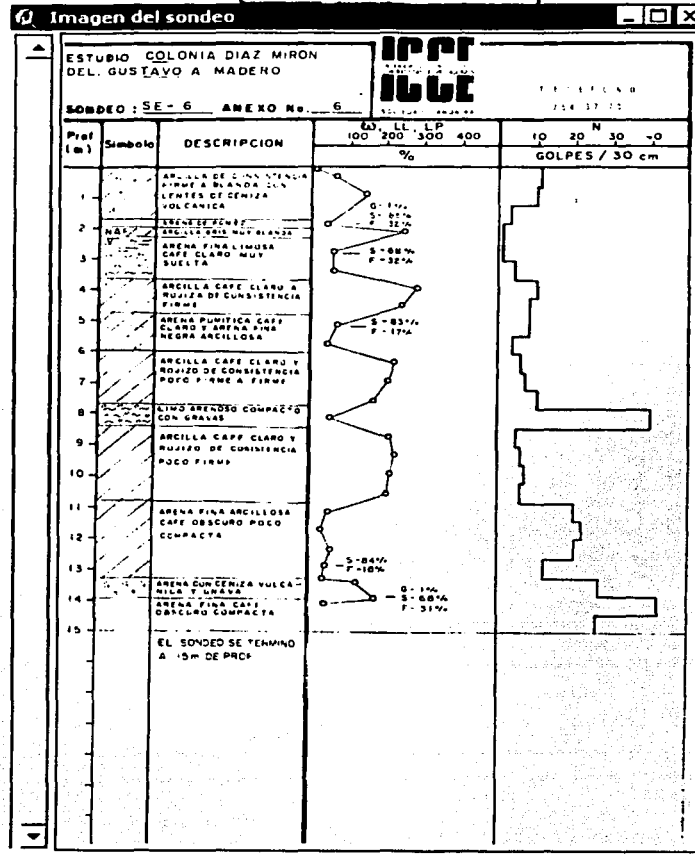


Fig 3.4 Información sobre la variación de las propiedades con la profundidad del sondeo.

3.2 Datos geográficos

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

En este inciso, se describen los principales aspectos metodológicos en cuanto al procesamiento y tratamiento de la información Geográfica; así como las características generales y cuantitativas de cada uno de los diversos datos que integran al Sistema SIG-SG. Esta información comprende o abarca a la totalidad del territorio de la Cuenca de México más una área tributaria que la envuelve.

El primer paso o aspecto metodológico, se inicia cuando se transforma la información analógica a formato digital estándar llamado DXF (Data Exchange File); el segundo paso consiste en la depuración de la información con el fin de personalizarla o arreglarla en capas o estratos para su correcta referenciación geográfica bajo un coherente Sistema de Proyección y sus correspondientes coordenadas geográficas. Este último aspecto es el que permite el manejo y despliegue simultáneo de dos o más capas o estratos de información, llamado integración vertical de datos.

Gran parte de los datos geográficos proviene de la información que produce el INEGI en discos compactos y actualizada hasta 1999, entre los que destacan los archivos de datos digitales que representan a su vez diversos objetos geográficos. Para fines prácticos, tales datos se agrupan en tres clases: vectoriales, raster y alfanuméricos (ver Fig 3.5)



Fig 3.5 Conjunto de Datos Vectoriales Raster y Alfanuméricos editados por el INEGI

3.2.1 Cartografía

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Los documentos cartográficos proporcionan información acerca de la forma y dimensiones del entorno general de un territorio dado; es decir, consignan los rasgos u objetos geográficos mediante una representación de puntos y líneas que conforman áreas y se emplean diferentes colores y símbolos para facilitar su interpretación (conformados en un idioma clásico o universal). Estos documentos proporcionan un soporte de información y comunicación útil para enmarcar los estudios realizados por los especialistas de las distintas áreas o disciplinas de las Ciencias de la Tierra.

La información está agrupada en cuatro escalas de representación simbólica (1:250,000; 1:50,000; 1:20,000 y 1:10,000), con el propósito de permitir pasar de una visión regional a local y viceversa 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 (Cartas Urbanas 1:10,000). En la Tabla 3.1 se presentan los formatos y cubrimientos en área de las respectivas escalas.

Tabla 3.1

ESCALA	FORMATO Grado, Minutos y Segundos de latitud por longitud	CUBRIMIENTO Aproximado en Km ²
1:50,000	15' x 20'	940
1:20,000	7'30'' x 6'40''	156
1:10,000	3'45'' x 3'20''	39
1: 5,000	1'52.5'' x 1'40''	9.8

Se adoptó la división del territorio en secciones regulares y la nomenclatura del sistema estándar del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI, para el manejo de la información cartográfica.

Esta división tiene las ventajas siguientes:

- 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) proporciona compatibilidad. Contar con una división del territorio de manera regular como el sistema estándar del INEGI, permite actualizar o agregar nueva información del INEGI y facilita la difusión. Además, permite compartir información con otras instituciones generadoras de información y facilita el tratamiento de la información por varias personas.
- 4) conduce a un tamaño de los documentos que resulta aceptable para la administración, monitoreo, etc.
- 5) facilita el intercambio de datos y la difusión de los mismos.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La nomenclatura de las claves de identificación (alfa-numéricas), tiene una connotación de ubicación geográfica para cada una de las cartas (ver Fig 3.6 y Tabla 3.2). 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.

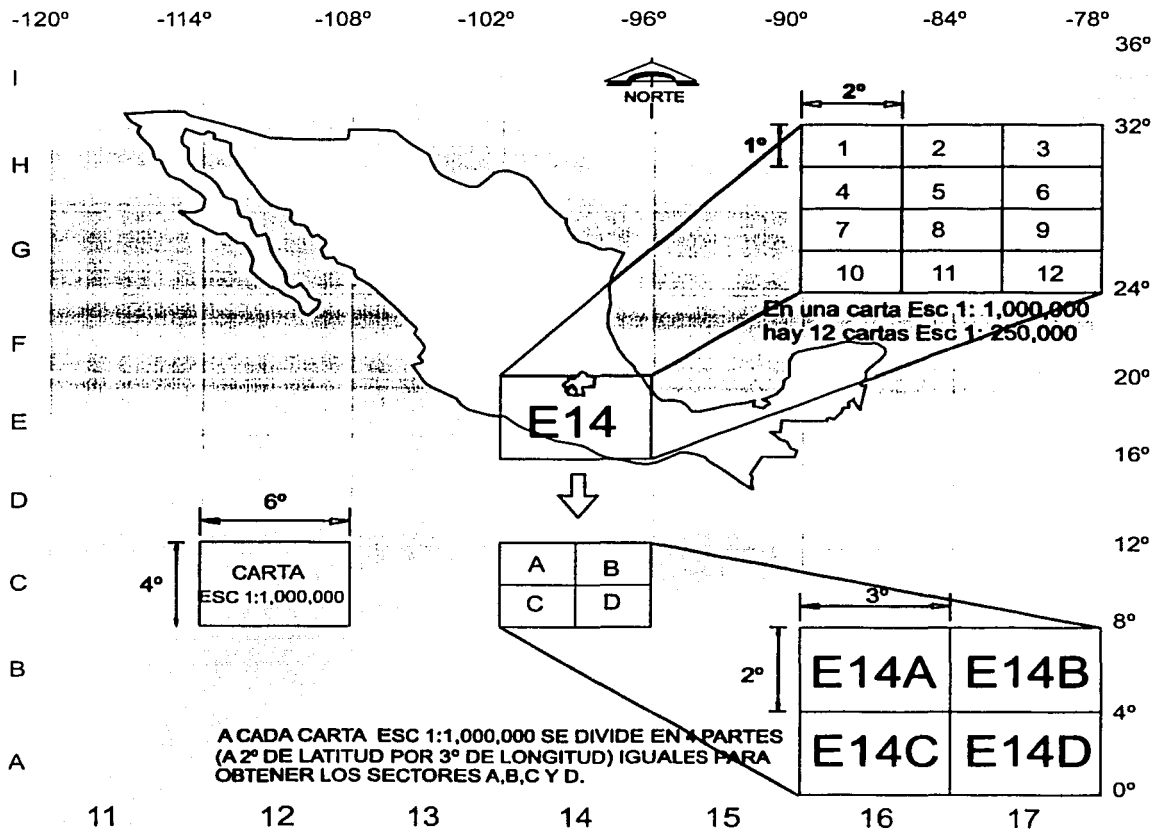


Fig 3.6 Nomenclatura de las claves de identificación del Sistema Nacional de Información Geográfica del INEGI

Tabla 3.2

ESCALA	CLAVE DEL CONJUNTO DE DATOS DIGITALES
1:50,000	Clave de escala 1:1,000,000 + Letra Mayúscula (A, B, C, D)+Dos números (11 al 89, excepto ceros). Ejemplo: G 13 D 89
1:20,000	Clave de escala 1:50 000 + Letra Minúscula (a, b, c, d, e, f). Ejemplo: G 13 D 89 f
1:10,000	Clave de escala 1:20 000 + Número (1 al 4). Ejemplo: G 13 D 89 f 4
1: 5,000	Clave de escala 1:10 000 + Letra Minúscula (a, b, c, d). Ejemplo: G 13 D 89 f 4 d

Se elaboró el primer mosaico cartográfico digital (compuesto por 49 cartas topográficas, escala 1:50,000) que cubre una superficie de 46,060 km² (ver Fig 3.7) donde queda inscrita la Cuenca de México (16 cartas escala 1:50,000). Cada una de estas abarca un área de aproximadamente mil km² con un formato de 15'X 20' de latitud y longitud geográfica respectivamente, bajo la proyección Universal Transversa de Mercator, UTM con el Datum NAD27 (North American Datum of 1927).

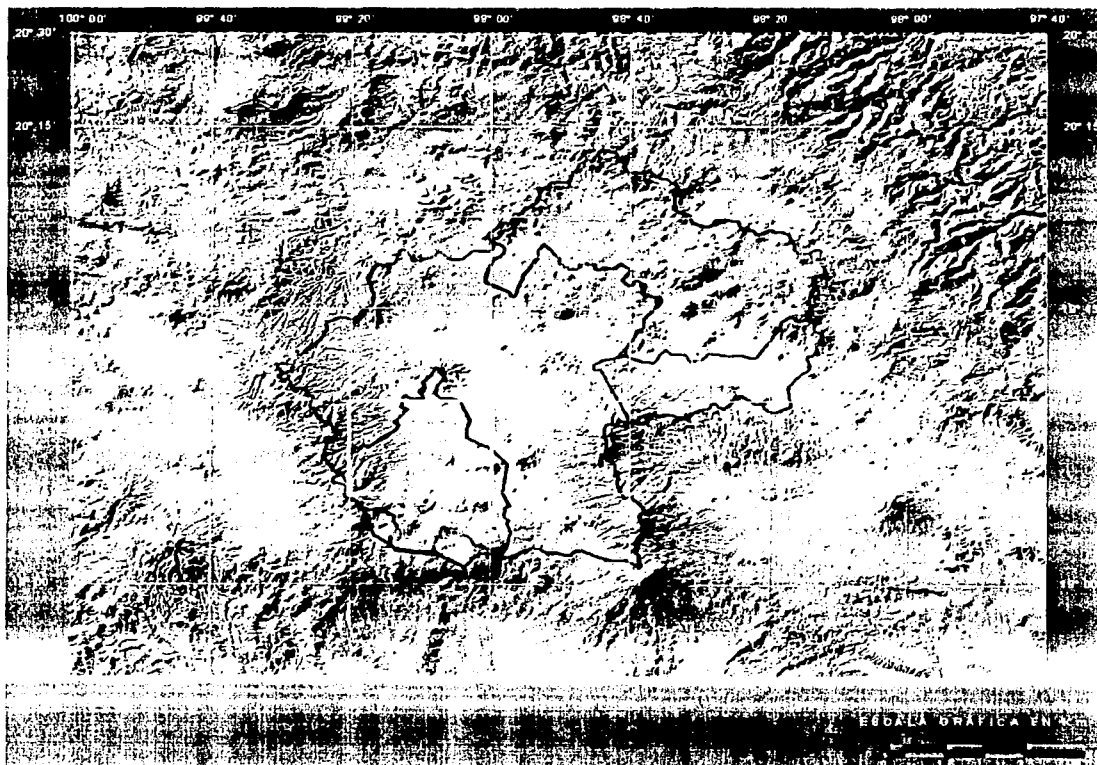


Fig 3.7 Mapa Llave o Índice del mosaico cartográfico digital

Cada carta topográfica contiene información relacionada con el relieve, rasgos hidrográficos, vegetación, áreas agrícolas, áreas urbanas, vías de comunicación y otros detalles (toponimia de las localidades o áreas urbanas), ver Fig 3.8 (*primer nivel jerárquico del sistema*).



Fig 3.8 Carta topográfica Ciudad de México, esc. 1:50,000 (E14 A 39)

La interpretación de las cartas se facilita mediante el empleo de diferentes colores y símbolos con el fin de diferenciar las capas o estratos de información.

En color negro se indican las obras hechas por el hombre; los rasgos hidrográficos están representados en azul; el verde se utiliza para las zonas de vegetación y las formas del terreno se marcan mediante curvas de nivel en color sepia. El color amarillo se emplea como fondo para las áreas urbanas y el gris para un sombreado que se genera a partir de los modelos digitales de elevación, con el fin de dar a las cartas una impresión tridimensional del relieve y así facilitar aún más la interpretación.

Se elaboró un segundo mosaico cartográfico digital (compuesto por 34 cartas urbanas, escala 1:10,000) que cubre una superficie de 1,320 km². Cada una de las cartas cubre un área rectangular de 6 x 6.5 km (39 km²), bajo la proyección Universal Transversa de Mercator, UTM con el Datum NAD27 (North American Datum of 1927).

Cabe destacar que la superficie del segundo mosaico cartográfico digital cubre a todo el tejido o mancha urbana que se extiende y reparte en los más de 85 municipios o localidades de cinco entidades federativas que integran la Cuenca de México; es decir, al desarrollo o crecimiento urbano poblacional que ya alcanza el 12 % del total del territorio en la Cuenca (ver Fig 3.9).

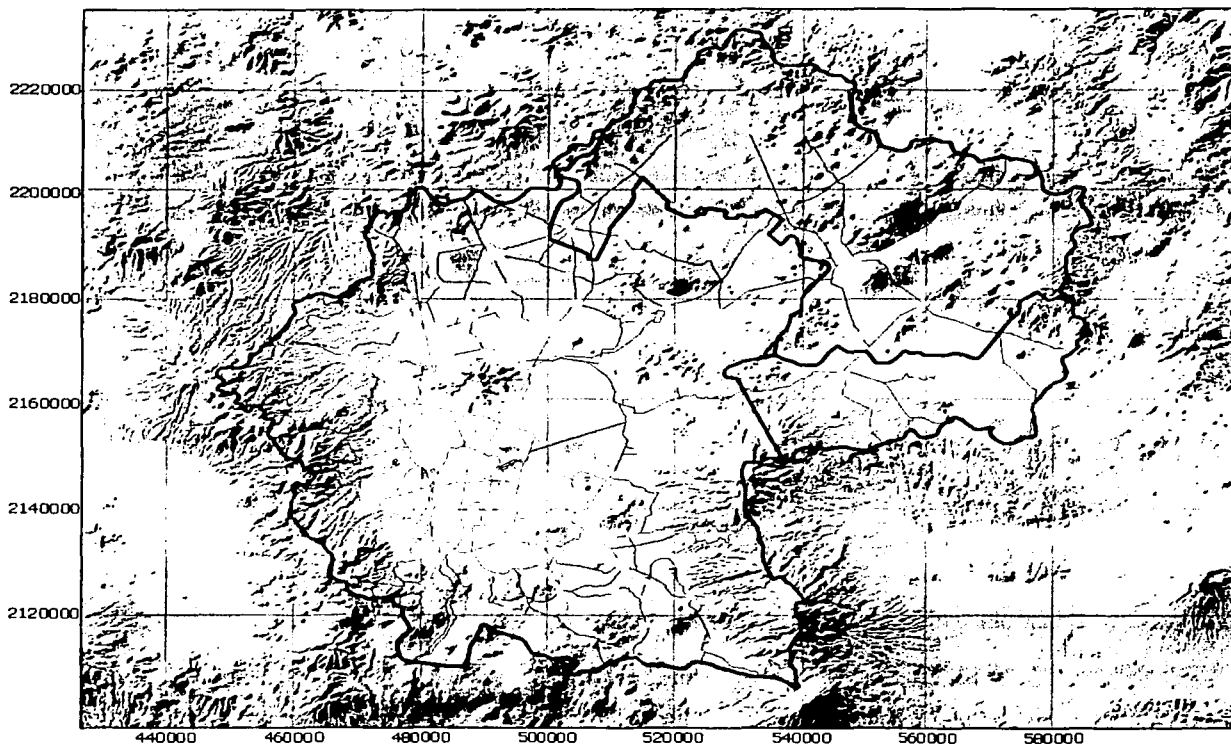


Fig 3.9 Superficie de la Mancha Urbana, Cuenca de México

Cada carta urbana define y contiene información relacionada con la traza de las localidades a nivel de calles, manzanas, plazas y parques. También contiene otros detalles (toponimia de las localidades o áreas urbanas), ver Fig 3.10 (*segundo nivel jerárquico del sistema*).

Estas cartas urbanas (escala 1:10,000) tienen la función de visualizar y manejar zonas con gran densidad de datos. Lo anterior permite al Sistema SIG-SG visualizar y manejar zonas con gran densidad de sondeos geotécnicos en él registrados (puntos color azul) y que hasta ahora han sido recopilados y que requieren una representación simbólica de gran escala.

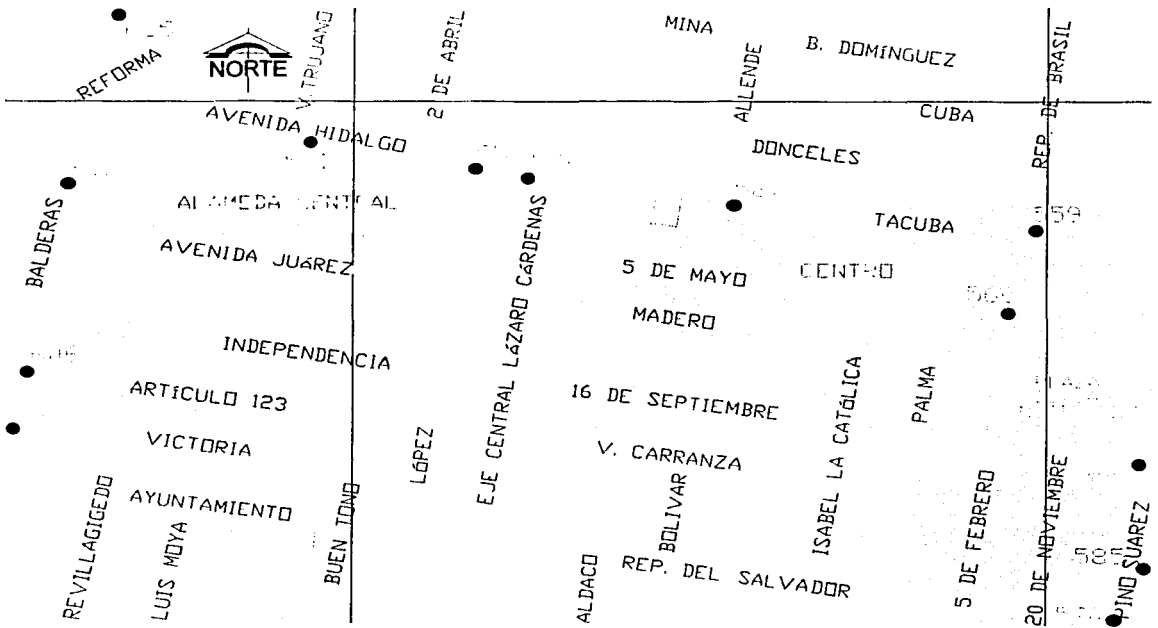


Fig 3.10 Carta urbana Zócalo, México, D.F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2.2 Topografía



La información topográfica es fundamental para casi todas las actividades relacionadas para un territorio dado; debido a que proporciona numerosos datos sobre la superficie física del terreno, útiles para elaborar cartas o mapas orográficos y geomorfológicos; ayuda a la interpretación de la geología estructural, etc. a través de las formas y dimensiones del relieve con base en la planimetría y altimetría. Esas formas y dimensiones del relieve se manifiestan como: laderas; ríos, volcanes; calderas; conos; fallas; grietas; líneas o superficies de contacto, discontinuidades, valles, cuencas, etc.

La información topográfica es básica para llevar a cabo la interpretación y el análisis de las características y rasgos generales del relieve (abrupto, medio, suave y plano), ayudando a definir la extensión en longitud y ancho de los depósitos de suelo, rellenos y formaciones geológicas mediante la proyección horizontal en un plano. Generalmente se presenta a través de curvas de nivel indicando su cota, definida como su altura sobre el nivel del mar.

La topografía se encuentra descrita en cartas topográficas, que sirven de base cartográfica para llevar a cabo diferentes estudios que requieran el conocimiento de los rasgos generales de la superficie terrestre para elaborar y definir nuevos mapas temáticos (geomorfológicos, orográficos, etc.)

También, este dato geográfico (topografía) lo produce el INEGI en formato vectorial, con curvas a cada 10 m, 20 m y 100 m, que fueron tratadas, depuradas y personalizadas de acuerdo a nuestras necesidades para generar los Modelos Digitales de Terreno y sus derivados. A continuación se describen las especificaciones de la información topográfica que ofrece el INEGI.

A partir de 1994, el INEGI produce datos para Modelos Digitales de Elevación escala 1:50,000 con estas especificaciones:

Área de Cubrimiento: 15' de latitud por 20' de longitud, de manera consistente para todo el territorio nacional. *Sistema de Coordenadas de Referencia:* UTM (Proyección Universal Transversa de Mercator). *Datum Horizontal:* NAD27 (por sus siglas en inglés, *North American Datum of 1927*). o ITRF92 Época 1988,0 (por sus siglas en inglés, *International Terrestrial Reference Frame of 1992*), *Datum Vertical:* NAVD29 (por sus siglas en inglés, *North American Vertical Datum of 1929*). Elevaciones en metros referidas al nivel medio del mar. *Contenido:* Datos de altura, georreferenciados y espaciados a intervalo constante. *Estructura:* Archivo de datos representado gráficamente como estructura raster. *Resolución:* La resolución en "x, y" de la red regular de puntos de altura es de 50 metros, ajustada a valores cerrados en metros, en coordenadas UTM. *Formato:* El formato del Modelo es de tipo raster, llamado crudo binario de dos bytes por dato, sin encabezado. *Tamaño de Archivo:* La cantidad de información varía en función de la latitud y longitud geográfica del área representada; en promedio, el tamaño es de 750 Kb.

Exactitud: Los datos obtenidos a partir de la conversión de la carta topográfica escala 1:50,000 mantienen una exactitud relacionada con la precisión de los métodos fotogramétricos con que se elaboró esa carta. Es decir, la exactitud de los valores de altura es de ± 3 metros en elevación y ± 3 metros en posición horizontal.

Para los datos que se generan actualmente por el método fotogramétrico de correlación de imágenes, se obtienen los mismos estándares de exactitud.

Bajo el nombre de Modelo Digital del Terreno, MDT, se entiende al conjunto de datos numéricos que describen las características del terreno. Los MDT son una versión digital de los mapas topográficos convencionales por lo que, en ocasiones, han sido denominados mapas virtuales. Un MDT puede definirse en forma más completa y precisa como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua (altura o elevación, pendiente, etc.).

El análisis de un MDT permite evaluar las características generales de la superficie del terreno en tres dimensiones, ayudando así a obtener una mejor caracterización y clasificación del relieve a través de las formas y alturas del terreno. En efecto, la topografía tiene una notable influencia sobre las numerosas variables que intervienen en la dinámica de los procesos endógenos y exógenos; los cuales, dan origen y modelan a través del tiempo al relieve. Por tal motivo, se ha generalizado el empleo de los MDT día con día en diversos temas de gran interés práctico. Las formas topográficas se expresan por medio de (Fig 3.11 y 3.12).

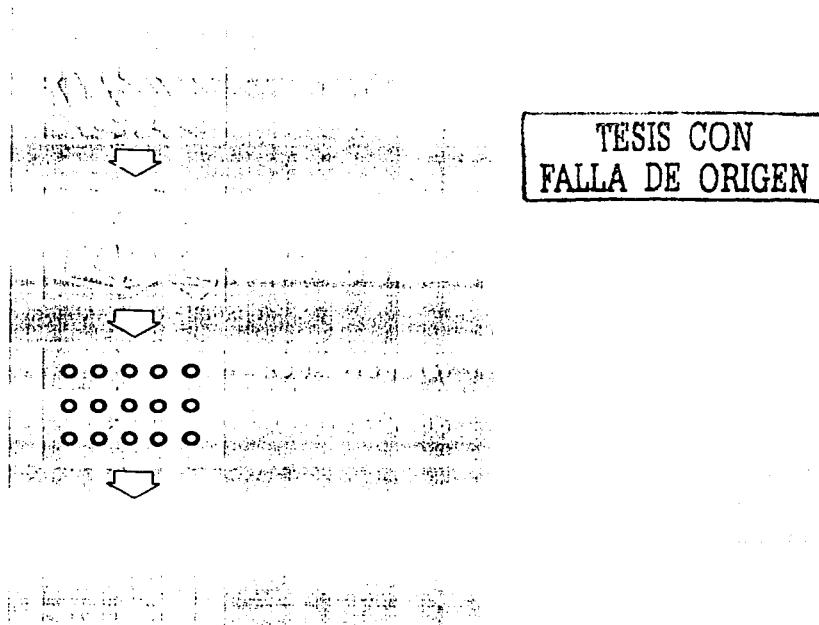
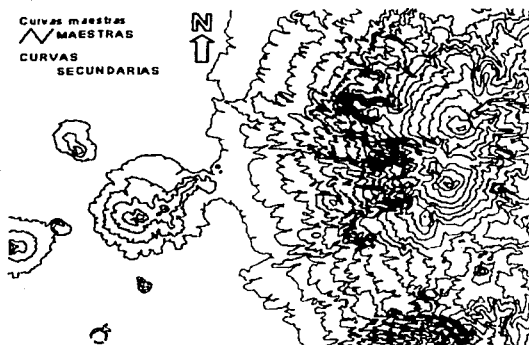
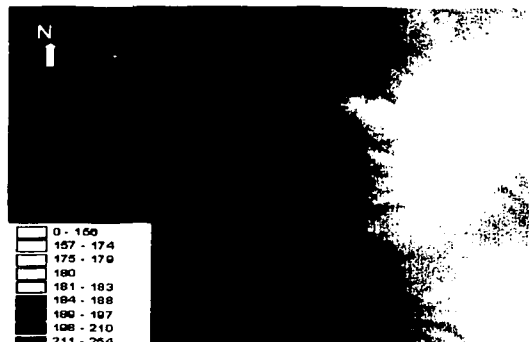


Fig 3.11 Procedimiento para la elaboración de un MDT



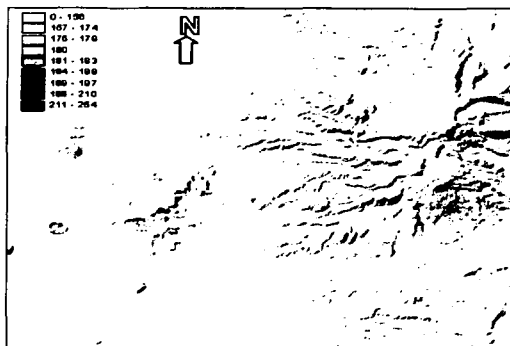
Curvas de Nivel



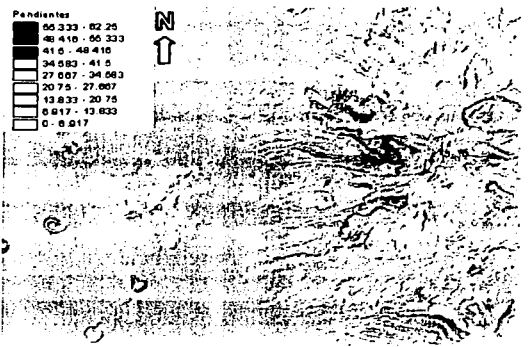
Modelo Digital de Terreno



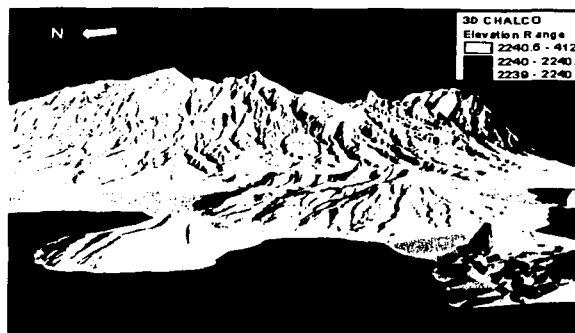
Modelo Digital de Altimetría



Modelo de Relieve Sombreado



Modelo Digital de Pendientes



Modelo de Relieve Sombreado, vista oblicua

Fig 3.12 Representaciones típicas de la información topográfica, zona de Chalco

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

3.2.3 Imagen de satélite

Una imagen de satélite es un documento o recurso tecnológico relativamente novedoso y usado ampliamente hoy en día por los especialistas dedicados a las distintas áreas de las Ciencias de la Tierra (como un método de reconocimiento).

Estos documentos complementan y enriquecen las tareas de gabinete y campo encaminadas a conocer a lo largo y ancho las características y rasgos de las formas y dimensiones de los elementos naturales y artificiales de la superficie terrestre; así como su interrelación con otros objetos. Es decir, ayuda a obtener con mayor celeridad un conocimiento preliminar acerca de la envoltura del entorno o medio físico-geográfico mediante la imagen, logrando con ello obtener una síntesis más adecuada de un territorio dado mediante un simple análisis visual del documento (Fig 3.13).

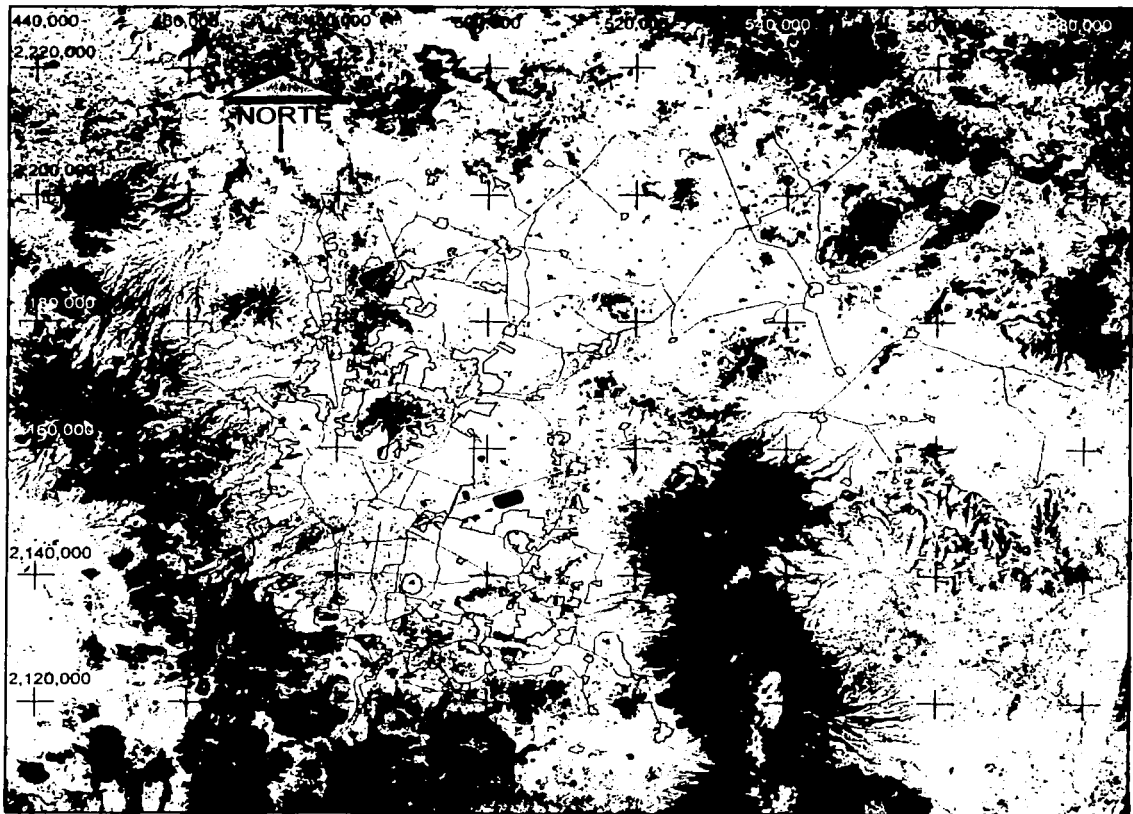


Fig 3.13 Composición en falso color 1 2 3 de la cuenca de México, (Laboratorio de SIG y PR del Instituto de Geografía, UNAM)

También dan cuenta de los cambios (cuantitativos y cualitativos en tiempo real) provocados por fenómenos o desastres naturales o aquellos inducidos por la actividad humana a través del entorno captado por la imagen antes y después del fenómeno o desastres, con el fin de inventariar o cuantificar un aspecto de interés (Fig 3.14).



Fig 3.14 Acercamiento de la ciudad de México

En formato digital, 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, pixel), cuyas dimensiones en el terreno definen la resolución espacial de la imagen (ver Fig 3.15).

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.

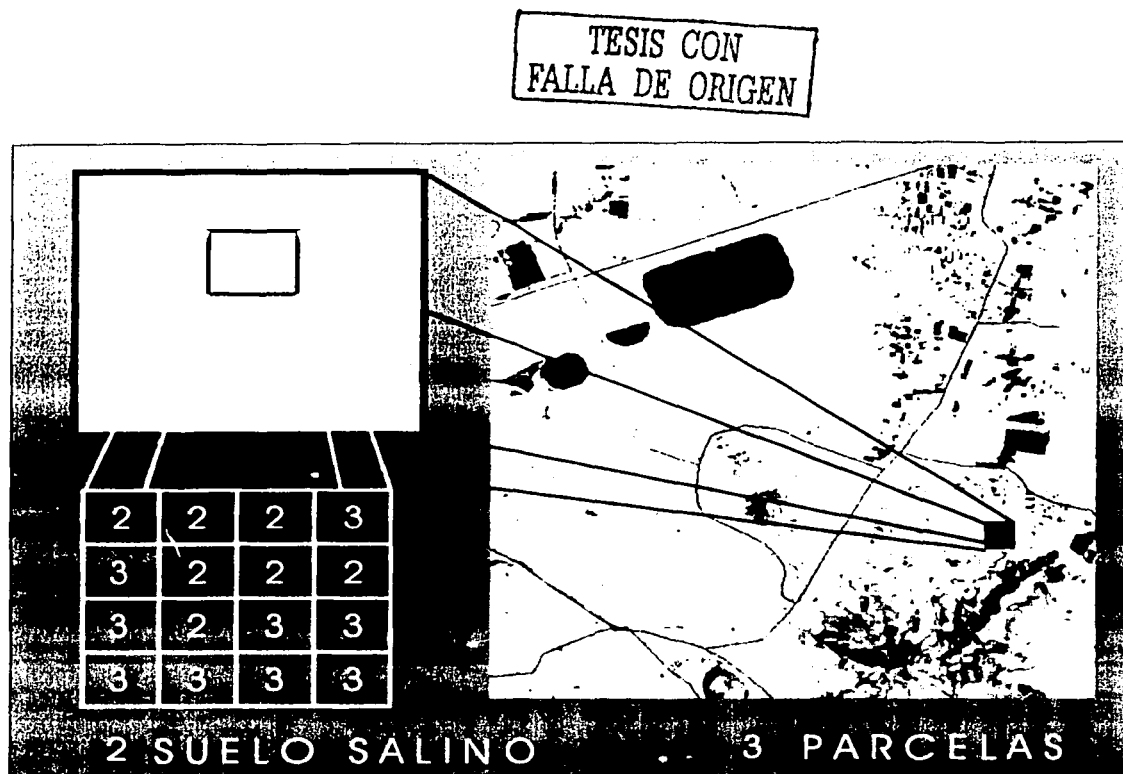


Fig 3.15 Matriz numérica

El procesamiento de imágenes consiste en manejar los valores de reflectancia en dos etapas relacionadas entre sí: pre-procesamiento y clasificación multispectral; 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.

Las características de la imagen de satélite de las figuras 3.14 y 3.15 (Sensor Remoto Landsat Mapeador Temático, LMT) que están contenidas en el Sistema SIG-SG se muestran en la Tabla 3.4 (Laboratorio de SIG y PR del Instituto de Geografía, UNAM)

Tabla 3.3 Principales características del Sensor Remoto LMT

SENSOR	BANDA	LONGITUD DE ONDA, en μ	RESOLUCIÓN (m)
Landsat Mapeador Temático	1	0.45-0.52 (azul)	30
	2	0.52-0.60 (verde)	30
	3	0.63-0.69 (rojo)	30
	4	0.76-0.90 (infrarrojo cercano)	30
	5	1.55-1.75 (infrarrojo medio)	30
	6	10.4-12.5 (infrarrojo termal)	120
	7	2.08-2.35 (infrarrojo medio)	30

Otros documentos que sirven de base para complementar y enriquecer el marco geográfico del Sistema SIG-SG son las fotografías aéreas digitales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2.4 Fotografías aéreas digitales

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La fotografía aérea digital es otro de los documentos o insumo incluidos en el Sistema SIG-SG. La fotografía 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. Al igual que las imágenes de satélite, la fotografía aérea constituye un insumo fundamental para la elaboración de cartografía básica y temática.

Las herramientas informáticas han impactado en la generación de la fotografía aérea y los derivados fotogramétricos. En la actualidad, las tendencias tecnológicas en este sentido son cuatro:

- 1) La asociación de las tomas aerofotográficas al Sistema de Posicionamiento Global, lo cual redundará en la disponibilidad de coordenadas específicas para cada centro de foto.
- 2) La utilización de software de aplicaciones para las tareas de restitución fotogramétrica.
- 3) La consolidación de imágenes fotográficas geoméricamente corregidas, como son las ortofotos digitales, cuya producción está ligada a los modelos digitales de elevación.
- 4) La toma de fotografía digital

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, ver Fig 3.16 (proceso similar que lleva a cabo el personal del Instituto de Geografía, UNAM).

Mediante este sistema, se generan y actualizan las cartas topográficas en diversas escalas. Estas fotografías se utilizan también para la realización de cartografía temática y estudios geográficos diversos (como en nuestro caso).



Fig 3.16 Equipo a bordo de aeronaves

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 4,285 que cubre la zona o área metropolitana de la ciudad de México de aproximadamente 1,130 km². Este acervo fotográfico fue proporcionado por el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota del Instituto de Geografía, UNAM.

En la Fig 3.17, se muestra uno de los mosaicos fotográficos que se elaboró y que corresponde a la carta Ciudad de México compuesta por 803 fotografías y 11 líneas de vuelo.

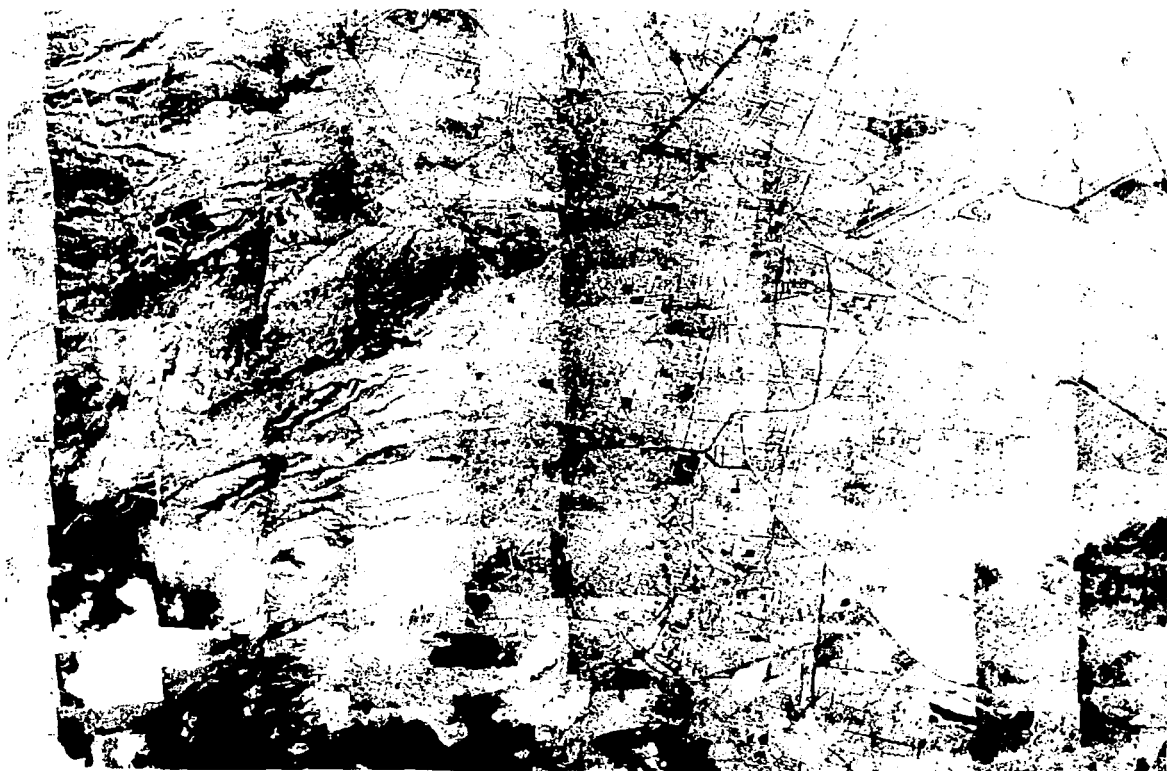


Fig 3.17 Mosaico fotográfico digital, correspondiente a la carta Ciudad de México

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cada fotografía aérea digital abarca un área de aproximadamente 3.50 x 2.0 km. En la Fig 3.18 se ilustra el traslape de dos fotografías aéreas de Ciudad Universitaria, México, D.F.

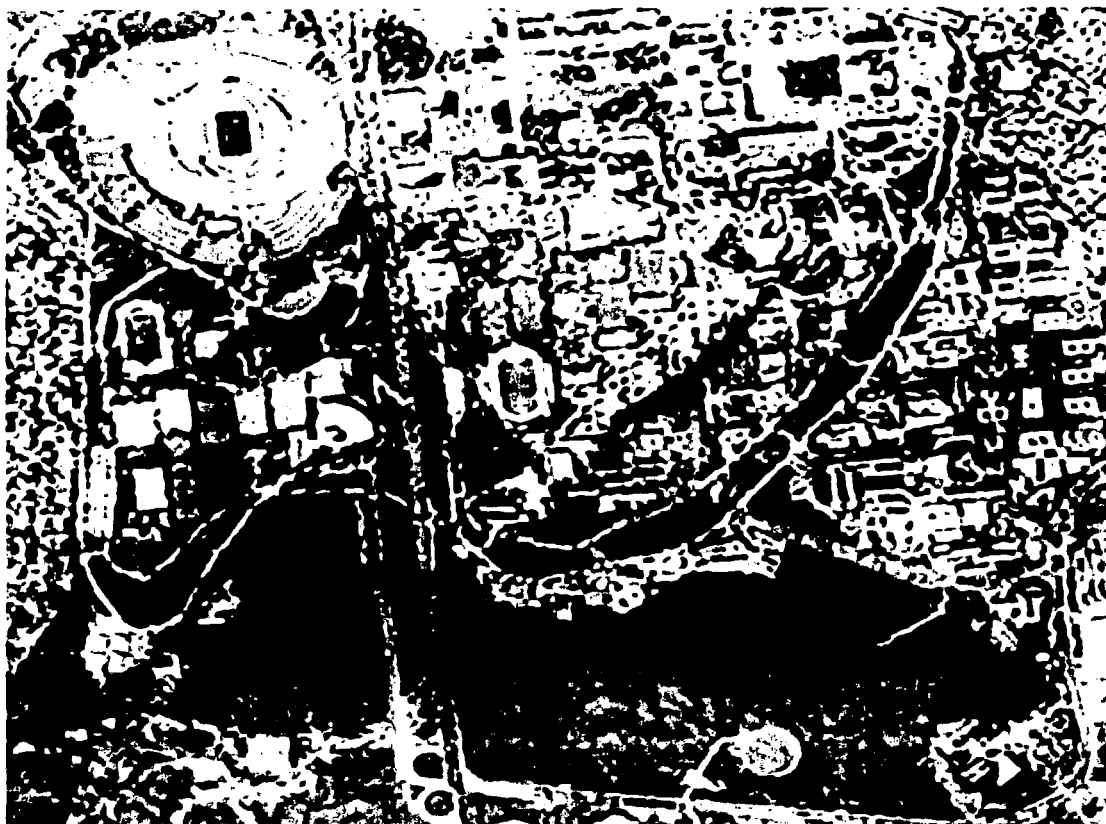


Fig 3.18 Traslape de dos fotografías aéreas de Ciudad Universitaria, México, D.F.

Cabe destacar, que debido a la gran cantidad de fotografías requeridas para formar el mosaico de cada una de las cartas que conforman a la zona o área metropolitana de la ciudad de México, se hizo necesario proponer un método práctico que facilitara y agilizara el traslape de fotografías para la formación de cada línea de vuelo hasta conformar cada carta topográfica 1: 50,000. Finalmente, se probó que el método propuesto brinda buenos resultados en lo que a precisión se refiere.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación se describe el método propuesto para la formación de los mosaicos de fotografías aéreas. El cual emplea un paquete comercial para computadora llamado Adobe® Photoshop® 7.0 estándar edición profesional que permite trabajar de forma más eficaz con las imágenes ya que contiene un conjunto completo de herramientas para escalar, retocar y componer fotografías.

El primer paso consiste en transformar la carta topográfica 1: 50,000 a formato digital (escanear) con el fin de utilizarla como fondo de referencia para ubicar las fotos y hacer coincidir los rasgos cartográficos de la carta con los de la foto.

El segundo paso, se refiere al tratamiento de cada una de las fotografías y consiste en:

- a) Obtener un realce en cada fotografía, que ayude a observar mejor los rasgos
- b) Escalar la fotografía hasta obtener las dimensiones establecidas por la carta topográfica
- c) Rotar la fotografía hasta lograr hacer coincidir los rasgos de esta con la cartografía de la carta topográfica
- d) Repetir el procedimiento, para ir traslapando las fotografías hasta formar una línea de vuelo y a su vez integrar el mosaico
- e) Finalmente se guarda la imagen del mosaico en formato TIFF para posteriormente realizar la referenciación geográfica, y se pueda integrar al sistema SIG-SG.

En la Fig 3.19, se ilustra los pasos metodológicos anteriormente descritos; así como el traslape de fotografías aéreas de una línea de vuelo, haciendo uso del software antes mencionado.

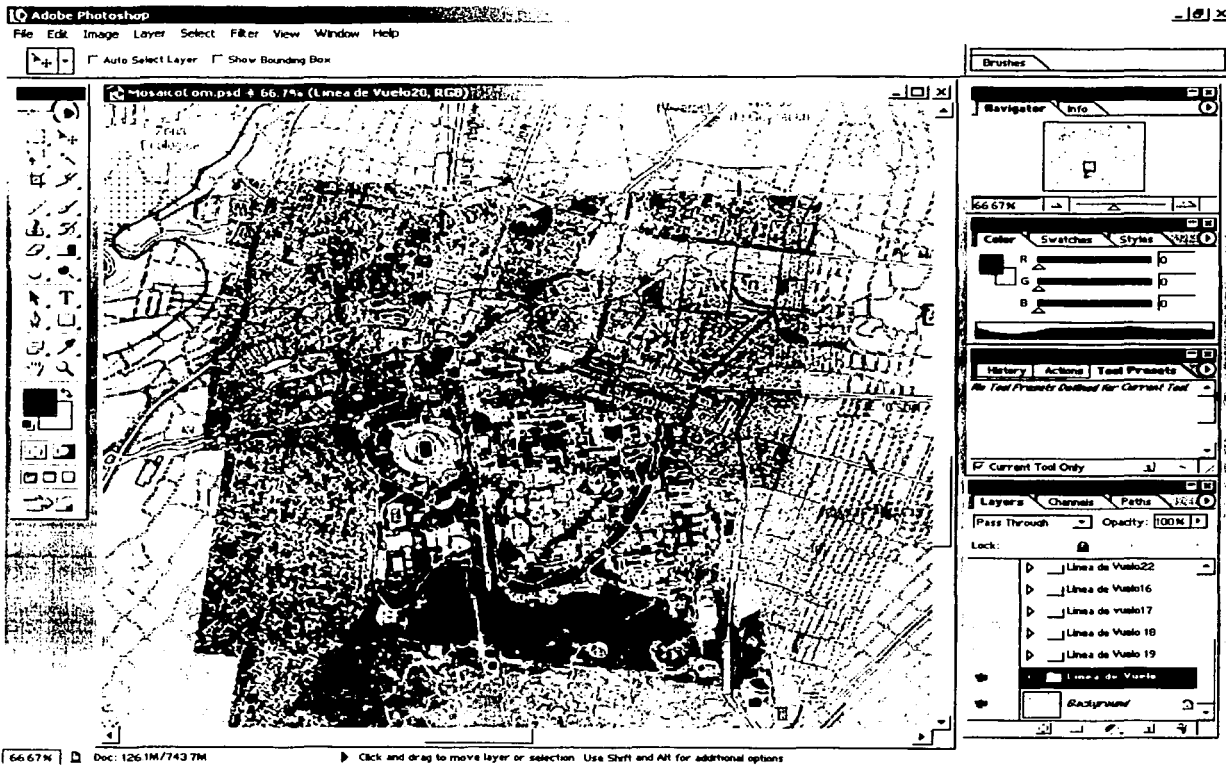


Fig 3.19 Traslape de fotografías aéreas, haciendo uso del Photoshop

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA SONDEOS GEOTÉCNICOS, SIG-SG

En este capítulo se resume los principales aspectos relacionados con el funcionamiento del Sistema SIG-SG. También se incluye una breve descripción del estado actual que guarda el SIG-SG, así como las futuras extensiones, en cuanto a declarar nuevas cédulas de captura sobre otros datos que puedan incluirse al Sistema y sus posibles adecuaciones o adaptaciones de acuerdo con en el avance y desarrollo vertiginoso de la informática; se describen al final de este capítulo.

4.1 Funcionamiento del sistema

El Sistema de Información Geográfica para sondeos Geotécnicos (SIG-SG) 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 de una gran cantidad de datos; así como, el despliegue simultáneo de dos o más capas o estratos de información de diferente índole o clase.

El sistema cuenta con un menú sencillo compuesto por un conjunto de botones que alojan un símbolo o gráfico alusivo a su función. Los submenús están integrados por una lista de ordenes a cumplir.

El diseño de las consultas al SIG-SG, fue ideado para que fueran utilizadas por usuarios no expertos en informática, a los cuales, se les brinda la oportunidad de interactuar de manera amigable con un mínimo esfuerzo (con simples clicks del ratón); es decir, bajo la arquitectura de ventanas, persianas, botones y otros (Windows).

Las primera opción de búsqueda para la consulta que ofrece el SIG-SG al usuario se refiere a discriminar o filtrar información por medio de atributos (municipio o delegación, colonia, calle, año, etc). La segunda es la más amigable e interactiva con el usuario por el despliegue y la visualización de diversas composiciones o arreglos relacionados con el entorno natural de la Cuenca de México; la cual se ilustra a continuación en los siguientes párrafos.

Para utilizar el sistema, primeramente se abre el archivo "sig-sg.apr" que carga al Sistema SIG-SG (ver Fig 4.1); automáticamente se despliega la ventana del menú gráfico principal; el cual consta de un mapa llave o índice (a manera de una malla tipo guía roji) conformado por diecisiete Cartas Topográficas esc 1:50,000, el cual tiene como fondo el relieve que sirve de guía para ubicar o identificar la zona de interés para el usuario con base en la visualización de los rasgos naturales del terreno y la mancha urbana. A partir de este menú principal, se inicia la consulta mediante acercamientos graduales que van de lo regional hasta llegar a lo local y al sitio de interés (ver Fig 4.2).

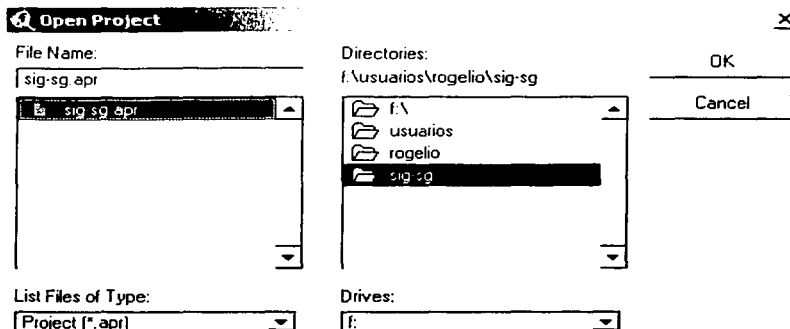


Fig 4.1 Ventana que ilustra como se abre el archivo "sig-sg.apr" que carga al SIG-SG

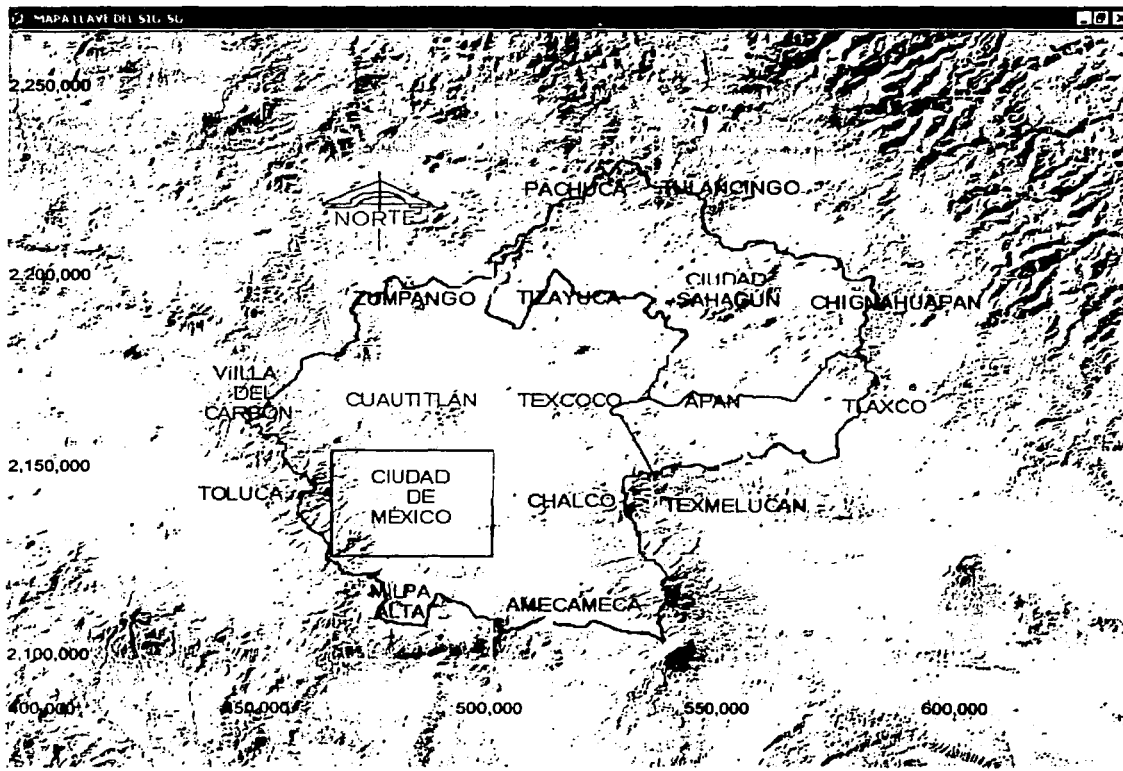


Fig 4.2 Mapa llave o indice del Sistema SIG-SG

A partir de la ventana que muestra el menú principal, se puede elegir cualquier carta; por ejemplo, si el usuario elige mediante un click a la carta ciudad de México (enmarcada en azul, Fig 4.2), automáticamente ingresa al submenú gráfico correspondiente a la carta ciudad de México (ver Fig 4.4). Si ahora, el usuario elige del submenú "ciudad de México" a la carta Chapultepec, automáticamente ingresa al submenú gráfico correspondiente (ver Fig 4.5). Es decir, se inicia de lo regional (menú principal) a lo local (submenú) mediante una sucesión de acercamientos.

Cabe destacar que los submenús subsecuentes tendrán diferentes fondos: 1. Imagen de Satélite Lansat TM (composición 1-2-3 en falso color); 2. Mosaico de fotografías aéreas digitales; 3. Cartografía urbana a nivel de manzanas, calles, parques, etc. En cambio el menú principal, tendrá al Modelo Digital de Relieve Sombreado como fondo.

En la figura 4.3, se muestra el mapa base o fondo de los submenús de orden inferior al principal. Una imagen es una excelente guía para ubicar o identificar la zona de interés para el usuario con base en la visualización de los rasgos naturales del terreno y los construidos por la mano del hombre.



Fig 4.3 Vista de los rasgos naturales y de la mancha urbana de la Ciudad de México usando como fondo la imagen de Satélite.

En la Fig 4.4 se muestra la ventana del submenú ciudad de México, donde el usuario ha elegido mediante un click a la carta Chapultepec de la ciudad de México (enmarcada en verde).

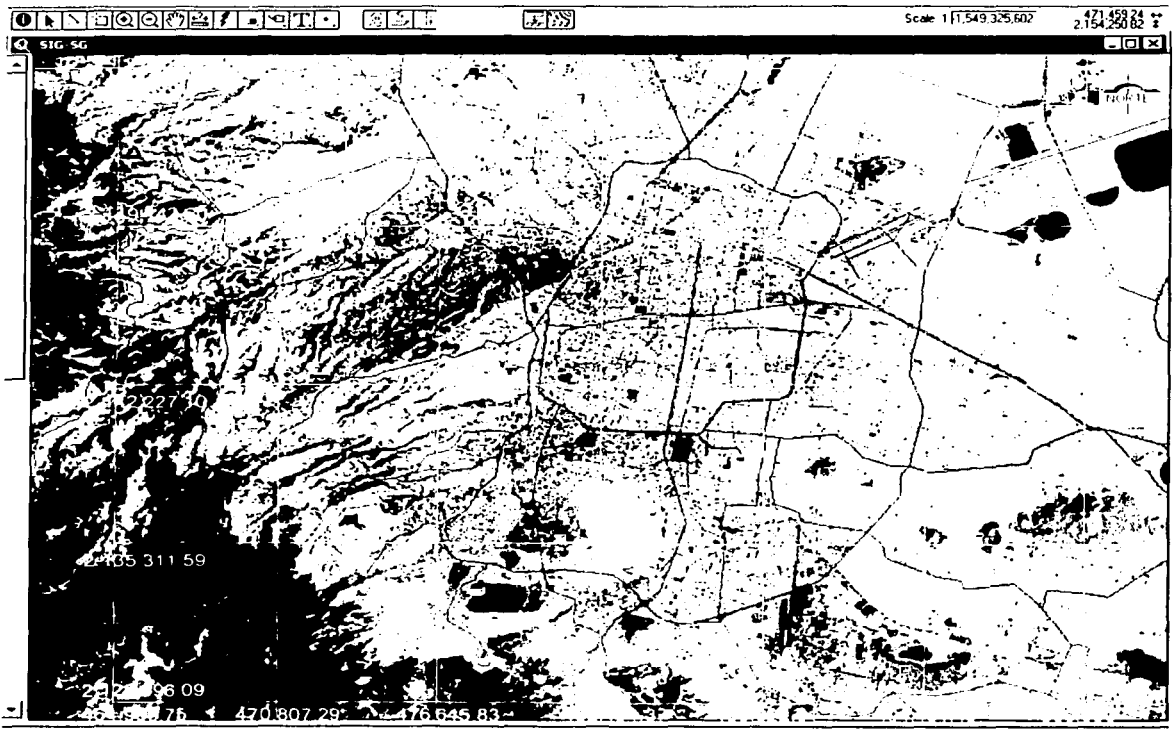


Fig 4.4 Vista de la Ciudad de México

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la Fig 4.5 se muestra la ventana correspondiente a la carta Chapultepec de la ciudad de México cuyo fondo se compone tanto de la capa del mosaico formado a partir de fotografías aéreas digitales como de la capa de cartografía urbana a nivel de manzanas, calles, parques. Además; a este nivel de submenú, se empieza a visualizar la distribución espacial y densidad o volumen de los sondeos geotécnicos hasta ahora incluidos en el SIG-SG.



Fig 4.5 Ubicación de los sondeos geotécnicos en la zona de Chapultepec.

En las últimas dos láminas de las Figuras 4.6 y 4.7, se muestra el último fondo que permite al usuario visualizar los nombres de municipios, delegaciones, colonias, y calles. Este fondo constituye también el nivel de acercamiento más adecuado para visualizar y consultar los sondeos geotécnicos representados por puntos de diversos colores con la intención de diferenciar el tipo de exploración del sondeo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

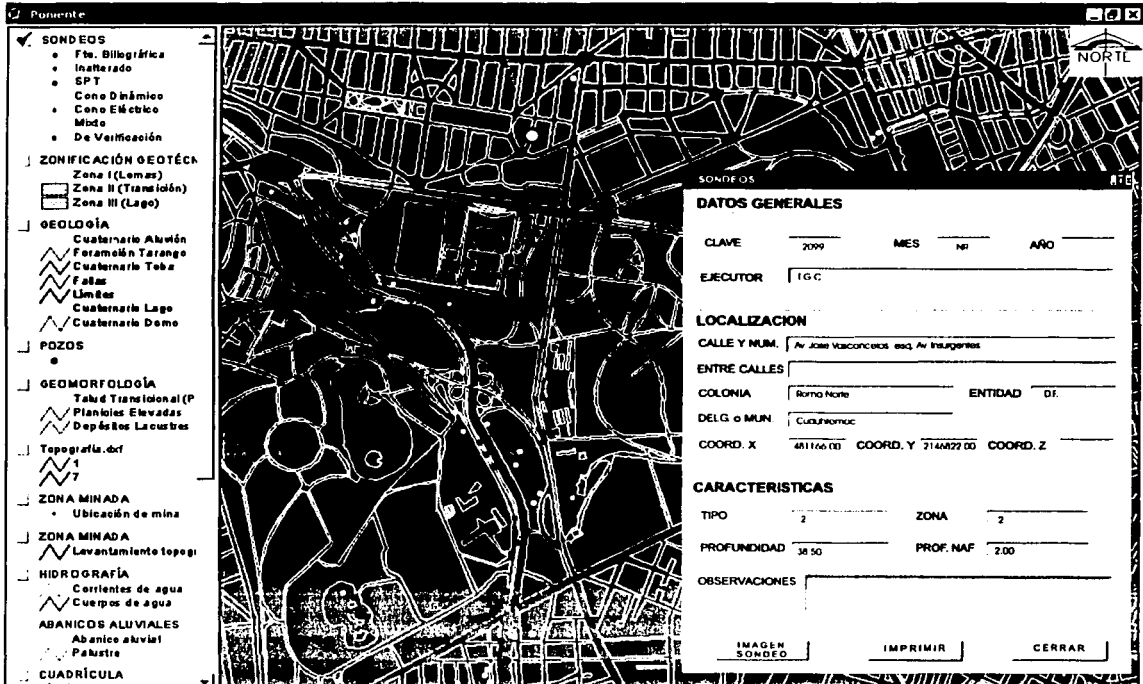


Fig 4.6 Datos generales de un sondeo específico, zona de Chapultepec

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Fig 4.7 Imagen de un sondeo geotécnico, zona de Chapultepec

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Existen tres opciones para obtener informes impresos de la información contenida o almacenada en el Sistema SIG-SG. La primera se refiere a los perfiles que contienen a los valores de la variación con la profundidad de las propiedades índice, mecánicas y dinámicas de los suelos. La segunda se refiere a los mapas o documentos cartográficos que sirven para identificar la ubicación en planta de los sondeos geotécnicos elegidos en la primera opción para obtener informes impresos. Cabe destacar, que los mapas o documentos cartográficos pueden tener uno o más capas de fondo para su integración. Por ejemplo, Imagen de Satélite, Modelo Digital de Relieve Sombreado, Cartografía Urbana, etc. La tercera y última opción para obtener informes impresos, consiste en elegir de manera independiente cualquiera de las dos opciones antes mencionadas (ver Fig 4.8).

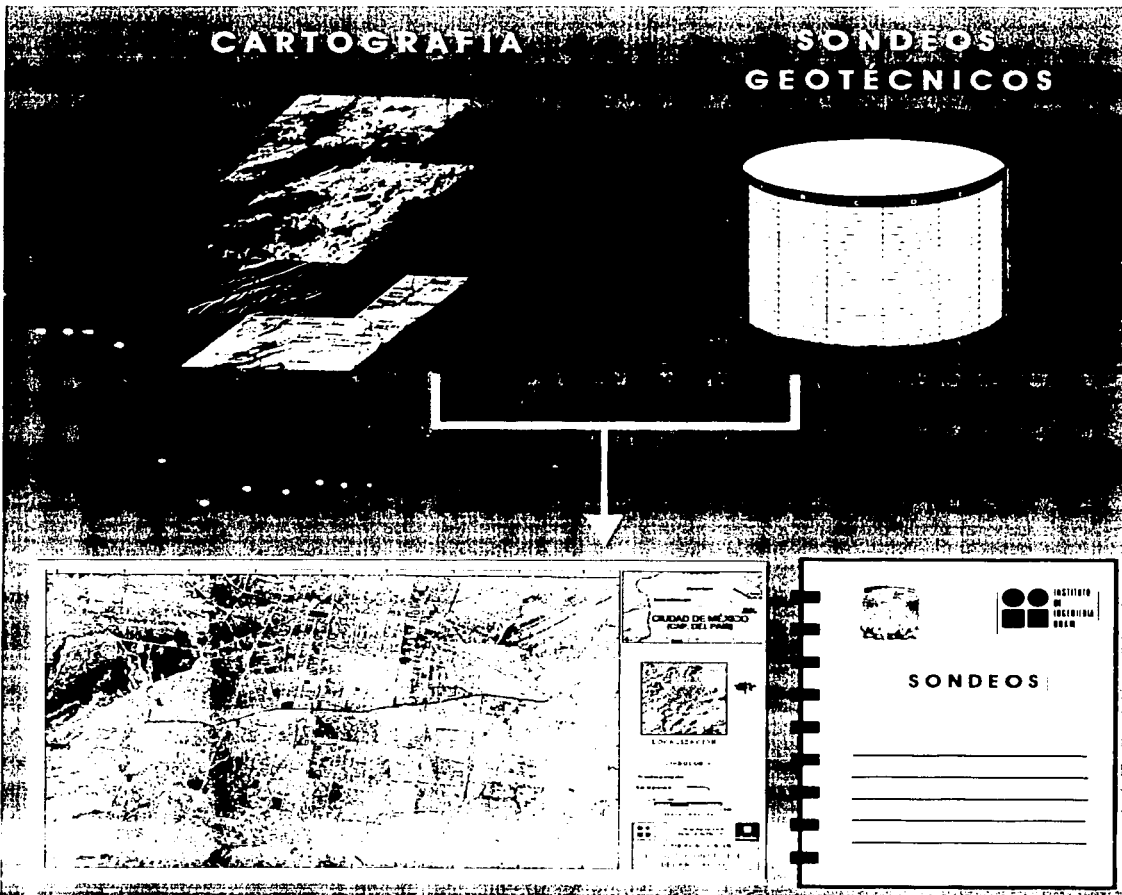


Fig 4.8 Informes obtenidos a partir del SIG-SG.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2 Estado actual

En su etapa actual, el sistema se enfoca a recopilar y capturar los resultados de estudios de Mecánica de Suelos efectuados en diferentes épocas por dependencias o empresas que laboran en la Cuenca de México.

Actualmente, el SIG-SG, cuenta con un poco más de cinco mil sondeos geotécnicos que corresponden a la ciudad de México y zonas conurbadas del Estado de México (Fig 4.9), que se obtuvieron de empresas, dependencias e instituciones de investigación y enseñanza, que han contribuido hasta ahora a incrementar el banco de datos del SIG-SG con dicha información geotécnica (Tabla 4.1).

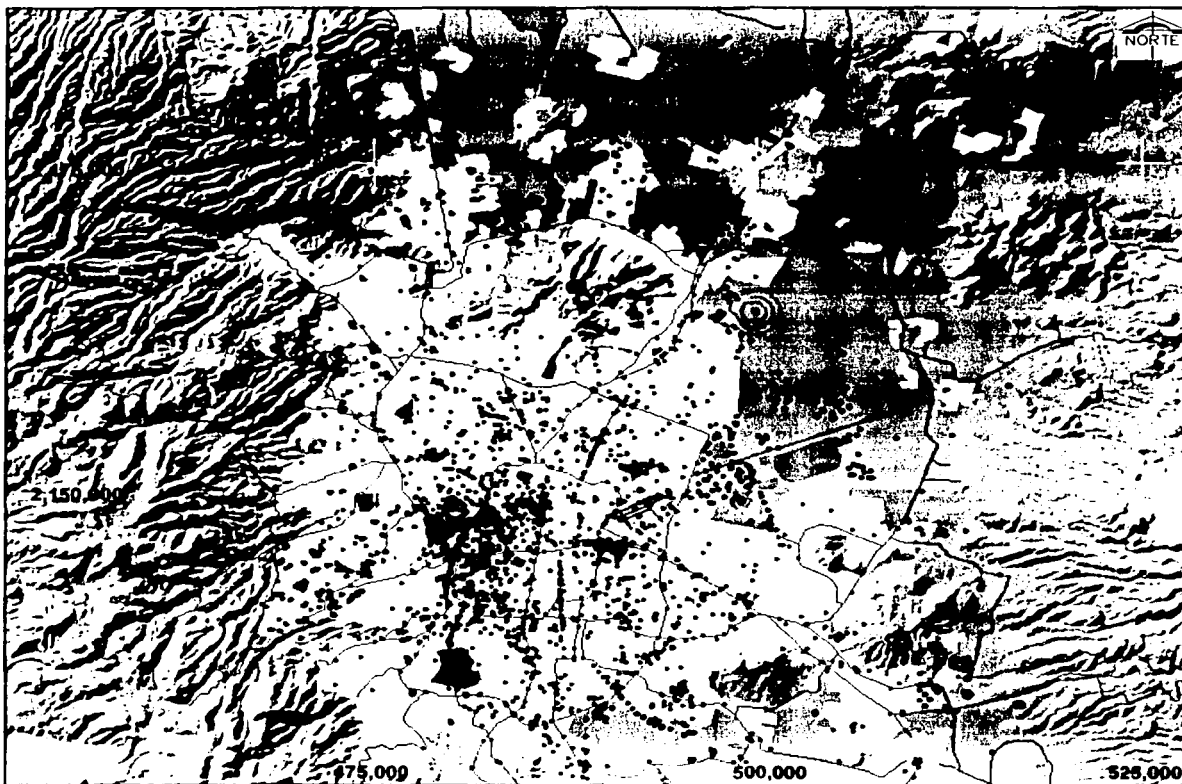


Fig 4.9 Volumen y distribución espacial de la información de sondeos geotécnicos almacenados en el SIG-SG

Tabla 4.1 Empresas, Dependencias e Instituciones que han aportado información para el sistema SIG-SG

FUENTES DE INFORMACIÓN DE SONDEOS GEOTÉCNICOS	
INSTITUCIONES	
Instituto de Ingeniería, UNAM Instituto de Geografía, UNAM Instituto de Ecología, UNAM Facultad de Ingeniería, UNAM	
DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES	
SCT, Servicios Técnicos DGCOSTC, Secretaría de Obras y Servicios, Gob. del D.F. DGCOH, Secretaría de Obras y Servicios, Gob. del D.F. CENAPRED Comisión Nacional del Agua, CNA Comisión Federal de Electricidad, CFE PEMEX, Ingeniería experimental Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores, INFONAVIT Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, SEDUVI	
EMPRESAS PRIVADAS	
Perforaciones y Cimentaciones, S.A. de C.V. ICATEC, S.A. de C.V. Solum (Ingeniería Geotécnica) Geosistemas, S.A. Geotec, S.A. Grupo Dirac, Ingenieros constructores Geosol S.A. de C.V. ACI Consultores TGC Geotecnia, S.A. de C. V. Proyectos Especializados de Ingeniería Ingenieros. Especialistas en Cimentaciones Pilotec, Cimentaciones Profundas ICCE, Ing. Consultores Contratistas Especializados CONIISA Laboratorios Tlalli, S.A. de C. V. ISTME Mecánica de Suelos y Cimentaciones, S.A. de C. V. Triada, S.A. de C. V. Grupo Trial, S.A. de C.V.	
OTROS	
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos	

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

4.3 Extensiones

El banco de datos del Sistema SIG-SG tiene contemplado abrir nuevas bases de datos, con el objetivo de ampliar las aplicaciones del sistema dentro de la ingeniería de cimentaciones. A continuación se enumeran las futuras extensiones del banco.

1) Abrir nuevas bases:

- a. Datos con diferente cobertura temática tales como piezometría, nivelaciones, datos geofísicos, etc.
- b. Datos que resulten de la utilización de procedimientos de exploración o ensaye novedosos.

2) Abrir nuevas bases de captura de información de propiedades dinámicas conforme aumente el volumen de este tipo de información.

3) Instalar funciones para correlacionar entre sí la información contenida en diversos campos de la base de datos, incluyendo la posibilidad de evaluar algunas funciones estadísticas.

4) Incluir la capacidad para dibujar planos de curvas de igual profundidad de capas típicas del subsuelo.

5) Desarrollar e instalar funciones que permitan elaborar perfiles estratigráficos del terreno, a lo largo de ejes seleccionados por el usuario.

Por último se propone seguir desarrollando y elevando el nivel o grado de complejidad en los análisis recurriendo a los avances tecnológicos de los Sistemas de Información Geográfica; así como afinando la zonificación geotécnica del valle de México, recurriendo a las técnicas de la geoestadística, con énfasis en las zonas hasta ahora poco estudiadas.

5. APLICACIONES

El conocimiento de las condiciones geotécnicas del subsuelo, es decir de las características y rasgos generales de la distribución de los materiales, espesor de los estratos u horizontes típicos y de la variación con la profundidad de las propiedades de los suelos se adquiere a través de exploraciones directas de detalle como son los sondeos geotécnicos.

Ahora es posible contar con un Sistema dedicado a ordenar y almacenar de manera sistemática y permanente la información obtenida mediante sondeos geotécnicos en zonas amplias como la Cuenca de México. Este sistema constituye una herramienta que permite actualizar y generar nuevos conocimientos sobre las propiedades y características geotécnicas del subsuelo. Sus posibilidades de aplicación son muy numerosas.

5.1 Utilidad del acervo contenido en el banco del Sistema SIG-SG

En los siguientes párrafos se describen las principales posibilidades que surgen al poder de emplear de manera inmediata la extensa información del acervo almacenado en el banco de datos del Sistema de Información SIG-SG. De hecho durante los últimos cinco años el sistema ha probado ser útil en múltiples proyectos públicos y privados relacionados con el subsuelo de la Cuenca de México. Estos proyectos se han emprendido en las coordinaciones de Geotecnia, Sísmica y otras del Instituto de Ingeniería, UNAM.

La información contenida en el Sistema SIG-SG, permite hoy en día orientar al ingeniero respecto la naturaleza de los problemas geotécnicos que se pueden presentar en un predio determinado y ayudarle a definir la exploración geotécnica de detalle, incluyendo el tipo de exploración, el número y la profundidad de los sondeos así como las pruebas de campo y laboratorio más adecuadas para determinar las características esfuerzo-deformación-resistencia del suelo. La consulta al SIG-SG, la exploración geotécnica de detalle y la realización de las pruebas necesarias de laboratorio resultan estar, así, estrechamente ligadas.

Por otra parte, la información contenida en el SIG-SG, permite hoy en día auxiliar a las autoridades competentes para que tengan un conocimiento adecuado de la problemática general de la Ingeniería de Cimentaciones a nivel regional o local. Este conocimiento ha permitido en el pasado adecuar y actualizar los Códigos de Construcción en la República Mexicana, en lo que se refiere al diseño de cimentaciones y a las zonificaciones geotécnicas. En el futuro, habrá de seguir tomándose en cuenta como hasta ahora la información reciente sobre las condiciones del subsuelo para emprender nuevas y permanentes revisiones a la reglamentación vigente.

En general, el SIG-SG será de gran utilidad en los siguientes rubros o actividades:

- a) Obtención de información geotécnica preliminar para considerar al nivel de anteproyecto de determinada obra. La consulta al SIG-SG constituye un procedimiento simple y económico para adquirir información preliminar acerca del subsuelo, permitiendo formarse una idea clara de los diversos e importantes problemas planteados por el subsuelo en cada caso particular.
- b) Obtención de información para planeación regional. Contar con la base de datos del sistema evitará la costosa duplicidad 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. Las dependencias, Instituciones de investigación y enseñanza, empresas, etc. podrán contar con información necesaria sobre el subsuelo a un costo razonablemente bajo comparado con el tiempo y costo de la realización de estudios de Mecánica de Suelos y/o recopilación de información para la elaboración de: Manuales técnicos (excavación, exploración, etc.), informes geotécnicos por delegaciones o 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 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.
- c) Planeación de campañas de exploración geotécnicas para proyectos urbanos públicos y particulares. La información contenida en el banco o base de datos del SIG-SG no pretende, bajo ningún motivo, sustituir o reducir la ejecución de futuros estudios de Mecánica de Suelos, sino por el contrario, orientar su enfoque y aplicación para que estos rindan más y mejores resultados.
- d) Zonificaciones desde el punto de vista geotécnico de las áreas urbanas existentes y posibles conurbaciones futuras para fines de la definición de uso del suelo, reglamentación de la construcción y evaluación del riesgo sísmico, etc. Esto es posible debido a que se puede hacer uso inmediato de los datos recopilados y contenidos en banco de datos del SIG-SG. Los datos del banco pueden ser aprovechados en forma óptima recurriendo para su procesamiento a técnicas como la geostatística.
- e) Desarrollo de programas de cómputo que hagan uso del banco de datos del sistema SIG-SG el que, por ejemplo, servirán como soporte de Sistemas Expertos para el Diseño Preliminar de Cimentaciones para el Distrito Federal (Proy. DGAPA IN-303292-UNAM).

5.2 Un ejemplo de aplicación: "Los rellenos aluviales de la zona poniente de la ciudad de México"

Para ilustrar la utilidad de contar con la posibilidad de emplear de manera inmediata la extensa información del acervo almacenado en el banco de datos del Sistema de Información SIG-SG; en el siguiente inciso, se presenta un ejemplo de aplicación acerca de la descripción de las características y rasgos generales de los rellenos aluviales localizados al pie de la Sierra de las Cruces de la zona poniente de la ciudad de México. Esta descripción ha resultado útil al nivel de planeación general y previsión de problemas geotécnicos potenciales para las obras viales que se realizan actualmente en esta zona.

Desde el punto de vista geomorfológico, las formas del relieve de la zona de los rellenos aluviales que circundan el pie de la Sierra de las Cruces (franja o ancho de banda de color verde, Fig 5.1) pueden interpretarse como resultado de la interacción entre procesos endógenos y exógenos bajo una óptica morfo-crono-genética. Los procesos externos, constituyeron la componente más significativa o determinante para la modelación del relieve al pie de la Sierra de las Cruces.

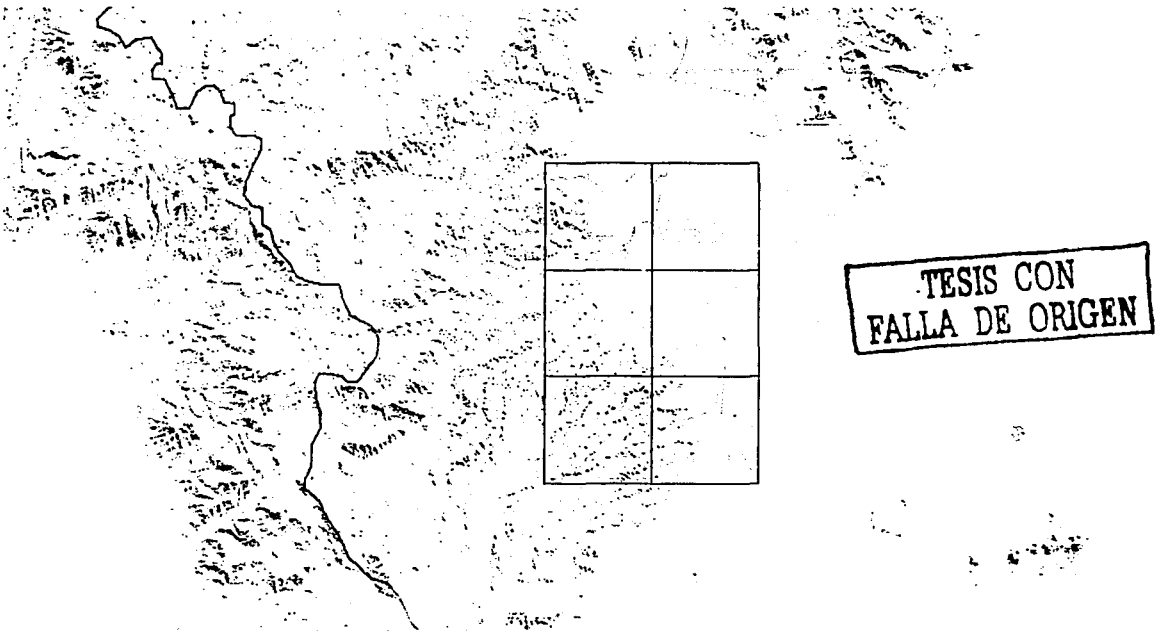


Fig 5.1 Interpretación geomorfológica de los rellenos aluviales de la Sierra de las Cruces

Los factores mas importantes que intervinieron durante el desarrollo de los procesos externos son: el factor climático (temperatura, precipitaciones, viento, etc.) y el hidrológico superficial (corrientes fluviales, erosión, intemperismo físico y químico y denudación superficial).

Análisis morfogenético

Cuando la Cuenca de México era un Valle (Justo antes de iniciar al Plioceno, hace diez millones de años, Fig 5.2), las laderas de la Sierra de las Cruces estuvieron sometidas a procesos fluviales que modelaron su relieve. Los procesos gravitacionales y eólicos favorecieron la remoción de la cubierta o capa superficial de materiales no consolidados hasta desplazarlos al pie de la Sierra, originando la sedimentación y formación de erráticos depósitos de rellenos aluviales.

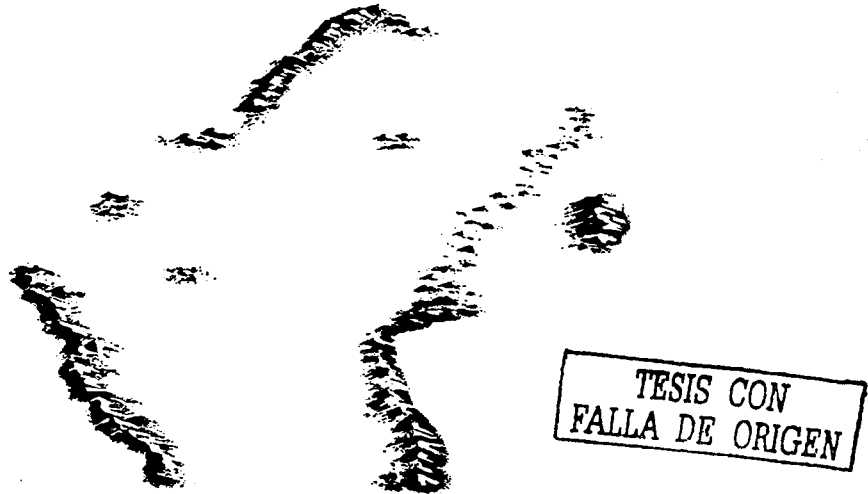


Fig 5.2 Valle de México (inicios del Plioceno, hace diez millones de años)

Estos rellenos aluviales localizados al pie de la Sierra constituyen una unidad en la cual se pueden distinguir las subunidades siguientes: llanuras, terrazas y abanicos o conos aluviales respectivamente.

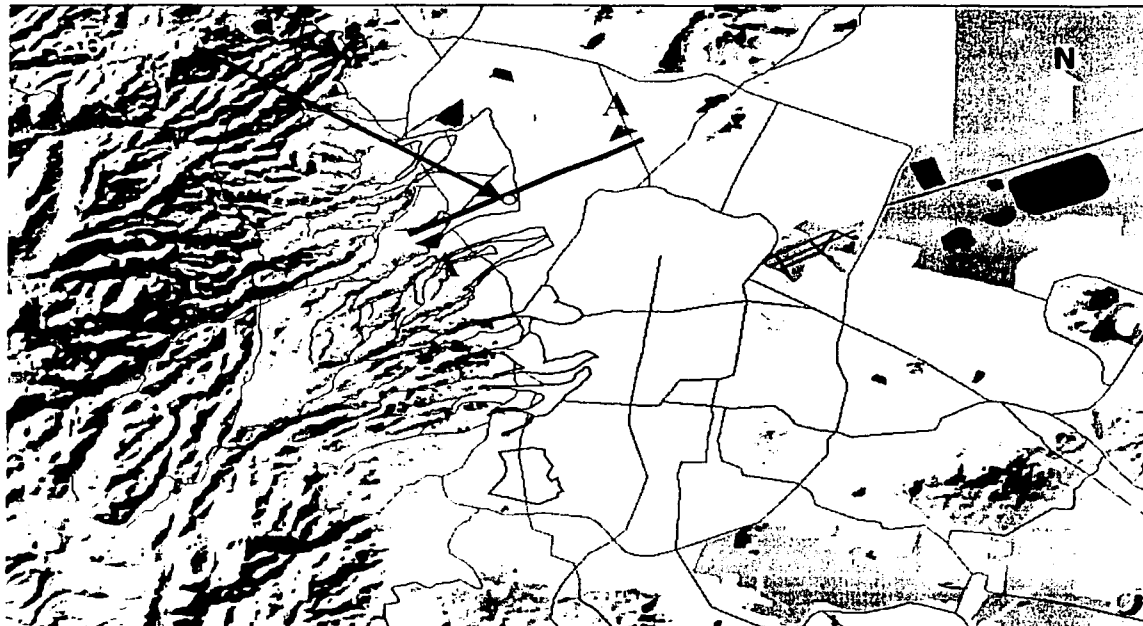
Tiempo después, se hace sentir la presión de la Placa de Cocos en el Valle provocando que el magma encontrará su curso en esta región de frágil corteza e iniciándose una intensa actividad volcánica que dio origen en particular a la Sierra del Chichinautzin. Esta sierra formó una presa natural cerrando el paso de los ríos y dando lugar a la formación de lagos, hace unos 700 mil años. El valle se transformó entonces en la cuenca cerrada tal y como la conocieron sus primeros pobladores, Fig 5.3.



Fig 5.3 Cuenca de México (Cuaternario, 700 mil años)

Finalmente, con el cierre del Valle se inicia la sedimentación y formación de los depósitos lacustres que rellenan o azolvan el antiguo Valle. Estos rellenos o azolves sepultan el fondo de la mayoría de los cauces en sus desembocaduras; y por consiguiente, a los conos o abanicos aluviales (estrato o capa de color café, Fig. 5.4).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

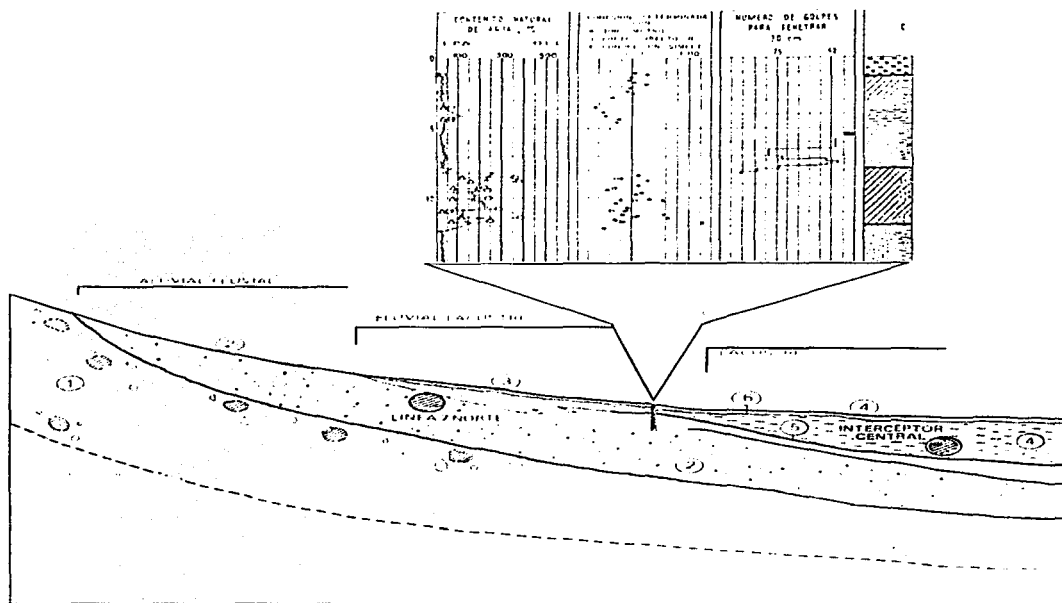


Fig. 5.4 Sección transversal típica de la zona poniente de la ciudad de México

La Cartografía geomorfológica donde se plasman los resultados del análisis geomorfológico se muestra en las Figs 5.5 y 5.6.

En la Fig 5.5, se muestra la superposición en planta de la Zonificación Geotécnica (representada por las líneas de color blanco y magenta de la división clásica de tres zonas) interactuando con la Zonificación Geomorfológica (propuesta por F. Mooser, 1988). Esta Zonificación clasifica el relieve al pie de la Sierra de las Cruces mediante una división en unidades o elementos geomorfológicos tales como: llanuras, terrazas, abanicos o cono aluviales y depósitos palustres.

Nota: Los puntos de color rojo, representan la distribución espacial de los sondeos geotécnicos que se emplearon para la elaboración de secciones transversales como la de la Fig 5.4

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

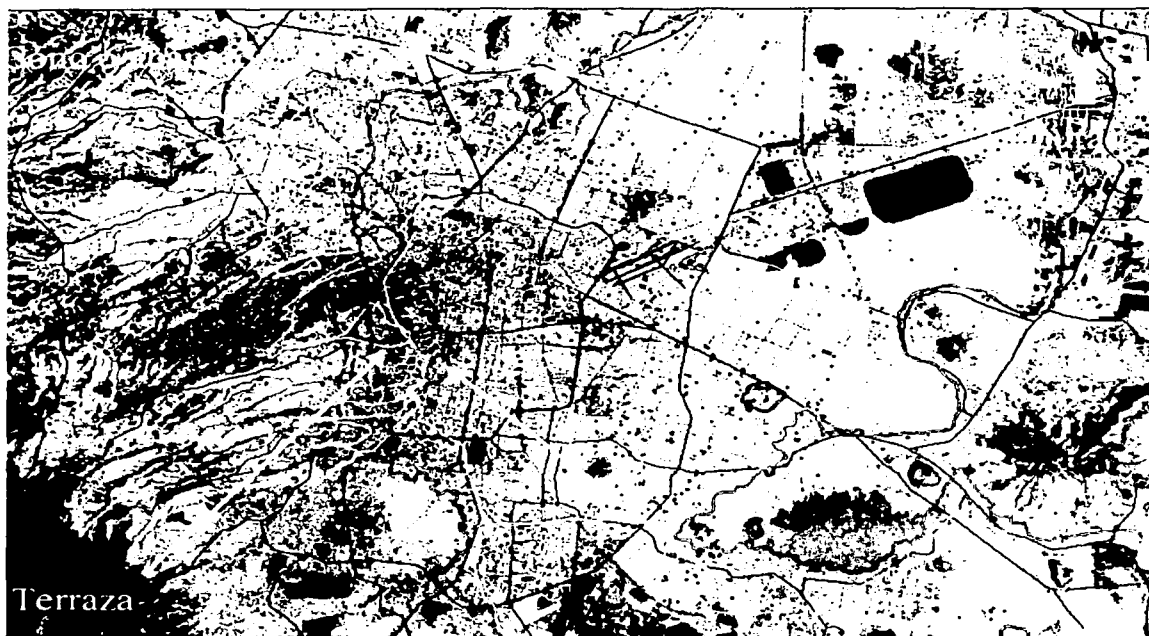


Fig. 5.5 Vista en planta de la zona poniente de la ciudad de México

La Fig. 5.6 (Vista oblicua de la zona poniente de la ciudad de México), muestra la clasificación del relieve al pie de la Sierra de las Cruces, es decir, los elementos geomorfológicos tales como: llanuras, terrazas, abanicos o conos aluviales y depósitos palustres interactuando con la Zonificación Geotécnica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

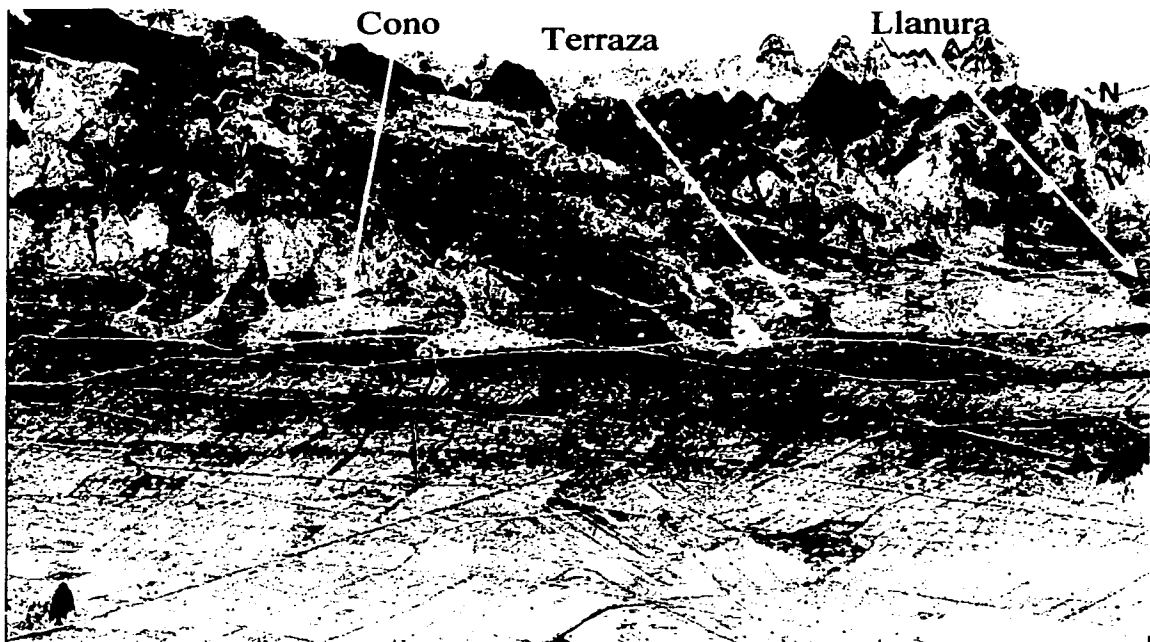


Fig. 5.6 Vista oblicua de la zona poniente de la ciudad de México

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En los diagramas de la figuras 5.8 y 5.9 siguientes, resulta fácil deducir a simple vista que al sumar o integrar las distintas zonas achuradas (como la del ejemplo de aplicación acerca de la descripción de las características y rasgos generales de los rellenos aluviales localizados al pie de la Sierra de las Cruces de la zona poniente de la ciudad de México), nos dan como resultado la zonificación geotécnica, uno de los objetivos y metas del grupo que conforman al Laboratorio de Geoinformática de la Coordinación de Geotecnia del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

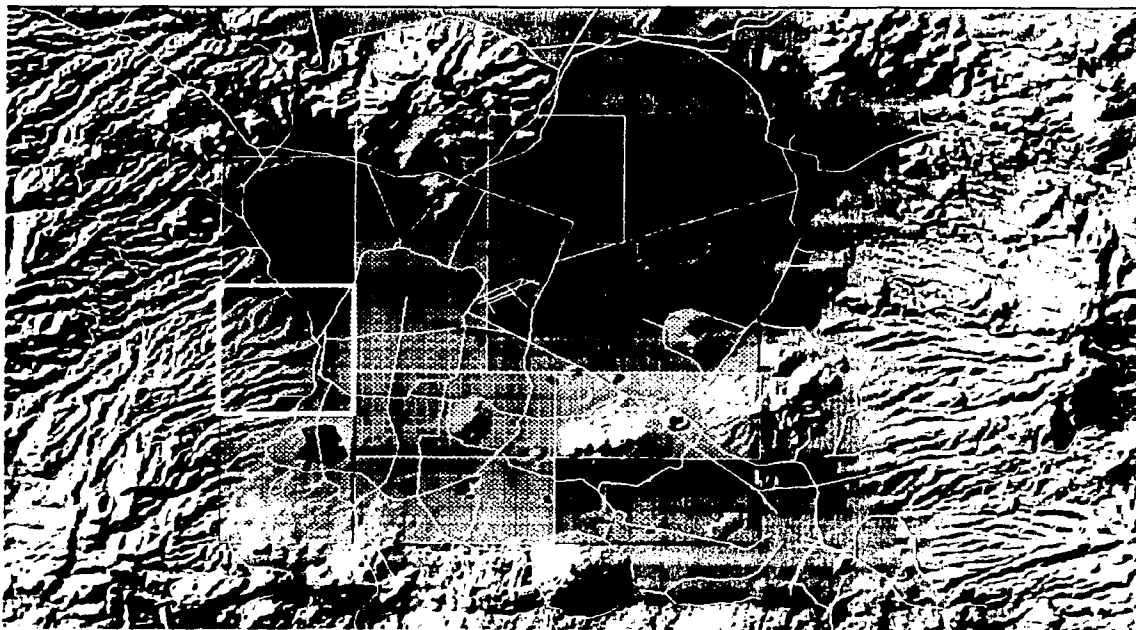


Fig 5.8 Discretización en zonas de la región de estudio

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Zonificación Geotécnica

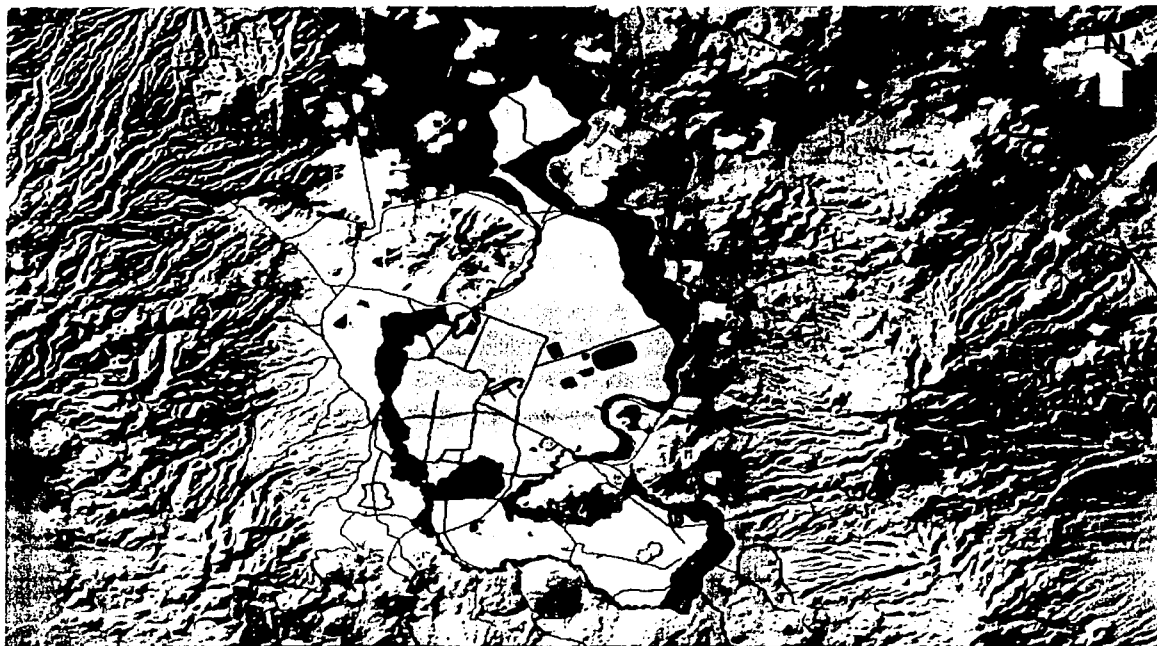


Fig 5.9 Propuesta de Zonificación Geotécnica, 2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6. CONCLUSIONES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A pesar del esfuerzo realizado en el pasado, el estado actual del conocimiento sobre el subsuelo de la Cuenca de México no puede considerarse como satisfactorio y es necesario profundizar en su estudio mediante el análisis de la información disponible, la instrumentación, la observación y el monitoreo permanente de los procesos de fenómenos locales y distantes del entorno natural de la Cuenca de México.

La organización y la disponibilidad de la información tienen un papel más y más importante. La información juega, por otra parte, un papel fundamental en la toma de decisiones. La información tiene un valor y un precio, como cualquier otro recurso. Los que la manejan adecuadamente están en ventaja respecto a los que no la toman en cuenta.

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 tratamiento 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), Percepción Remota (PR) y los Sistemas de Posicionamiento Global (SPG), 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.

El uso de estas tecnologías tiene sus defensores intransigentes y sus acérrimos detractores. Ni unos ni otros tienen la razón absoluta. Ninguna técnica automatizada de informática, ni ningún método matemático, es capaz de sustituir totalmente la experiencia y el poder cognoscitivo de un especialista experimentado. Sin embargo, el empleo de la tecnología computacional y de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), Percepción Remota (PR) y los Sistemas de Posicionamiento Global (SPG), aporta un gran beneficio a las tareas desarrolladas en las investigaciones y a los mismos investigadores.

La mejor estrategia consiste, por tanto, en la aplicación combinada, racional y lógica del trabajo científico de las Tecnologías de Información y de los métodos tradicionales de investigación y, antes de todo, de las observaciones de campo in situ, que complementan la intuición científica y la capacidad profesional de los investigadores con el fin de asimilar la información sobre el espacio físico geográfico.

El objetivo final de los estudios y trabajos sobre la geotecnia de la cuenca y la zonificación de la misma, es poner a la disposición de la comunidad científica y técnica especializada informaciones que contribuyan a evitar ineficiencias, redundancia e incertidumbres en los trabajos preliminares de reconocimiento del subsuelo y que resulten útiles en los programas de exploración y factibilidad para obras públicas y particulares. Con ello se evitará que, por falta de información y conocimiento acerca del alcance y uso de estas nuevas herramientas, algunos estudios resulten redundantes o mal enfocados.

El gran volumen de la información contenida y dispuesta en un medio digital en el Banco de Datos del Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos (SIG-SG), ha probado ser útil en los últimos cinco años y hoy en día constituye un elemento básico que ayuda a complementar y enriquecer el desarrollo de múltiples investigaciones encaminadas a describir la distribución espacial de los materiales del subsuelo (rellenos aluviales; depósitos de suelo, afloramientos rocosos y definición estratigráfica). También, ha tenido implicaciones inmediatas en una decena de proyectos para infraestructura pública y privada que se han emprendido en las coordinaciones de Geotecnia, Sísmica y otras del Instituto de Ingeniería, UNAM, relacionados con el subsuelo de la Cuenca de México.

Los resultados de las aplicaciones muestran que la metodología empleada para el diseño, construcción y puesta en servicio del Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos (SIG-SG), y que se encuentra extensamente descrita en el cuerpo del presente trabajo es lo suficientemente flexible para ser adaptada sin grandes cambios a otras necesidades futuras, algunas previsibles, pero por ahora no incluidas. En el futuro, la metodología podrá extenderse hacia otras disciplinas o áreas de las Ciencias de la Tierra e incluso a otros territorios y ofrecerá un medio práctico para visualizar y explorar de lo regional a local o viceversa.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN****REFERENCIAS**

Auvinet, G., Ovando, E., Méndez, E. y Juárez, M., 1994, "*Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos (SIG-SG)*", Informe interno del Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

Auvinet, G., Juárez, M., Méndez, E., Ovando, E., 1995 "*Sistema de información Geográfica para Sondeos Geotécnicos*", Proceedings, Xth Pan-American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol 1, pp. 312-324, Guadalajara, México.

Méndez, E., 1990, "*Banco Nacional CATSON*". Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, SMMS, pp. 43-45, México.

Méndez, E., 2002, "*Aplicación de la Geoinformática a la Zonificación del Subsuelo de la Cuenca de México*", División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM, México.

Bocco, G., Palacio, J. L. y Valenzuela, C. R., 1991, "*Integración de la Percepción Remota y los Sistemas de Información Geográfica*", Instituto de Geografía, UNAM, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI, 2000, "*Información Geográfica hacia el Tercer Milenio*", Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI, 2000, "*Serie Cartográficas, Nomenclatura*", Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI, 2000, "*Modelos Digitales de Elevación, Generalidades y especificaciones*", Aguascalientes, México.

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

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

Torres, M. J., 2001, "*Herramienta SIG de escritorio para la recuperación, manejo y análisis de datos espaciales*", Instituto Politécnico Nacional, IPN, México.

Cabrales Barajas, Luis Felipe 1998, "*La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al Ordenamiento Territorial*", Universidad de Guadalajara, Guadalajara.

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

- Environmental Systems Research Institute Inc. July 1998, "*ESRI Shapefile Technical Description*", Redlands, California.
- Mooser, F. et al. , 1986, "*Características Geológicas y Geotécnicas del Valle de México*". COVITUR, DDF, Pub. No. 1.
- Mooser, F., 1978, "*Geología del relleno cuaternario de la cuenca de México*", *Memoria, Simposio*, "El subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del valle de México", SMMS, México, D.F.
- Marsal, R. J. y M. Mazari , 1959, "*El subsuelo de la ciudad de México*". Publicado por la UNAM en segunda edición en 1969.
- Jaime, A. y M. P. Romo , 1987 a, "*Características del subsuelo en el sitio Centro Urbano Presidente Juárez*". Informe del I de I, UNAM, al DDF. Proy. 6504, ene.
- Jaime, A., 1988, "*Geotecnia y sismicidad en el Valle de México*". Series del I de I, UNAM, No. D-29, mayo.
- Jaime, A., D. Reséndiz y M. P. Romo, 1989, "*El subsuelo del Valle de México: Propiedades dinámicas y zonificación*". Revista Ingeniería de la FI, UNAM, Vol. LVIII, No. 2, junio.
- Ovando, E., L. Vieitez y Ma. T. Jurado , 1988, "*Características geotécnicas del Valle de México*". Capítulo III, de los Estudios sobre sismicidad en el Valle de México, DDF.
- Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, 1976, "*El subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del valle de México*", memoria del simposio celebrado el 10 de marzo de 1978, México.
- Departamento del Distrito Federal, Secretaría General de Obras, 1988, "*Manual de Exploración Geotécnica*", México , D.F.
- Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V., 1946 a 1956, *Ediciones sobre el subsuelo de la Ciudad de México, el hundimiento y comportamiento de edificios*, México
- Comisión Federal de Electricidad, 1988, "*Estudios geofísicos del valle de México*", México, D.F.
- Reséndiz, D., J. A. Nieto y J. Figueroa, 1967, "*The elastic properties of saturated clays from field and laboratory measurements*". Memorias del 3er COPAMIF.
- Bowles, J. E., 1970, "*Engineering properties of soils*", 3a Ed, New York: Mac-Graw Hill.

PAGINACIÓN

DISCONTINUA

ANEXOS

ANEXO A GLOSARIO DE MECÁNICA DE SUELOS

- *Sondeo continuo.* Aquél en que se utiliza un solo procedimiento de exploración y muestreo en toda su longitud.
- *Sondeo mixto.* Aquél en donde se alternan dos o mas procedimientos de exploración y muestreo.
- *Exploración directa.* Como su nombre lo indica, son aquellas en las que el hombre entra en contacto con el suelo, tal y como se encuentra en la naturaleza. Consiste en observaciones, mediciones y obtención de muestras de suelo, hechas directamente por el hombre en laderas naturales, cortes y excavaciones a cielo abierto, y desde el interior de pozos o perforaciones de diámetro o lado superiores a unos 70 cm.
- *Exploración semi-directa.* En ella el hombre adquiere un conocimiento parcial del suelo, a través de muestras extraídas del mismo que han perdido, en mayor o menor grado, su estructura o composición natural. En general, se basan en la ejecución de sondeos de diámetro inferior a unos 20 cm, en los cuales son obtenidas las muestras de suelo usando herramientas especiales llamadas muestreadores. Las muestras de suelo son normalmente clasificadas en campo y enviadas al laboratorio para su posterior ensaye.
- *Exploración indirecta.* No se extraen muestras del subsuelo, si no que sus características se infieren a partir del valor y variación de alguna magnitud física medida *in_situ*, como puede ser la resistencia al hincado o penetración de una herramienta. Estas pruebas de campo pueden hacerse en sondeos semejantes a los de la exploración semi-directa. Se incluyen en esta categoría, los métodos geofísicos desde la superficie o en el interior de los sondeos. Para fines de estudios, es frecuente que este tipo de exploración se combine con algún otro procedimiento semi-directo o directo.
- *Muestreo inalterado.* Aquél de mayor calidad, que permite preservar lo más posible la composición y estructura originales del suelo.
- *Muestreo alterado.* Cuando no se preserva la estructura original del suelo. Cuando sí se preserva la composición del suelo se dice que es representativo; en caso contrario, es no representativo.
- *tubo Shelby.* Tubo de pared delgada usado para obtener muestras inalteradas de suelos cohesivos, biselado e hincado a presión cuando la consistencia es muy blanda a media; dentado y accionado a rotación cuando la consistencia es firme a dura.

- *Barril Denison*. Tubo equipado en su extremo inferior con una broca de carburo de tungsteno o similar, accionado a rotación para recuperar muestras inalteradas en suelos cohesivos de consistencia firme a dura.
- *Penetración estándar*. Prueba en la que a la vez se obtienen muestras alteradas del suelo, y se mide su resistencia al hincado del tubo muestreador. Las especificaciones de esta prueba se remiten a la norma ASTM-D1586.
- *Penetración dinámica*. Comprende a todas las pruebas semejantes a la penetración estándar, pero en las que se ha modificado alguna de las especificaciones de ésta. También caen en esta categoría las pruebas en las que se mide la resistencia del suelo al hincado a golpes de un cono de acero, sin obtención de muestras.
- *Pozo a cielo abierto*. Excavación hecha para explorar el subsuelo. En ella se suelen obtener manualmente muestras inalteradas en la forma de cubos labrados, y muestras alteradas representativas. En ocasiones se efectúan pruebas de campo en el fondo, o paredes de los pozos.
- *Cono eléctrico*. Consiste en el hincado en el suelo de un cono de acero a velocidad mas o menos constante, midiendo en forma continua la presión requerida para ello, mediante un dispositivo electrónico instalado inmediatamente sobre el cono. No permite la extracción de muestras.
- *Obtención de núcleos de roca*. A base de barriles o tubos equipados con brocas de diamante o carburo de tungsteno en su extremo inferior, accionados a rotación.

ANEXO B GLOSARIO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

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

NOTA: 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

- **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.
- **Algoritmo.**- Secuencia explícita y finita de operaciones que conduce a la solución de un problema, aplicado a los SIG suele tratarse de un conjunto de operaciones de álgebra de mapas y/o sobre bases de datos que permiten obtener un resultado mediante combinación de información espacial y alfanumérica.
- **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.
- **Anillo.**- Estructura formada por un conjunto ordenado de líneas que se cierra sobre sí mismo sin cruces ni solapamientos, un anillo define una superficie poligonal y puede estar formado por una única línea o por varias unidas secuencialmente; en cualquier caso, los nodos iniciales y finales de un anillo coinciden y queda definida la propiedad topológica de interioridad (dentro/fuera).
- **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.

- Azimut o Acimut.- Angulo formado entre una línea y un meridiano normalmente nos referimos con este término a la orientación geográfica; en este caso, la primera línea sería la proyección sobre el plano XY del vector perpendicular al terreno en el punto problema; también se puede definir como el ángulo entre la dirección norte y la dirección al objeto (girando como las manecillas del reloj).

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 relacional.- Son un caso concreto en el que la información se organiza en relaciones (llamadas "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.

C

- Cad/Cam (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) Diseño/Manufactura auxiliados por computadora.

- Canevá.- 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.

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

- Cartografía.- Ciencia y arte de hacer mapas y cartas.

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

- 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 el punto de observación se supone sobre la superficie de la Tierra; punto donde la vertical toca la esfera celeste, exactamente arriba.

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

- **Compresión.**- Técnica de reducción del número de bits necesario para almacenar o transmitir una información concreta existen técnicas de compresión sin pérdida de la información original (por ejemplo, GIF en la compresión de imágenes digitales) o con pérdida controlada de información (por ejemplo, JPG en el mismo caso).
- **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 Geográficas.**- Un sistema de coordenadas curvas definido sobre el elipsoide de referencia. Se expresan como Longitud (*long*), Latitud (*lat*) y Altura (*h*) donde la *long* y la *lat* son medidas angulares desde el meridiano origen y el ecuador respectivamente; *h* es la altura sobre el elipsoide de referencia.
- **Cota.**- Altitud asociada a un punto habitualmente, un mapa de elevaciones está formado por curvas de nivel o isohipsas y por puntos acotados.

D

- **Dato.**- Hecho verificable sobre la realidad un dato puede ser una medida, una ecuación o cualquier tipo de información que pueda ser verificada.
- **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.
- **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

- **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.
- **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.

- 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 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.
- Estereoscopio.- Aparato que produce el efecto de profundidad (tres dimensiones) al observar con el dos fotografías del mismo objeto (estéreo par) tomadas desde puntos ligeramente separados.
- 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.
- Fiducial (Marca).- Marca en los límites de las fotografías aéreas hechas en el momento de la exposición por la cámara que sirven para encontrar el punto central de la fotografía.
- 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:

$$\begin{matrix} -1 & 0 & -1 \\ 0 & 4 & 0 \\ -1 & 0 & -1 \end{matrix}$$

- Fotografía aérea.- Usualmente fotografía de formato grande tomada desde un avión con cámaras especiales que registran en los 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

- Geocodificar.- Asignar una ubicación geográfica a los objetos.

- 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.

- 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. Es toda componente física involucrada en el funcionamiento de equipo informático.

- Hipsometría.- Altimetría.

I

- 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.

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

- 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.

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

-Intervisibilidad.- Propiedad de dos puntos en los que el vector que los une no está interrumpido por la superficie topográfica el punto origen del vector se denomina foco o punto de vista; el vector entre el foco y el punto objetivo se denomina línea visual.

-Isla.- Polígono dentro de otro, agujero (island, hole).

-Isopleta.- Curva que une puntos de igual valor en altimetría, isopleta es equivalente a curva de nivel o isohipsa.

- Item.- (Párrafo) Objeto, elemento de una base de datos.

L

- Label.- Etiqueta.

- Landsat.- Satélite artificial (EEUU) que recoge, registra y transmite imágenes digitales de la Tierra. Tiene un sistema de escaneo multispectral (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 (por ejemplo, vegetación).

- Línea.- 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.

- Link.- (Eslabón) Es una cadena. Segmento entre dos nodos sucesivos.

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

M

- 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 analógico.- Mapa en papel u otro material similar.
- Mapa base.- Mapa de referencia sobre el que se ubica la nueva información geográfica.
- 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 Índice.- Mapa de referencia que representa el entorno del área estudiada e identifica los mapas componentes o los mapas adyacentes.
- Mapa Temático.- 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.
- Medios tonos.- Técnica para representar una imagen continua por medio de líneas o puntos discretos.
- Meridiano.- Círculo máximo perpendicular al plano del ecuador.
- Metadatos.- Información sobre las características de un conjunto de datos típicamente, los metadatos incluyen información anexa al cuerpo de datos principal (por ejemplo, un modelo digital de elevaciones) sobre extensión geográfica, estadísticas, autoría, metodología, calidad de la información, etc.

- **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 Icónico.**- Modelo construido como una copia morfológica del objeto real; por ejemplo, una maqueta.
- **Modelo de color.**- Esquema utilizado para definir los colores sin ambigüedad RGB: modelo de color en el que los colores se definen según la cantidad utilizada de los colores rojo (red), verde (green) y azul (blue) CMYK: modelo de color en el que los colores se definen según la cantidad utilizada de los colores cian (cyan), magenta (magenta), amarillo (yellow) y negro (black).
- **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).
- **Modo puntual.**- Digitalización en la que el operador incorpora explícitamente cada uno de los puntos.
- **Multiespectral.**- Que tiene o emplea dos o más bandas espectrales.

N

- **NAD.**-(North American Datum) Datum Norteamericano (es el que se usa en México).
- **Node.**- Nodo.
- **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.
- **Ortogonal.**- Perpendicular, se aplica también a variables que son mutuamente independientes en el sentido estadístico (no correlacionadas).
- **Ortofoto.**- Fotografía aérea modificada geométricamente 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.

- Ortofotografía.- Fotografía área o mosaico en la que se han quitado las distorsiones producidas por la inclinación y el relieve del terreno.

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.

- Par estereoscópico.- Conjunto de dos imágenes del mismo lugar tomadas desde diferentes puntos de vista, las imágenes pueden ser analógicas o digitales; los pares estereoscópicos se utilizan en fotogrametría para restituir el relieve.

- 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.

- Percepción 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.

- Planimetría.- La representación de la posición horizontal.

- Plataforma.- Genéricamente, cualquier medio de transporte que lleva un sensor o instrumento de medida.

- Polígono.- Representación de rasgos lineales por una cadena de segmentos rectos.

- Polígono de Thiessen.- Método de división del plano en polígonos que utiliza como criterio la distancia mínima a un conjunto de puntos previo dado un conjunto de n puntos origen, la división del plano genera un polígono alrededor de cada uno de ellos; cada polígono representa el lugar geométrico de los puntos del plano más cercanos al punto interior original; una línea frontera entre dos polígonos representa el lugar geométrico de los puntos del plano equidistantes a los puntos origen respectivos es sinónimo de polígonos de Voronoi y de teselación de Dirichlet.

- Procesamiento de datos.- Las operaciones realizadas en los datos por la computadora.

- **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.

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.

- **Rectificaciones.**- Conjunto de técnicas empleadas para eliminar deformaciones o errores en aerofotografías, imágenes de satélite o mapas.

- **Reflectancia.**- Razón entre la radiación recibida y la reflejada por un objeto.

- **Región.**- Área continua con alguna característica uniforme. Polígono.

- **Remote Sensing.**- Percepción remota.

- **Resolución.**- Distancia mínima entre dos objetos que puede ser distinguida por un sensor.

- **RGB .**-(Red, Green, Blue) Rojo, Verde y azul. Monitor de color.

S

- **Símbolo.**- Representación gráfica de una entidad geográfica. Las clases de símbolos son líneas y polígonos (áreas).

- **Sistema.**- Es un conjunto de elementos o subsistemas interrelacionados entre sí 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 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.

- Spot.- (Satélite Probatorio pour l'Observation de la Terre) Satélite de percepción remota Francés.

T

- Tabla.- Objeto constituido por registros en una base de datos relacional.

- Teledetección.- Proceso de captura de información a distancia, sin contacto entre el aparato de medida y el objeto se aplica habitualmente en un sentido más restringido a las imágenes o datos captados mediante sensores transportados por aviones o satélites; es común la extensión del concepto al análisis y la interpretación de la información, y no sólo a su captura.

- Tesela.- Cada unidad elemental del modelo de datos raster puede considerarse sinónimo de celda, aunque esta última denominación suele reservarse para las teselas rectangulares.

- Tics.- Puntos de control. Puntos de ubicación conocida usados para definir la transformación de un sistema de referencia o proyección a otro.

- 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).

- Topografía.- 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.

- Torsión.- Se dice cuando los ejes coordenados no son perfectamente ortogonales.

- **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 afín: 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.
- **Transformación de Datum.**- Procedimiento computacional para convertir las coordenadas de un punto del sistema definido con un datum al sistema definido con otro.
- **Transformación Geométrica.**- Georeferenciar una imagen digital.
- **Transformación Lineal.**- Escalamiento, rotación, reflexión, traslación etc.

U

- **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).