



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ciencias y Sistemas**

**SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA,
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SU UTILIZACIÓN EN GUATEMALA**

**Lorna del Rosario Ochoa López
Asesorado por: Inga. Zulma Karina Aguirre Ordóñez**

Guatemala, octubre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA,
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SU UTILIZACIÓN EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

**LORNA DEL ROSARIO OCHOA LÓPEZ
ASESORADA POR INGA. ZULMA KARINA AGUIRRE ORDÓÑEZ**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Ricardo Alfredo Girón Solórzano
EXAMINADOR	Ing. Manuel Fernando López Fernández
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Fernández Cáceres
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SU UTILIZACIÓN EN GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ciencias y Sistemas con fecha 17 de febrero de 2001.

Lorna del Rosario Ochoa López

AGRADECIMIENTOS

- A Dios mi creador, por haberme ayudado durante toda mi vida y por darme la fortaleza cada día de la duración de la carrera, por permitir la finalización de este trabajo de graduación.
- A la Inga. Zulma Aguirre por su apoyo, amistad y dedicación en el asesoramiento de este trabajo de graduación.
- A mi familia, por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida.
- A Juan Carlos Morales amor de mi vida, por su amor, su dedicación y paciencia a lo largo de todo este tiempo.
- Al Ing Marcos Sutuc, Jefe del departamento de Cartografía del Instituto Nacional Geográfico, por su colaboración y revisión de este informe, así como al señor Jorge Cárcamo, por su tiempo y paciencia.
- Al todo el personal del Instituto Nacional Geográfico, por la información proporcionada y la ayuda brindada durante la realización de este informe.

- Al Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH, en especial al Ing. Oscar Porras.

- A la Unidad de Sistemas de Información Geográfica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial al señor Guillermo Santos.

- A Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora para la Reducción de Desastres CONRED, en especial al Ing. Otto Galicia y muy especialmente al Ing. Eddy Pineda, por el tiempo dedicado y la ayuda proporcionada para mejorar la información .

- A todo el personal del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) por la oportunidad de desarrollar la parte práctica del trabajo de graduación, especialmente a: Ing. Lorena García y al grupo de trabajo.

- A la familia Morales Dávila, por aceptarme en su hogar, por darme la confianza y el amor que me han brindado hasta el momento y por hacerme sentir como parte de la familia, muy especialmente a Doña Miriam de Morales.

DEDICATORIA

- A Dios todopoderoso por permitirme disfrutar de lo hermoso que es la vida, por darme la fortaleza diaria de seguir adelante y por poner en el camino a todas esas personas que han sido y siguen siendo parte de mi vida.
- A mis abuelos Jesús López (QEPD), Josefa Mayén y aquellos a quienes no pude conocer.
- A mis padres José Ochoa y Marina López, mis hermanas Mónica y Johanna, que con paciencia y amor me brindaron todo su apoyo incondicional.
- A Juan Carlos Morales Dávila, por su ayuda a lo largo de mi carrera, por su cariño incondicional, por sus consejos, por sus cuidados, por todo lo que hace por mí. Con mucho amor.
- A mis compañeros y amigos de la USAC.
- A mis catedráticos universitarios y maestros, en especial a Marta Esther Marroquín de Alarcón (Esc. Nac. María Cristina Bennet de R), Claudia Paniagua (INBC), Ing. Ricardo Girón (USAC). Todos son un ejemplo a seguir, por sus cualidades humanas y profesionales.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. SIG, DESCRIPCION GENERAL	1
1.1 Historia de los SIG	4
1.2 Definición	6
1.3 Componentes de un SIG	7
1.3.1 Equipo	9
1.3.2 Base de datos	10
1.3.2.1 Diccionario de datos	11
1.3.2.2 Datos Geográficos e información geográfica	13
1.3.2.3 Bases de datos geográficas	14
1.3.2.3.1 Estructuras de datos tipo raster	15
1.3.2.3.2 Estructuras de datos tipo vectorial	17
1.3.3 Usuarios	19
1.4 Medios de obtención de información	21
1.4.1 Fotografía aérea	22
1.4.1.1 Fotografía aérea de perspectiva	23
1.4.1.2 Vertical	23
1.4.2 Imágenes de satélites	24
1.4.3 Mapas	27

1.4.3.1	Mapas topográficos	28
1.4.3.2	Mapas temáticos	29
1.4.4	Modelo digital del terreno (MTD)	30
1.4.4.1	Modelos icónicos	31
1.4.4.2	Modelos análogos	31
1.4.4.3	Modelos simbólicos	31
1.4.4.4	Modelos digitales	32
1.4.5	GPS (sistema de posicionamiento global)	34
1.4.6	Redes geodésicas	35
1.4.7	Catastros	36
1.5	Sistemas de coordenadas	37
1.5.1	Sistema UTM	37
1.5.2	Sistema de coordenadas geográficas	41\8

2. APLICACIONES PRINCIPALES **41**

2.1	Aplicaciones y servicios	41
2.1.1	Planificación de recursos	41
2.1.1.1	Arqueología	42
2.1.1.2	Catastro	44
2.1.1.3	Cartografía	46
2.1.1.4	Redes de infraestructura	47
2.1.1.5	Urbanismo	47
2.1.1.6	Análisis de fenómenos sociales	48
2.1.1.7	Gobierno y municipalidades	49
2.1.1.8	Geología	50
2.1.2	Aplicaciones ambientales	51
2.1.2.1	Evaluaciones de impacto ambiental	52
2.1.2.2	Diagnostico y monitoreo de recursos	53

2.1.2.3	Análisis multitemporales	53
2.1.2.4	Espacios forestales y/o protegidos	54
2.1.2.5	Estudio de cuencas	55
2.1.3	Utilización del suelo	56
2.1.3.1	Cobertura del suelo	56
2.1.3.2	Uso potencial del suelo	57
2.1.4	<i>Geomarketing</i>	58
2.2	Servicios que proporciona	59
2.2.1	Mapas	59
2.2.2	Bases de datos geográficas	61
2.2.3	Servicios de Salud	61
3.	HISTORIA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN GUATEMALA	63
3.1	Trabajos de cartografía en Guatemala	66
4.	PASOS PARA LA UTILIZACIÓN DE UN SIG EN GUATEMALA	69
4.1	Creación del Instituto Geográfico Nacional de Guatemala	69
4.2	Proyectos iniciales	70
4.3	Proceso de desarrollo de un SIG	72
4.3.1	Red geodésica nacional	73
4.3.2	Actualización de información geográfica	75
4.3.2.1	Plan de vuelo y fotografías aéreas	76
4.3.2.2	Identificación de cambios (actualización)	77
4.3.2.3	Grabado	80
4.4	Sistema Nacional de Información Geográfica (SNIG)	81

5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SIG EN GUATEMALA	85
5.1 Casos específicos	85
5.1.1 IGN (Instituto Geográfico Nacional)	86
5.1.1.1 Ventajas	86
5.1.1.2 Desventajas	87
5.1.2 Conred (Comisión Nacional para la Reducción de Desastres)	88
5.1.2.1 Ventajas	90
5.1.2.2 Desventajas	92
5.1.3 Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA)	93
5.1.3.1 Ventajas	94
5.1.3.2 Desventajas	96
5.1.4 INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología)	97
5.1.4.1 Ventajas	98
5.1.4.2 Desventajas	100
5.1.5 Facultad de Agronomía (Unidad de Sistemas de Información Geográfica USIG)	102
5.1.5.1 Ventajas	103
5.1.5.2 Desventajas	104
5.1.6 Unidad Técnica Jurídica (UTJ PROTIERRA)	106
5.1.6.1 Ventajas	106
5.1.6.2 Desventajas	107
5.2 Nivel General	107
5.2.1 Ventajas	107
5.2.2 Desventajas	108

CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
BIBLIOGRAFÍA	117
ANEXOS	121
APÉNDICES	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Combinación de capas	2
2. Representación de la información en un SIG	7
3. Componentes de un SIG	8
4. Equipo utilizado con un SIG	10
5. Ejemplo de una imagen tipo Raster	16
6. Ejemplo de datos vectoriales	18
7. Fotografía de perspectiva u oblicua	23
8. Fotografía vertical	24
9. Fotografía de satélite	25
10. Resolución espacial de algunas imágenes de satélite	26
11. Mapa topográfico, escala 1:50,000	29
12. Sistema de coordenadas UTM	38
13. Sistema de coordenadas geográficas	39
14. Mapa arqueológico de Guatemala	44
15. Mapa de catastro urbano	45
16. Porciones del mapa geológico de Guatemala	51
17. <i>World Wide Earthquake locator</i> (localizador mundial de terremotos)	60
18. Mapa elemental de la República de Guatemala	65
19. Sistema geodésico nacional	74
20. Fotografía aérea utilizada para actualización de información	76
21. Proceso de actualización de hojas	78
22. Resultados del proceso de actualización	80

23. Hojas a escala 1:50,000 para el mapa de Guatemala	82
24. Ampliación del conjunto de hojas que cubren la región central	83
25. Símbolos de objetos hechos por el hombre, dibujados en negro	121
26. Detalles orográficos (montañas) dibujados en café	122
27. Referencias hidrográficas, dibujados en azul	122
28. Referencia de vegetación, dibujados en verde	123
29. Características de los generadores de imágenes para los sensores remotos	134
30. Ubicación de Comitancillo, hoja num.. 1861-II	140
31. Curvas de nivel en formato Raster, parte de la hoja No. 1861-II	141
32. Introducir puntos de control para georreferenciar la información	142
33. Cuadrante en el que se encuentra ubicado nuestro país	143
34. Proceso de vectorización	143
35. Ejemplo de creación de líneas vector	145
36. Ejemplo de agregar y mover puntos en líneas vector	145
37. Finalización de vectorizar la imagen raster	147
38. Asignación de valores a las curvas vectorizadas	148
39. Proceso de valorizar curvas	149
40. Vista en Arcview® de las curvas de nivel	150
41. Modelo de elevación para la hoja Comitancillo No. 1861 II	151
42. Modelo digital de elevación para la hoja Comitancillo No. 1861 II	153
43. Datos generados y utilizados en Arcview®	154

TABLAS

I. Elipsoides más utilizados y fecha de establecimiento	137
---	-----

GLOSARIO

Agrimensura	Técnica que se utiliza para realizar mediciones de la superficie de las tierras
Escala	Relación que existe en la distancia entre dos puntos en un mapa y la distancia real de esos dos puntos en la superficie terrestre.
Geodesia	Ciencia matemática que ayuda a determinar la forma y dimensiones de la tierra
Geomorfología	Es el estudio científico de la forma del terreno y de los paisajes
Georreferenciado(a)	Se llama así al conjunto de datos que contiene en forma explícita su ubicación sobre la superficie terrestre, expresada en coordenadas de acuerdo a un modelo geodésico y una proyección dada.
Hardware	Equipo de cómputo que sirve para almacenamiento y tratamiento de información así como para la utilización de programas de computadoras.

Ortogonal	Cuando se habla de fotografías ortogonales, se refiere a fotografías tomadas perpendicularmente a la superficie de la tierra.
Par Estereoscópico	Dos imágenes del mismo lugar tomadas desde el mismo punto de vista. Estas son utilizadas para crear la tercera dimensión de la misma forma como lo hacen los ojos humanos.
Peligrosidad	Probabilidad de la ocurrencia temporal y espacial de un fenómeno considerado como amenaza.
Proyección	Es un proceso que permite representar la información de la tierra, la cual esta en coordenadas esféricas a un plano con coordenadas cartesianas (x, y).
Software	Todos los programas (conjunto de instrucciones) de computadoras que permiten hacer uso de toda la funcionalidad del equipo.
Toponimia	Conjunto de nombres geográficos reconocidos como validos. Todos los nombres propios de lugares que aparecen en los mapas.

RESUMEN

Desde los años 60, se empezaron a utilizar medios más eficaces para el tratamiento de la información geográfica. Esta información podía ser solamente mapas que mostraban detalles descriptivos de las regiones representadas.

Desde entonces se han empleado métodos sofisticados tanto para la recolección de la información, como para su tratamiento y presentación. Con el continuo avance en los medios de comunicación, se ha visto gran aumento de las aplicaciones para las cuales los sistemas de información geográfica son de mucha utilidad.

Los SIG iniciaron para solucionar las necesidades de: conocer la situación del territorio, para poder planificar posibles áreas a poblar, organizar los suelos útiles para la agricultura, etc. era necesario hacer un inventario de la situación de los suelos. Al tratar de resolver estas necesidades se ha llegado a contar con un conjunto de información de las características del territorio. A ésta con el tiempo se le han encontrado muchas aplicaciones.

A pesar de todos estos adelantos, la tecnología no avanza igualmente para todos los países, prueba de ello es nuestra situación actual en donde se empiezan a utilizar los servicios de sistemas de información geográfica.

Se tiene un largo camino por recorrer en la utilización de sistemas de información geográfica y muchas aplicaciones sustanciales por encontrar en los mismos. Aunque el reunir la información para estos sistemas, en ocasiones es muy laborioso y requiere de mucho empeño, los resultados compensan valen el esfuerzo que se invierte.

OBJETIVOS

- **General**

- Describir las ventajas y desventajas que presenta la utilización de los SIG en nuestro país.

- **Específicos**

1. Describir un marco general en donde se incluya qué son, cómo funcionan y de qué elementos se componen los Sistemas de Información Geográfica.
2. Describir las diferentes aplicaciones que se conocen y qué servicios puede proporcionar un SIG.
3. Mencionar cómo empezaron los sistemas de información geográfica, dando a conocer un poco de la historia de estos en nuestro país.
4. Describir el proceso de desarrollo de un SIG, cómo es realizado en el Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, presentando de forma general los pasos que se siguen y la experiencia al realizar estos sistemas.

5. Describir la funcionalidad y complicaciones que proporciona un SIG durante su desarrollo y utilización para algunas de las instituciones que se han involucrado con la información geográfica en nuestro país.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información geográfica o SIG como son conocidos, son herramientas que proporcionan muchos servicios una vez que estos cuenten con la información necesaria. Esencialmente un SIG permite almacenar datos característicos del territorio, procesarlos, visualizarlos y utilizarlos en muchas aplicaciones.

Para la construcción de un SIG deben estar claramente establecidos los objetivos que se desean alcanzar, debe ser una construcción planificada y en donde los recursos disponibles deben ser bien aprovechados.

Los elementos que componen un SIG varían en pocos términos, generalmente en los procesos de recolección de información, que siendo los mismos procesos, en ocasiones deben obtenerse de otros medios. Otro elemento distintivo es el tratamiento que reciben los datos de acuerdo a las necesidades que se desean cubrir, pueden utilizarse diferentes paquetes de *software* para obtener resultados, al final el producto debe contar con fiabilidad y calidad que se desean.

Los servicios que proporciona un SIG son muchos y muy variados, la cantidad y la calidad de los datos que poseen establecen una marcada diferencia para algunos de estos servicios, mientras que en otros casos los servicios no necesitan mucho detalle de información.

Desde que iniciaron los sistemas informáticos para tratamiento de información geográfica, muchos países han emprendido proyectos para consolidar la información que a lo largo de los años han logrado reunir. Existen actualmente muchas empresas comerciales que proporcionan servicios derivados de un SIG, entre los se puede enumerar información de carreteras asfaltadas en una región de interés, edificaciones, utilización de suelos, hidrografía y masas de agua, aspectos topográficos del terreno, entre otros.

Además la información proporcionada por un SIG, es utilizada en muchas ocasiones para: planificar, realizar análisis temporales, determinar la erosión del suelo a lo largo de un período en particular, catastro, ubicación de clientes potenciales y otras características que puedan obtenerse de una región; estas aplicaciones son muchas veces la razón para crear un SIG.

En el capítulo 3, se habla un poco de cómo empezaron los primeros mapas en nuestro país, se mencionan hechos de nuestra historia, enumerando en orden cronológico, el apareamiento de éstos. Se termina este capítulo mencionando algunas de las instituciones que continuaron con diversos trabajos para la realización de mapas

En el capítulo 4, se describe los proyectos en los que se empezó a trabajar para lograr información cartográfica base. También se describe el proceso realizado por este Instituto Geográfico Nacional en la creación de mapas, los procesos van desde la recopilación de la información hasta la creación de nuevos mapas o la actualización de algunos ya existentes.

Actualmente en nuestro país las instituciones que desarrollan proyectos de SIG, se encuentran trabajando en conjunto con el Instituto Geográfico Nacional, para lograr en un período razonable, la construcción del sistema nacional de información geográfica de Guatemala. Este contiene varias capas de información del territorio nacional; esta información no solo debe construirse si no también debe mantenerse en continua actualización, debido a que los fenómenos geográficos cambian constantemente.

El capítulo 5 tiene por objetivo presentar algunas de las instituciones guatemaltecas que utilizan de alguna forma información geográfica digitalizada, presentando cómo la utilizan, qué ventajas y desventajas se obtienen de ésta.

Para finalizar, en el apéndice se incluye la experiencia de llevar a la práctica, alguno de estos conceptos, se explica el proceso de conversión de datos raster a datos vectoriales y se muestran figuras de los resultados hasta llegar a un modelo digital de elevaciones.

1. SIG, DESCRIPCIÓN GENERAL

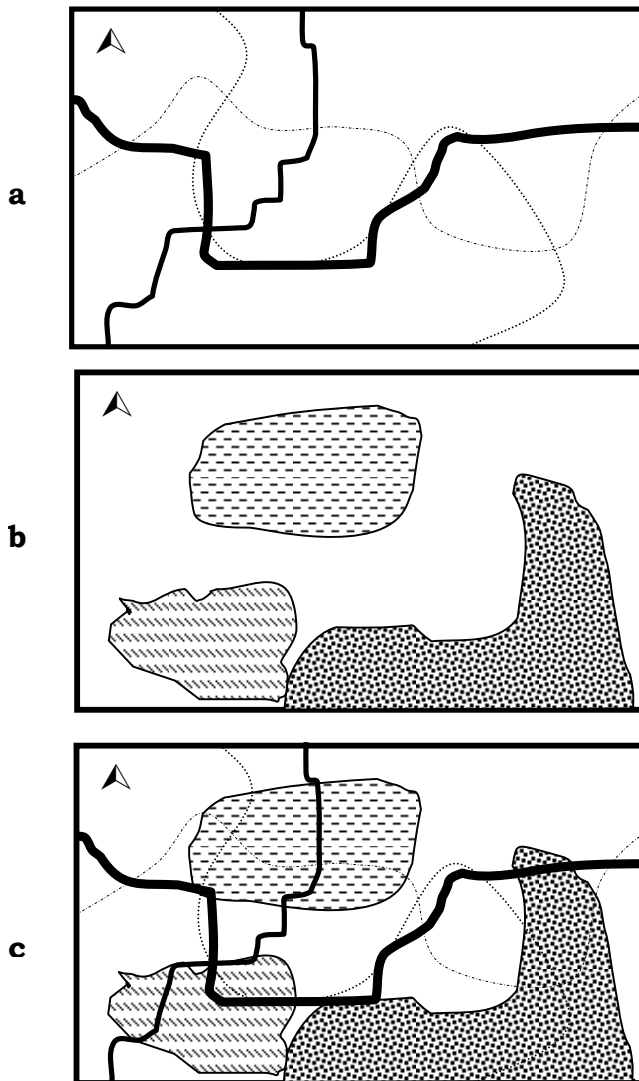
Un sistema de información geográfica (SIG o *GIS* por sus iniciales en inglés *Geographical Information System*), es una herramienta que permite visualizar en forma gráfica objetos a los que se les puede aplicar algún tipo de medición y cuya información descriptiva se almacena en bases de datos geográficas. En otras palabras, un sistema de información geográfico, representa en forma visual los datos cuantitativos y descriptivos contenidos en él.

Un SIG implica el almacenamiento, análisis, manipulación así como representación de la información geográfica. Estas herramientas proporcionan más información de lo que pueden hacerlo un conjunto de mapas diferentes sobre una misma región. El funcionamiento de estos sistemas es simple, de acuerdo a varios usuarios, la parte más laboriosa en la construcción es la recolección de información, ya que deben coordinarse varias actividades para su captura y tratamiento, además se deben establecer lineamientos y estándares para su almacenamiento.

La visualización y representación de la información de un SIG funciona de forma similar a la utilización de varias transparencias de mapas temáticos¹, cada transparencia con un tema de información diferente sobre el mismo territorio.

¹ En la sección de mapas se indica cuales son los mapas temáticos

Figura 1. Combinación de 2 Capas de información a) capa de carreteras. b) capa de tipos de suelo c) combinación de ambas capas



En otras palabras, se puede pensar en tener un mapa de la información de carreteras y caminos de un lugar, otro mapa de tipo de suelo del mismo lugar, al ponerlos juntos tenemos un mapa de carreteras, caminos y tipos de suelo.

La calidad de los resultados que se obtengan de un Sistema de Información Geográfica, dependerá de lo bueno que sean los datos almacenados en él, mientras más detallada sea la información que proporciona un SIG, permitirá realizar mejores análisis y facilitará la toma de decisiones. Para un Sistema de Información Geográfica se cumple el dicho, “si se ingresa basura al sistema, basura saldrá de él”; en consecuencia, si se ingresan datos de calidad y de gran detalle al sistema, información de calidad se obtiene de él.

Una de las mayores ventajas de los Sistemas de Información Geográfica, es que proporcionan información de un territorio, permitiendo la utilización de modelos¹ que facilitan el entendimiento de las características geográficas del lugar.

Con estos modelos se plantean condiciones hipotéticas y sus posibles efectos sobre el territorio en estudio, por ejemplo se puede crear un modelo del crecimiento de la población ganadera de cierta región en cierto periodo de tiempo y prever las consecuencias ambientales del área o el crecimiento industrial y su efecto contaminante en una población cercana.

Un SIG debe tener la capacidad de contestar preguntas como:

- ¿En dónde está el objeto?
 - ¿En dónde se encuentran las fuentes naturales de agua?
 - ¿En dónde se concentra la mayoría de edificaciones comerciales?
 - ¿En dónde están localizados los teléfonos públicos de cierta compañía?
- ¿En dónde ocurre?
 - ¿En dónde ocurren la mayoría de asaltos?
 - ¿En dónde ocurren las inundaciones?

¹ En la sección 1.4.4 se explican que son los modelos

También debe permitir ayudar al análisis y toma de decisiones cuando se plantean preguntas como:

- ¿Por qué ocurre en ese lugar?
 - ¿Por qué en este tramo de la carretera ocurre el mayor número de accidentes de tránsito?
 - ¿Por qué existe en esta zona una concentración considerable de movimientos sísmicos?

- ¿Qué tanto se extiende cierta característica?
 - ¿Qué área cubre la inundación en el invierno?
 - ¿Hasta dónde es considerada área propensa a incendios forestales?
 - ¿Hasta dónde se extiende el suelo fértil de esta región?

- ¿Hasta qué punto se extendería si se dieran ciertas situaciones?
 - ¿Si se reforesta cierta cantidad de hectáreas, hasta qué punto se reducirían los deslaves?
 - ¿Hasta qué punto se puede reducir un bosque sin que afecte el hábitat de la fauna existente?

1.1 Historia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)¹

El empleo de un SIG se dio por primera vez en Canadá, en 1962 denominado CGIS (*Canadian Geographical Information System*), sistema de información geográfica canadiense, con el objetivo de realizar un inventario de la utilización del suelo.

¹ tomado de <http://sigon3d.freesevers.com/cgi-bin/framed/>, capítulo 1

La forma utilizada para obtener mayor información acerca de aspectos geográficos, era utilizando los diferentes mapas de datos descriptivos como: mapas de elevación, de uso de suelos, infraestructura, hidrografía, límites administrativos, etc. utilizando copias transparentes de los mapas y poniéndolos uno sobre otro para hacerlos coincidir, y de esta forma obtener mas información de una región en especial.

El siguiente avance fue introducido con el programa SYMAP en 1967, el cual fue presentado por la Universidad de *Harvard*, en Estados Unidos éste utilizó la impresión de diferentes tonalidades por medio de renglones. Este programa de cartografía asistida por computadora no fue bien recibido por los cartógrafos debido a que no era muy preciso.

En 1970 se desarrolla el programa PLYVRT, en el cual se plantea una importante novedad en cuanto a la estructura de la información espacial, integrando en ella la topología de los objetos cartográficos.

Con posterioridad se crea el primer Sistema de Información Geográfica, propiamente dicho, de tipo vectorial del Laboratorio de *Harvard*, el programa ODYSSEY. En el mismo se incluye la digitalización semiautomática de los datos espaciales, la gestión de la base de datos y la elaboración interactiva de los mapas.

En el mismo laboratorio de *Harvard*, se trabajó en la creación de una línea de programas cartográficos muy diferentes basados en una representación de los datos *raster*¹.

¹ Ver sección 1.3.2.3.1, tipos de datos Raster

De los datos tipo *raster*, surge en parte, el programa MAP en la Universidad de *Yale*, que ha servido de pauta para la mayoría de los programas posteriores de este tipo, como por ejemplo, ERDAS®, IDRISIS®, etc.

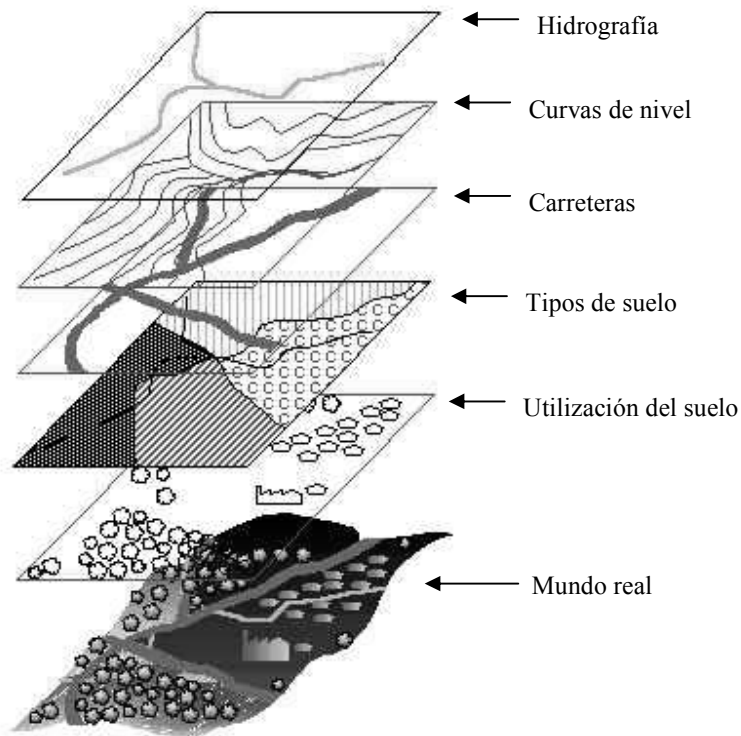
1.2 Definición

Un SIG o sistema de información geográfica, es una herramienta que comprende procedimientos manuales y computacionales para obtener, manipular y proporcionar datos espaciales que representan el mundo real.

Un SIG es un conjunto de *hardware*, *software*, métodos y procesos que facilitan el manejo de información geográfica; obtienen, almacenan, gestionan, analizan, modelan y presentan de una forma visual los datos espacialmente georreferenciados. A sí mismo contribuyen como soporte en el análisis de fenómenos espaciales y facilitan la toma de decisiones.

Entre la información que proporcionan un SIG se tienen los mapas, estas representaciones visuales de los datos geográficos contenidos en un SIG, se proporcionan en forma de capas o niveles, en cada capa o nivel se cuenta con un tema específico. Por ejemplo, la información de carreteras y la utilización del suelo representa 2 niveles o capas por separado.

Figura 2. Representación de la información en un SIG



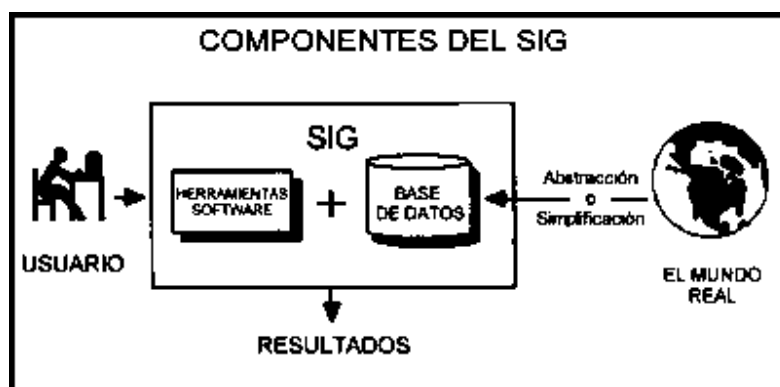
La calidad y el contenido de la información gráfica obtenida de un SIG, dependerán en gran medida de la cantidad de información suministrada a éste y la profundidad de detalle de la información.

1.3 Componentes

Muchos autores coinciden que son cuatro los componentes de un sistema de información geográfica, generalmente son:

- a) **Equipo o hardware** el que incluye tanto computadoras en donde correr la aplicación, así como equipo específico de dibujo.
- b) **Aplicación o software** el cual es utilizado tanto para el ingreso de datos como para obtención de reportes para toma de decisiones, visualización de mapas.
- c) **Datos** se refieren a toda la información recolectada por los diferentes medios que se almacenan en las bases de datos geográficas.
- d) **Usuarios** las personas que realizan todo el trabajo, tanto en la investigación de campo, recopilación de información o administración de los sistemas y bases de datos, son de vital importancia.

Figura 3. Componentes de un SIG



Fuente: ¿Qué es el SIG? <http://www.ctarlambayeque.gob.pe/sig/informe.htm>
 agosto - septiembre 2001.

Últimamente se habla de un quinto componente que pudiera parecer implícito y dependerá de los usuarios que trabajen en la construcción del sistema, pero debe ser tomado en cuenta como uno aparte.

- e) **Métodos** éste componente se refiere a las reglas y / o disciplinas que cada equipo de trabajo de SIG implante para mejorar el funcionamiento y se aprovechen de mejor manera los resultados obtenidos

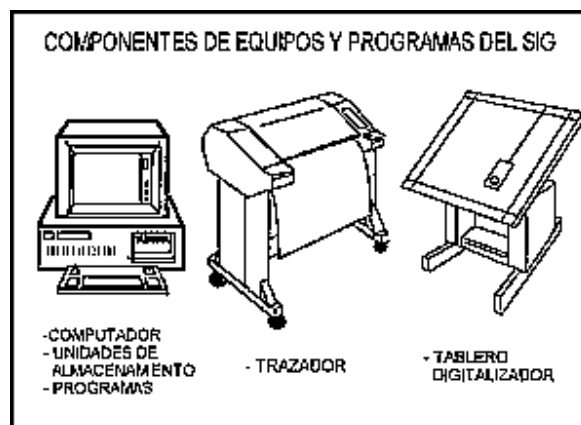
Para la utilización de un SIG es necesario contar con equipo específico que permita obtener los mejores resultados. Dependiendo de la disponibilidad de los recursos materiales que se posean se pueden mencionar:

1.3.1 Equipo

- **Computadoras personales:** Indispensables para el tratamiento de los datos recolectados. permite también almacenar la información en bases de datos y utilizar los diversos paquetes de *software* para un SIG. Éste equipo debe contar con una gran capacidad de espacio de almacenamiento, ya que la información que proporciona un SIG puede llegar a crecer increíblemente; además debe ser suficientemente rápida y proporcionar una visualización de las gráficas y mapas que se pueden obtener.
- **Trazador o Plotter:** este equipo se utiliza para imprimir los mapas que son producto de un SIG, así como otros tipos de gráficas, aunque pueden ser utilizadas las impresoras convencionales, el plotter permite la impresión de mapas de un mayor tamaño.

- **Escáner:** utilizado para transferir imágenes en papel a la computadora, ya almacena la imagen en un formato elegido dentro de ésta, es posible su manipulación, a través del procesamiento de imágenes.
- **Tablero digitalizador:** con este dispositivo se obtienen datos de mapas, los cuales se almacenan en estructuras de datos tipo vectorial (puntos, líneas y áreas)

Figura 4. Equipo utilizado con un SIG



Fuente: ¿Qué es el SIG? <http://www.ctarlambayeque.gob.pe/sig/informe.htm>
agosto - septiembre 2001.

1.3.2 Bases de datos

La base de datos es una herramienta que permite disponer de la información dentro de una computadora en forma rápida y eficaz en comparación a tenerla en papel. La base de datos no necesariamente ayuda a realizar análisis de la información, mas bien sirve como un almacén de datos.

Debido a que la información espacial ocuparía mucho espacio, se codifica, almacenando solo datos en su mayoría numéricos, que consumen menor espacio de almacenamiento que otros tipos de datos. La información espacial es aquella que se compone de atributos de un objeto, haciendo referencia a la ubicación de ese objeto dentro de un marco de referencia.

Además de la información no gráfica, un SIG esta constituido por una base de datos gráfica en la cual la información es georreferenciada o de tipo espacial. La georreferenciación es la localización de un objeto con relación al geoide terráqueo. El geoide terráqueo es una representación geométrico - matemática de la tierra

1.3.2.1 Diccionario de datos

Como en cualquier otro sistema de base de datos, un diccionario de datos es donde se tiene la información de las relaciones entre los códigos y los nombres reales de lo que representan los datos.

Un diccionario de datos es donde se puede encontrar el nombre completo de los atributos y la información de los códigos utilizados de acuerdo a estándares, los cuales son definidos durante la construcción de la base de datos.

Una analogía muy común es: teniendo almacenada la información de carreteras y caminos de una región, se establece que se designará (a) con el valor de 1 cuando se trate de un camino adoquinado (b) El valor de 2 para un camino de terracería (c) 3 una carretera tipo autopista, etc. estos códigos junto con su respectivo equivalente deben encontrarse en el diccionario de datos.

Aunque los diccionarios en su mayoría albergan información que permite identificar estas relaciones, sirven de guía para facilitar la interpretación y el ordenamiento de los datos almacenados dentro de la base de datos, tanto para las personas que establecieron las estructuras de los datos, como para quienes traten de comprenderlos por primera vez. Además puede incluir otra información útil, como cuando fue recolectada la información, la precisión de las ubicaciones, la escala de la fuente original de información y la proyección cartográfica utilizada.

Un diccionario de datos puede ser parte de un manual de especificaciones y estandarizaciones sobre las estructuras de los datos o puede ser también parte de la misma base de datos. Un diccionario de datos para un SIG por lo general debería proporcionar información sobre:

- Cuáles atributos están disponibles para cada tipo de elemento.
- Cuáles capas o niveles están disponibles
- Cuáles coberturas¹ pertenecen a cada capa
- Qué tipos de elementos están incluidos en cada cobertura
- Calidad de las fuentes de datos utilizadas
- Escalas utilizadas de los datos
- Sistema de coordenadas utilizado

¹Una cobertura es el conjunto de características que cubren una región

1.3.2.2 Datos geográficos e Información Geográfica

Los datos geográficos son tipos especiales de datos; por “geográficos”, quiere decir que:

- Los datos son relacionados a características y recursos del planeta tierra, así como a actividades humanas basadas en o asociadas a estas características y recursos.
- Los datos son agrupados y usados para resolver problemas, tomar decisiones asociadas con geografía, por ejemplo: localidad, distribución y relaciones espaciales dentro de una estructura geográfica particular.
- Los datos geográficos son diferentes de otros tipos de datos en que:
 - Están geográficamente referenciados, esto quiere decir que pueden ser identificados y localizados por medio de coordenadas.
 - Están hechos de un elemento descriptivo (el cual indica qué son) y un elemento gráfico (el cual dice cómo son, en dónde se encuentra y cómo está relacionado espacialmente a otro)
 - El elemento descriptivo es también referido comúnmente como datos no espaciales
 - El elemento gráfico es también referido comúnmente como dato espacial.

- Por otro lado, la información geográfica es obtenida por el procesamiento de los datos geográficos, la cual es utilizada para:
 - Mejorar el conocimiento del usuario sobre la geografía de las características y los recursos de la tierra.
 - Permitir al usuario desarrollar inteligencia espacial para resolver problemas y tomar decisiones concernientes a la ocurrencia, utilización y conservación de características y recursos de la tierra, así como los impactos y consecuencias de las actividades humanas asociadas a estas.

1.3.2.3 Bases de datos geográficas

En un SIG se utilizan tanto datos gráficos como descriptivos o alfanuméricos, éstos están relacionados por medio de un código o identificador que los une, con esto se sabe que información descriptiva y gráfica pertenecen al mismo objeto.

Una base de datos geográfica es un almacén de datos ya sea gráficos o descriptivos y éstos están organizados generalmente en tablas relacionales (ver anexos), un SIG comprende además de bases de datos geográficas y herramientas de *software* que permiten la manipulación (información permanente y que puede modificarse) y visualización de esta información en forma de mapas conformados por varios niveles.

Uno de los medios de obtención de información para un SIG (como se menciona más adelante en este capítulo) son los mapas, pero los mapas existen en diversas escalas y con diferentes coordenadas; deben ser utilizados los datos en las escalas correctas para ingresarlos en la base de datos geográfica y así asegurar la consistencia de la información dentro del sistema.

No todos los Sistemas de Información Geográfica deben tener el mismo nivel de detalle y la misma cantidad de información, éstos deben construirse de acuerdo a las necesidades de información que se quieran cubrir.

Como se ha mencionado anteriormente, el nivel de detalle de la información que proporcione un SIG, dependerá de la necesidad imperante y a mayor detalle se manejará mas información. Las bases de datos geográficas comprenden un medio de ingreso de datos, una estructura de datos y un modelo de datos. A continuación se describen las estructuras de los datos geográficos.

1.3.2.3.1 Estructuras de datos tipo *raster*

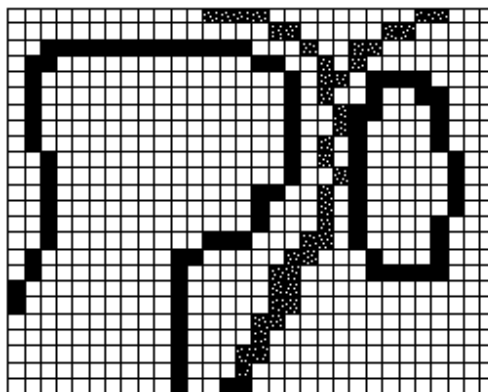
Un raster es una estructura de datos geográficos que consiste en una matriz bidimensional, en la que cada celda representa un punto en una imagen. Una imagen almacenada digitalmente consta de valores numéricos en cada una de las celdas de la matriz con la que se represente. El número de celdas que componen la matriz en las 2 direcciones define la resolución de la imagen, cuando mayor es él numero de celdas, es mejor la resolución de la imagen.

Las imágenes digitales obtenidas desde satélite, mapas obtenidos por escáner y fotografías se almacenan en esta forma, cada celda de la matriz o arreglo de dos dimensiones, corresponden a un píxel cuando hablamos de la imagen y a un número o pareja ordenada (de acuerdo a las coordenadas de una celda respectiva) cuando se habla de valores almacenados dentro de la estructura.

Los datos que se almacenan en las estructuras de tipo raster consumen espacio de almacenamiento dependiendo del tamaño y resolución de la imagen.

El problema que se tiene con el formato raster es que se pierde definición cuando se manipulan las imágenes para rotaciones y/o cambios de escala.

Figura 5. Ejemplo de una imagen tipo *RASTER*



1.3.2.3.2 Estructuras de datos tipo vectorial

Estas estructuras se utilizan en bases de datos en donde la información se almacena en forma de puntos, líneas o arcos y polígonos o áreas. Los puntos son utilizados para representar fenómenos geográficos en un lugar o para representar rasgos, que por su tamaño no se pueden identificar con líneas o áreas. Un ejemplo puede ser: representar la ubicación en un mapa de un centro arqueológico, un poste para el tendido de energía eléctrica, una iglesia. Un punto está representado por un par de coordenadas (x, y) dentro de un plano, en ocasiones se utiliza una tercera coordenada (z) para identificar la altura de ese punto en el mapa.

Las líneas o arcos se utilizan para representar gráficamente aquellos elementos que son muy estrechos para cubrir un área o que su grosor no es significativo. Ejemplos de éstos son las carreteras, los ríos, las redes de infraestructura, entre otros. Las líneas en un sistema de información geográfica, se representan al menos por dos puntos.

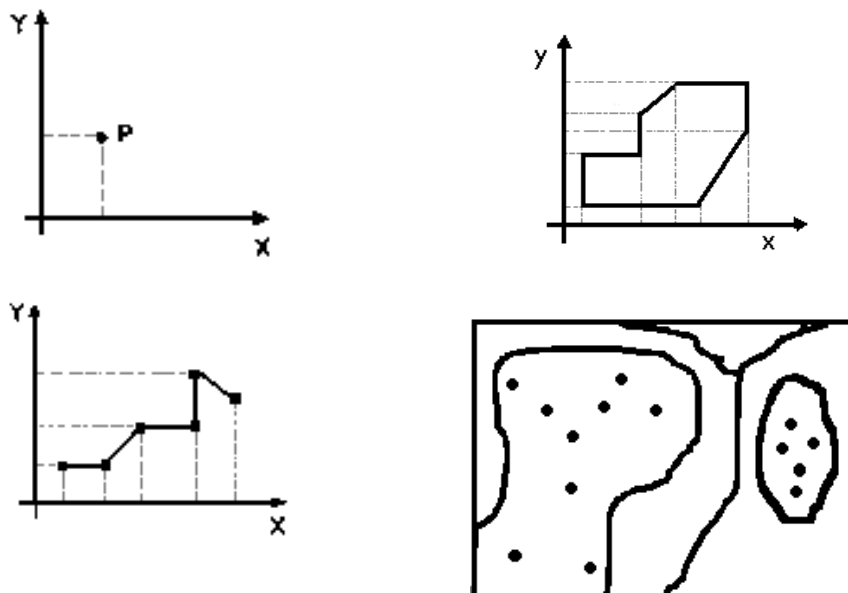
Los polígonos o áreas, generalmente representan lagos, bosques, poblados, entre otros. Las áreas son representadas por un conjunto de coordenadas (x, y) formando segmentos de líneas que cierran un área.

Un nodo es un tipo de punto que tiene por objetivo definir la intersección entre dos o más líneas. Una línea poligonal o polígono abierto está conformado por un conjunto de puntos interconectados por segmentos de recta que comienzan y terminan en un nodo. Las isolíneas pueden tomarse como una línea poligonal la cual posee un valor de z que será el mismo para todos los puntos que comprende la línea. Se utilizan para representar curvas de nivel.

Los datos vectoriales se pueden obtener de mesas digitalizadoras, información de equipos de GPS y sistemas de conversión de datos raster a datos vectoriales. La forma de cómo se almacenan los datos es por medio de un conjunto de pares ordenados (coordenadas (x, y)), estas representan puntos, líneas y polígonos. Estos datos están relacionados con el sistema de coordenadas utilizado. A diferencia de los datos almacenados en estructuras de raster, los datos vectoriales no presentan problemas de distorsión por el cambio de rotación o de escalas y el consumo de almacenamiento esta relacionado con la complejidad de los elementos representados.

El inconveniente con los datos vectoriales, es que deben ser utilizados para zonas bien diferenciadas o que pueden representarse con cierto grado de discreción identificando polígonos que encierran áreas donde los datos que se representan están contenidos dentro de un intervalo de valores establecido.

Figura 6. Ejemplo de datos vectoriales



1.3.3 Usuarios

¿Quiénes son los usuarios? Es la parte más importante en un Sistema de Información Geográfica, ellos determinan las actividades desde la planificación para recolección de los datos, establecen las estructuras para los datos, definen los procesos para el tratamiento de la información y finalmente son ellos quienes analizan y toman las decisiones.

No es correcto pensar en un SIG como un conjunto de *software* y *hardware* para la utilización de información geográfica, son las personas quienes hacen funcionar eficazmente todo el sistema.

Como se ha mencionado, la calidad de los resultados que se obtengan de un SIG dependerá de la calidad de los datos que se ingresen al sistema. En este sentido se requiere que las personas encargadas de la construcción y mantenimiento del sistema, posean los conocimientos necesarios para asegurar un buen trabajo.

Es imprescindible que los usuarios participen en cada componente de una implementación de un SIG, asimilando y aplicando las nuevas herramientas en sus tareas cotidianas. El proceso de modernización debe incluir a todos los usuarios a través de la incorporación a un programa de capacitación especialmente diseñado. Por este motivo es preciso distinguir a los usuarios en cuanto a los roles que tendrán dentro de un SIG.

Dentro del proceso de implementación, implantación, mantenimiento y explotación de un SIG existe un número considerable de tareas por ejecutar. Cada una de estas tareas debe ser realizada por el personal indicado y con la capacitación adecuada.

El diseño del programa de capacitación debe considerar a los usuarios según las funciones que van a realizar y según el nivel de responsabilidad que tendrán.

- En la etapa de implementación se debe considerar un proceso de capacitación orientado a preparar la cartografía¹ base, digitalización, corrección, codificación e integración de la base de datos. Este grupo de producción puede incluir a cualquier usuario que haya recibido la adecuada capacitación (conocimiento de mapas, escalas, coordenadas, etc.).
- La etapa de implantación requiere que se capaciten a usuarios de un nivel intermedio de responsabilidad (jefes de unidad o departamento) para que coordinen y supervisen la estructura general de la base de datos. Estos usuarios deben controlar los ingresos y egresos de la información así como los cambios administrativos necesarios para facilitar la asimilación de la nueva tecnología.
- La etapa de manutención agrupa a los usuarios con mayor capacidad que han participado del grupo de implementación. Estos usuarios deben coordinar, orientar y ejecutar todos los procedimientos de actualización e ingreso de nuevos datos.

¹ La cartografía es tratada en el capítulo No.2

La etapa de explotación incluye al mayor número de usuario a nivel institucional pues su objetivo es habilitar el uso de las nuevas herramientas en el mayor número posible de aplicaciones. Estos usuarios deben ser capacitados en los procedimientos de análisis espacial, elaboración de cartografía aplicada, cartografía temática etc.

1.4 Medios de obtención de información

Desde que empezaron a utilizarse los mapas, tomaron importancia para uso agrícola, para planeación demográfica, recursos naturales y militares. Al principio solo estaban a disposición de gobernantes y militares, pero la necesidad de conocer nuestro entorno geográfico los ha puesto a disposición de todos.

El siguiente paso en la recopilación de las características geográficas fue la fotografía aérea, aunque no se puede utilizar para obtener medidas de territorios directamente desde la fotografía, es de mucha ayuda principalmente para reconocimiento.

Hasta la fecha la forma mas avanzada de obtener datos de la superficie terrestre, son las imágenes de satélite, estas proporcionan una mayor cantidad de características de las áreas de cobertura, sin embargo se requiere de equipo y *software* mas sofisticado para la manipulación de estas imágenes. Tanto la fotografía aérea como las imágenes de satélite son muy utilizadas para trabajar con los Sistemas de Información Geográfica.

Actualmente se disponen de varios métodos para obtener información, sea esta descriptiva o cuantificable y para trasladarla a una base de datos geográfica, entre estos medios de obtención están: fotografía aérea, imágenes de satélite, mapas y otros.

1.4.1 Fotografía aérea

Una fotografía aérea puede ser desde una fotografía tomada desde la cima de un edificio, desde un globo aerostático y desde luego, tomada desde un avión. El uso de la fotografía aérea para obtener información del terreno, se intensificó durante la segunda guerra mundial para fines de inteligencia.

Una visualización desde cierta altura, permite observar detalles del terreno que no son vistos desde el suelo. Debido a que la fotografía aérea puede tener varios usos y de acuerdo a la finalidad que esta persiga, puede tener varios grados de especialización y diferentes tipos de presentación. Se puede elegir entre: presentación en papel, en negativo, a color, en blanco y negro y en falso color.

En nuestro país las fotografías aéreas se utilizan principalmente para fines comerciales y para actualización de información geográfica ya existente como se presenta en el capítulo 4. Los tipos de fotografías aéreas más conocidos en la captura de información son:

- La fotografía de perspectiva y
- La fotografía vertical

1.4.1.1 Fotografía aérea de perspectiva u oblicua

Debido a la gran cantidad de información que pueden proporcionar estas fotografías, son utilizadas con fines comerciales, para eventos noticiosos, fines didácticos o turísticos.

Figura 7. Fotografía oblicua o de perspectiva



Fuente: Fotografía oblicua, http://www.imaer.com/_vti_bin/shtml.exe/oblicua.htm/map.
octubre de 2001

1.4.1.2 Fotografía aérea vertical

Es la más utilizada para aplicaciones de cartografía, sistemas de información, reconocimiento de terreno y aplicaciones que requieran de un mayor control. Debido a las distorsiones que ocurren mientras la fotografía es tomada, es necesario utilizar aparatos especiales que permiten eliminar las distorsiones provocadas por la plataforma y por la altura al tomar la fotografía.

Estas son usadas principalmente para crear nuevos mapas y para actualización de mapas ya existentes en el caso de su utilización en la cartografía. Cuando ya se han eliminado las distorsiones, son llamadas ortofotos, en donde si se pueden realizar mediciones como si fuera un mapa en una escala determinada.

Figura 8. Fotografía vertical



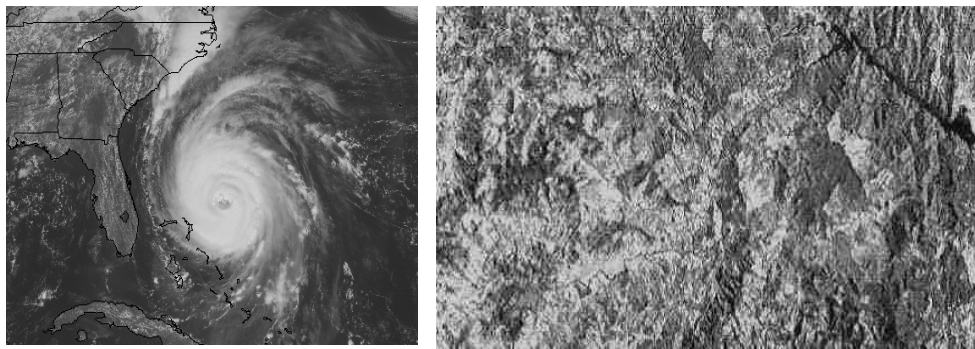
Fuente: Fotografía vertical, http://www.imaer.com/_vti_bin/shtml.exe/vertical.htm/map.
Septiembre - octubre de 2001

1.4.2 Imágenes de satélites

Al final de los años 50, después de desarrollarse la carrera espacial, aumenta el interés de utilizar estas plataformas para adquirir imágenes de la superficie de la tierra. Los satélites de la familia NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) son los más utilizados con el objeto de adquirir imágenes tanto de la atmósfera como de la superficie terrestre.

Actualmente, las imágenes de satélite, son utilizadas en una gran cantidad de aplicaciones, proporcionan información en formato Raster. Permiten obtener mayor cantidad de datos de lo que lo hace una fotografía aérea, permiten percibir características a través de las bandas¹ que se utilicen en el aparato receptor a bordo del satélite. Para mayor información del funcionamiento de las bandas en las fotografías de satélite ver el anexo 8.4.

Figura 9. Ejemplos de fotografía de satélite



Fuente: <http://sigon3d.freesevers.com/cgi-bin/framed/2809/CAP3TXT.html> agosto
Diciembre 2001

En una fotografía aérea o imagen de satélite, se puede medir la resolución, se había dicho anteriormente que la resolución de una imagen esta en función de la cantidad de píxeles que se utilicen para su representación. Estas imágenes y fotografías se almacena en formato raster. Además se pueden definir la resolución espacial y la resolución temporal.

¹ Para más información de las bandas, ver el anexo 8.4

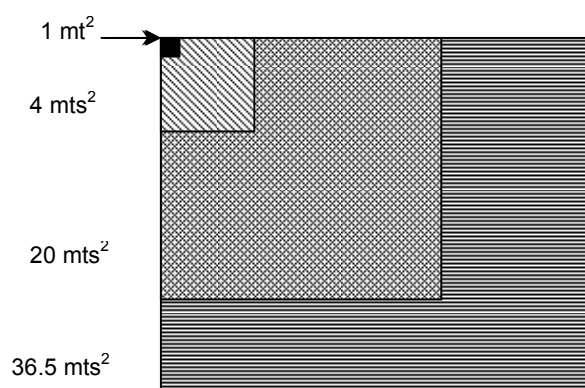
Resolución espacial

Esta se trata de que tanto se puede ver en la imagen, ¿será posible ver un poblado? ¿Se puede ver un edificio? ¿Se puede observar una persona? Cada uno de los satélites que adquieren imágenes, posee diferentes tamaños de resolución espacial.

Si se tiene una imagen con una resolución espacial grande, se pueden utilizar para estudiar áreas extensas pero con un nivel de detalle relativamente menor. Un ejemplo de esta resolución grande son las imágenes de satélite para apreciar las condiciones climáticas de una región. Las imágenes con resolución espacial pequeña, cubren menor área pero su detalle es mejor.

La resolución espacial que se puede obtener desde satélites comerciales va desde los 80 metros hasta 1 metro. Algunos proporcionan imágenes a color y otros solo en blanco y negro. Así también algunos cuentan con varios tipos de bandas para la obtención de detalles que no se pueden observar con el ojo humano.

Figura 10. Resolución espacial de algunas imágenes de satélite



Resolución temporal

Esta se refiere al intervalo de tiempo que se deja entre una imagen y la siguiente. Por ejemplo, la resolución temporal que proporciona un satélite del tiempo es mucho mayor, ya que estará observando su área de interés con más frecuencia debido a su función, que la proporcionada por otro tipo de satélite.

La resolución temporal se refiere a qué tan frecuente va a estar el satélite obteniendo información. Obviamente es mejor que se tenga información lo más frecuente posible, pero esto implica un mayor gasto para la obtención y el procesamiento. La resolución temporal puede medirse en días, semanas, meses e incluso años.

1.4.3 Mapas

Los mapas son descripciones gráficas que presentan porciones de la tierra, los primeros mapas trazados eran dibujos hechos en el suelo, cuando se daban indicaciones de cómo llegar a un lugar y regresar. Después los mapas eran dibujados en las paredes de las cuevas. Aproximadamente en el año 2300 AC, los babilonios dejaron huella de sus mapas hechos en tablillas de arcilla y también en el siglo II AC se tienen mapas hechos en seda encontrados en la China.

La importancia de los mapas para obtener información para un Sistema de Información Geográfica, es porque en los mapas se encuentra información muy detallada acerca de elementos que pueden interesar.

Los mapas pueden ser de 2 tipos:

- Mapas topográficos
- Mapas temáticos

1.4.3.1 Mapas topográficos

Muestran los elementos naturales del área representada en el mapa, por ejemplo: montañas, ríos, arroyos, áreas boscosas, volcanes, sierras, áreas pantanosas, etc. Para la elaboración de mapas, se deben seguir ciertos estándares que establecen entre otras cosas, los colores, el tipo y grosor de líneas, los símbolos y otras características.

Estas guías son reconocidas a nivel mundial, cada mapa debe especificar la escala, la fuente de información, la fecha de creación y el listado de símbolos que le permiten a cualquier persona poder interpretar los datos proporcionados por los mapas. Para los colores se tiene por ejemplo que: todas las construcciones hechas por el hombre se representarán en color negro, las características hidrográficas en color azul, las características de vegetación y tipo de suelo en color verde y las curvas de nivel en color rojo.

También son mostrados elementos artificiales, características hechas por los humanos entre los que podemos mencionar: fronteras políticas, indicadores de densidad de población, redes de transporte, etc. Este tipo de mapa es el más utilizado por la gran cantidad de información que proporciona.

Figura 11. Mapa topográfico en escala 1:50,000



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Guatemala, agosto – septiembre 2001.

1.4.3.2 Mapas temáticos

Estos presentan un tipo de información específica, por ejemplo, las cartas náuticas en las que los datos son presentados, están relacionados con los océanos o grandes masas de agua que son utilizadas para navegar. Entre la información que puede presentar una carta náutica están: profundidades, bancos de arena, distancia en millas náuticas, puertos, etc.

1.4.4 Modelo Digital del terreno

Los modelos digitales del terreno forman una parte importante de la información que contiene un SIG. Para comprender mejor que son los modelos digitales del terreno, se deben primero establecer a que se le considera un modelo y conocer los tipos de modelos que utilizan los modelos digitales del terreno o MTD.

Un modelo es una representación de una porción de la realidad, esta es una representación simplificada y manejable, pero conteniendo una relación de correspondencia con el objeto modelado. La utilización de modelos permiten que se planteen y se comprueben situaciones acerca del comportamiento del objeto o sistema que se esta modelando.

La razón por la que los modelos son importantes, es que proporcionan una aproximación de las situaciones reales y con esto conocer de que forma lograr las reacciones o resultados deseados del objeto real o comprender aspectos que de otra manera no seria posible. Los tipos de modelos que se tratan a continuación son:

- Modelos Icónicos
- Modelos análogos
- Modelos simbólicos
- Modelos digitales del terreno

1.4.4.1 Modelos icónicos

Un ejemplo de modelo icónico es una maqueta, hay una reducción de tamaño, conservando dimensiones básicas, pero la implicación de esto es que, las características que dependen del tamaño del objeto no podrán ser apreciadas con un modelo de este tipo.

1.4.4.2 Modelos análogos

Poseen una cantidad de propiedades similares a los objetos que representan, sin embargo, la atención de estos modelos radica en mostrar de una manera sobresaliente la propiedad que se quiere distinguir.

Normalmente se construyen utilizando un conjunto de convenciones que sintetizan propiedades del objeto real y que facilita la interpretación de las mismas. Como ejemplo se puede mencionar un mapa impreso que fue construido mediante un conjunto de convenciones de cartografía, en el cuál la propiedad distinguible la temperatura promedio anual de las regiones.

1.4.4.3 Modelos simbólicos

Se construyen mediante reglas más abstractas, debido a que estos modelos se utilizan principalmente cuando los objetos a representar están contruidos mediante una codificación matemática, estadística, etc.

Un ejemplo de este tipo de modelos puede ser un modelo de una ciudad maya de acuerdo a la ubicación de los cimientos de los restos de edificaciones.

1.4.4.4 Modelos digitales del terreno

Los modelos digitales son modelos simbólicos y para construirlos es necesario un proceso de codificación de la información, esta codificación indica que los datos son almacenados como cifras, esta naturaleza numérica representa 3 ventajas.

- **No ambigüedad:** cada elemento del modelo posee propiedades y valores explícitos y específicos.
- **Verificabilidad:** los resultados se construyen mediante pasos específicos que pueden verificarse en cada fase del proceso.
- **Repetitividad:** los resultados pueden ser comprobados y replicados las veces que sea requerido.

Propiedades básicas de los modelos digitales del terreno o MDT

- Los MDT no son solamente un conjunto de cifras, su construcción debe corresponder a una estructura interna, toman la forma de estructuras de datos.
- Los MDT representa una distribución espacial de una variable; esto quiere decir que la construcción de modelos es acotada.

- La variable representada por el MTD debe ser cuantitativa y de distribución continua.

En los modelos digitales del terreno, la información asociada a la topología o a cualquier característica tridimensional, se puede representar por medio de 3 modelos de datos diferentes. Los elementos base utilizados para cada uno de ellos son:

- **Puntos:** en cada punto se ha recogido su posición geométrica por medio de las coordenadas (x, y) y la altura z de ese lugar.
- **Líneas:** en este caso se utiliza una línea para recoger la localización espacial y la altitud de los datos. Es posible usar las propias curvas de nivel tomadas de un mapa como las líneas estructurales del relieve, ríos, etc.
- **Funciones matemáticas:** establecen la relación entre dos coordenadas espaciales y la variable altura, son validas para trozos reducidos del terreno.

Para el modelo de datos de puntos, en cada punto se ha pedido las coordenadas x e y de la posición geométrica y la z de la altitud. También es necesario representar la topología, indicando la relación de vecindad entre los puntos. Según como estén dispuestos los puntos, puede ser regularmente sobre el espacio (matriz de altitudes) o distribuidos de modo irregular (organización de red irregular de triángulos, TIN).

La distribución regular (matriz de altitudes), es una estructura muy usada en la creación de un modelo digital del terreno, pero posee un inconveniente, la incapacidad para adaptarse a las diferentes características de la topografía del terreno; en donde éste plano, sobran puntos que sólo reiteran la característica ya conocida; por el contrario, cuando el terreno se hace empinado y es muy cambiante, puede llegar a faltar información y no se representa adecuadamente la disposición del relieve.

En la estructura de datos de puntos irregulares la topología ya no está implícitamente contenida, se puede añadir de forma explícita. Normalmente la recolección de información necesaria para crear un modelo digital del terreno se hace obteniendo una muestra de las alturas en diversos puntos, con éstos se crea la red denominada TIN.

1.4.5 GPS (sistema de posicionamiento global)

El GPS o sistema de posicionamiento global, es un sistema de navegación de radio formado por una constelación de 24 satélites y sus correspondientes estaciones terrestres. El GPS utiliza los satélites como puntos de referencia para calcular posiciones, este sistema proporciona una exactitud asombrosa en la ubicación de objetos.

Los receptores de las señales de radio pueden calcular su propia posición, para esto la estación en tierra recibe las señales enviadas por 3 satélites (sí el sistema en tierra posee un reloj atómico sincronizado¹ con los satélites, de no ser así, entonces deben utilizarse 4 satélites); el receptor utiliza la diferencia del tiempo entre el momento en que sale la señal del satélite y el momento en que es detectada en tierra.

¹ Para mayor información ver el anexo 8.4

Equipo de GPS es utilizado para almacenar características del paisaje que no aparecen en los mapas, también son utilizados para crear inventarios de reservas naturales, viajeros marítimos, terrestres o aéreos los utilizan para desplegar resultados de sus cálculos en mapas topográficos.

1.4.6 Redes geodésicas

Antes de hablar de las redes geodésicas, se definirá que es la geodesia. Esta es considerada como una ciencia matemática que determina la forma, el tamaño las dimensiones y el campo gravitacional de la tierra y trabaja con otras ciencias auxiliares. Esta se aplica comúnmente para fines de control en el ordenamiento de tierras, para establecer los límites de suelo para edificaciones o para determinar las medidas de obras construidas.

Una red geodésica consiste en una serie de puntos de control establecidos, los cuales cuentan ya con mediciones de su posición en el planeta. Estos puntos son utilizados como referencia cuando se necesitan realizar carreteras, edificaciones y otras construcciones.

Actualmente se utilizan satélites para ayudar a determinar las características irregulares del paisaje y las coordenadas de los puntos (generalmente con equipo de GPS) que conforman la red geodésica.

Un levantamiento geodésico se utiliza para áreas extensas, en donde las mediciones topográficas deben tomar en cuenta el geoide utilizado. Estos levantamientos se basan en un meridiano definido por un eje de rotación y se apoyan en la geometría esférica

1.4.7 Catastros

En la información catastral se tienen datos espaciales de territorio, mediciones de los espacios, ubicación, propietario. Esta información se utiliza principalmente para recaudación de impuestos y para el ordenamiento de tierras.

Todos estos datos se encuentran almacenados principalmente en papel, haciendo que el cambio de propietario o venta de una porción del terreno sea un proceso lento en muchas ocasiones. Si en algunos países, la información de catastro se tiene almacenada en bases de datos y manejada con computadoras, posiblemente ayude a que los trámites no tomen mucho tiempo.

Como se ha dicho, durante la construcción de un SIG, la parte de mayor esfuerzo es la recopilación de los datos y el ingreso de éstos al sistema. Los datos provenientes de catastro son de gran volumen y el trabajo que se necesita es aun mayor. La ventaja de poseer estos datos es que se cuenta con un nivel de detalle que no es posible obtener de otras fuentes.

Una forma de actualizar la información de catastros en un SIG es a través de encuestas y censos. En nuestro país, el proyecto de SIG para catastro nacional, prevé una duración aproximada de 20 años

La forma de almacenar los datos geográficos de la información catastral es generalmente con estructuras de datos vectoriales, utilizando fotografías aéreas ocasionalmente para proporcionar una mejor idea de la ubicación y medidas de las edificaciones.

1.5 Sistema de coordenadas

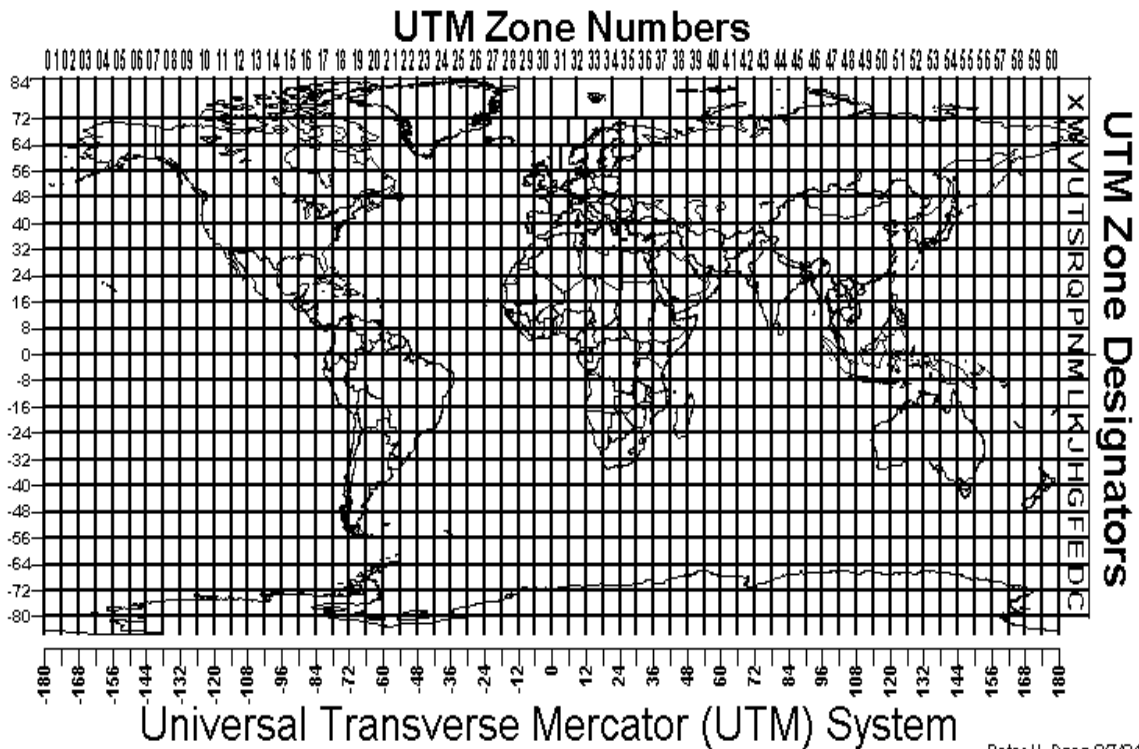
Actualmente se utilizan mucho dos sistemas de coordenadas, éstos son el sistema UTM (*Universal Transversal Mercator*) y el sistema de coordenadas geográficas el cual usa altitud, latitud y altura geodésica. Cada sistema posee propios estándares definidos para establecer coordenadas. Existen funciones disponibles que permiten la conversión de datos en un sistema de coordenadas a otro.

1.5.1. Sistema de coordenadas UTM

El sistema de coordenadas UTM (universal transversa de mercator), divide al planeta en 60 zonas o husos, la forma en que funciona este sistema de coordenadas es ubicando un cilindro de tal forma que sea tangente a un meridiano. El ecuador y el meridiano principal son representados por líneas perpendiculares. Cada una de las zonas en las que se divide el planeta tiene 6° de separación entre cada línea que limita la zona, haciendo un total de 360°.

Las coordenadas planas de este sistema resultan convenientes, especialmente para la representación de mapas topográficos. Este sistema es muy utilizado y válido en cualquier parte del mundo. Para identificar a una de las 60 zonas que lo componen, se hace mediante un identificador de zona y una pareja de coordenadas(x, y); proporcionando los datos en metros. El hecho que se tome el meridiano central y el ecuador como puntos clave de referencia, permite la conversión de coordenadas UTM a geográficas y a otros sistemas de coordenadas.

Figura 12. Sistema de coordenadas UTM



Fuente: Peter H. Dana, de la Universidad de Texas
http://www.uco.es/~bb1rofra/documentos/utm/coordenadas_utm.html
octubre noviembre 2001.

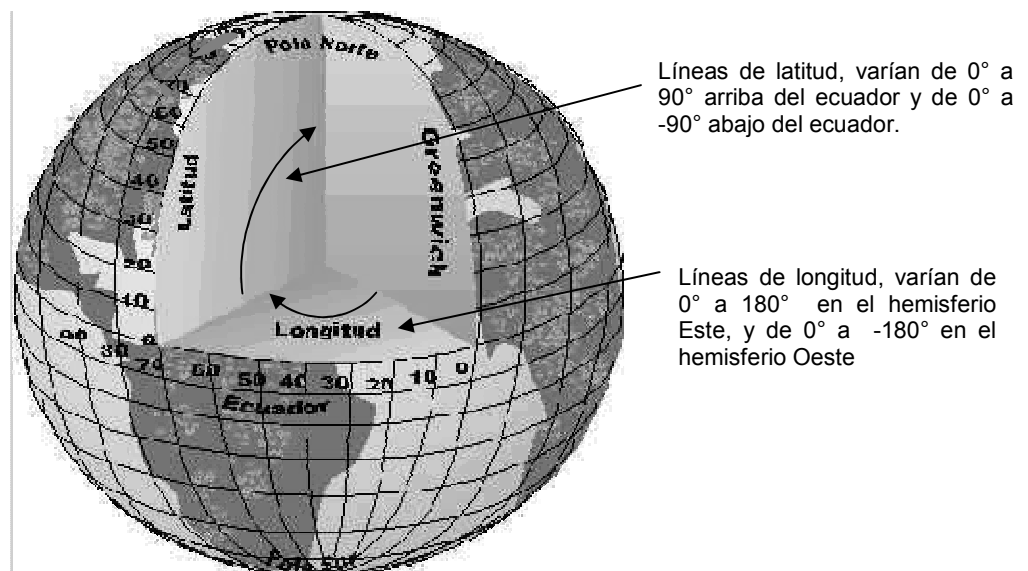
Peter H. Dana 9/7/94

1.5.2. Sistema de coordenadas geográficas

Las estaciones GPS proporcionan las coordenadas de: latitud, longitud y altura elipsoidal, la latitud varía de 0 a 90 grados en el hemisferio norte y de 0 a -90 grados en el hemisferio sur con las líneas imaginarias en posición paralela al ecuador y se les denomina paralelos o líneas ecuatoriales. La longitud varía de 0 a 180 grados en el hemisferio Este y de 0 a -180 grados en el hemisferio Oeste de acuerdo a las líneas imaginarias llamadas meridianos y que son paralelas al meridiano de Greenwich.

El origen de ese sistema de coordenadas está determinado en el punto en donde se encuentran la línea del ecuador y la del meridiano de Greenwich. La altitud geodésica, o elipsoidal es la distancia del punto considerado al elipsoide elegido.

Figura 13. Sistema de coordenadas geográficas



Para comprender este sistema de coordenadas, se debe conocer la forma y tamaño de la tierra. Aunque no es necesariamente una figura geométrica como una esfera debido a su rugosidad, tiende a ser considerada como tal. Algunas personas toman en cuenta que está ensanchada en el ecuador y achatada en los polos y por esto la consideran como un elipsoide, otros como un geoide.

Puede parecer extraño, pero hasta la fecha no se cuenta con un sistema estandarizado para las mediciones terrestres, existen varios sistemas de referencia que se basan en diferentes elipsoides, los receptores GPS utilizan mayormente el elipsoide WCS84. En los anexos se incluye una tabla con los elipsoides más utilizados en la construcción de mapas.

Cuando se usa un elipsoide como superficie de referencia se dice que la latitud es geodésica. La latitud geodésica es el ángulo formado por la línea ecuatorial y una línea perpendicular a la elipse en una localización dada.

El Geoide es otra forma de aproximación para la tierra, ésta es una forma tridimensional que se aproxima por el nivel medio que alcanza el mar en el océano y además de la superficie de varios canales cruzando los continentes, incluyen las depresiones debido a las variaciones y densidades de roca así como el relieve. Si el geoide solo fuera una aproximación del nivel del mar, estaríamos hablando de un elipsoide.

2. PRINCIPALES APLICACIONES

Son muchas las aplicaciones que actualmente se pueden obtener de un SIG y cada día aparecen más, aunque al inicio fue la necesidad de contar con la información de los mapas de una forma más organizada, debemos recordar que los mapas eran utilizados no solamente para encontrar destinos, todas las aplicaciones que tenían y tiene los mapas en papel, las siguen teniendo los SIG. Además permiten encontrar relaciones de fenómenos derivados de una localización, ayudando a analizar estos fenómenos y facilita la toma de decisiones.

2.1 Aplicaciones y servicios

Entre las aplicaciones que actualmente se conocen de los SIG tenemos las siguientes.

2.1.1 Planificación de recursos

Esta es una aplicación que se da en muchas regiones a lo largo del mundo. La utilidad que proporciona un SIG para la planificación de recursos naturales, se ve mejor representada con la utilización de imágenes de tipos de suelo, ayudando a determinar la vocación de los suelos y planear la futura ocupación de éstos; realizando modelos para el comportamiento de los recursos y determinar la mejor forma de aprovecharlos sin agotarlos irremediablemente.

2.1.1.1 Arqueología

Nuestro país es uno de los sitios que poseen una gran riqueza arqueológica perteneciente a una de las culturas más destacadas de América, Los Mayas. Existen muchos lugares arqueológicos que pueden ser utilizados como destinos turísticos.

Los Sistemas de Información Geográfica pueden utilizarse para

- Proporcionar guías turísticas que informen acerca de las mejores rutas para llegar a sitios arqueológicos.
- También pueden detenerse acciones que pongan en peligro la conservación de estos lugares.

- Pueden crearse modelos que ayuden a comprender las consecuencias que provocan los asentamientos y construcción de edificaciones muy cercanos a sitios.

- Realizar investigaciones científicas relacionadas con el territorio que ocupaban, cómo se transportaban, posibles relaciones con otras culturas, etc.

Como recurso, la arqueología encierra riqueza histórica para un país; un medio de obtención de divisas provenientes del turismo y la oportunidad de dar a conocer al resto del mundo características de civilizaciones ya desaparecidas.

En Italia puede encontrarse proyectos de SIG orientados a la adquisición de la información arqueológica de este país. Algunos de los proyectos a los que se puede acceder actualmente son:

- Tarjetas arqueológicas y planificación del suelo de Sassari y Nuoro (*Archaeological Card and Land Planning of Sassari and Nuoro*) Este es un mapa temático que muestra los datos finales provenientes de catalogar en el campo en 1970 y 1996. Esta base de datos cuenta con información de sitios, imágenes y gráficas.
- Puertos y lugares de aterrizaje en la antigüedad (*Ports and Landing Place in the antiquity*) cuenta con localización y documentos de evidencias arqueológicas, de las actividades de supervivencia entre el mar y la tierra, cuenta con mapas cartográficos y fotografías.
- Mapa de riesgo arqueológico de la Región de Emilia (*Archaeological Risk Map on Emilia Romagna*) el mapa arqueológico provee el establecimiento del banco de datos conteniendo toda la información arqueológica relativa al territorio, conectada a la cartografía digitalizada.
- Archivo de mapas históricos y estudio de la Superintendencia Arqueológica de Ostia (*Plans, survey and maps historic archive of the Archaeologic Superintendence of Ostia*) la cual contiene 12000 mapas preservados en sus archivos. Esto permite una consulta sin los problemas derivados de la manipulación de los documentos antiguos. La realización de este trabajo fue dividida en 2 partes, la primera consistía en la adquisición en formato Raster de los mapas, después integrar éstos con la nueva información obtenida de excavaciones y bibliografía.
- Sistema de Información de la Región de Liguria (*Information System of Regione Liguria*) es un índice de piezas de museos en la región de Liguria.

Figura 14. Mapa arqueológico de Guatemala



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Guatemala Agosto de 2001.

2.1.1.2 Catastro

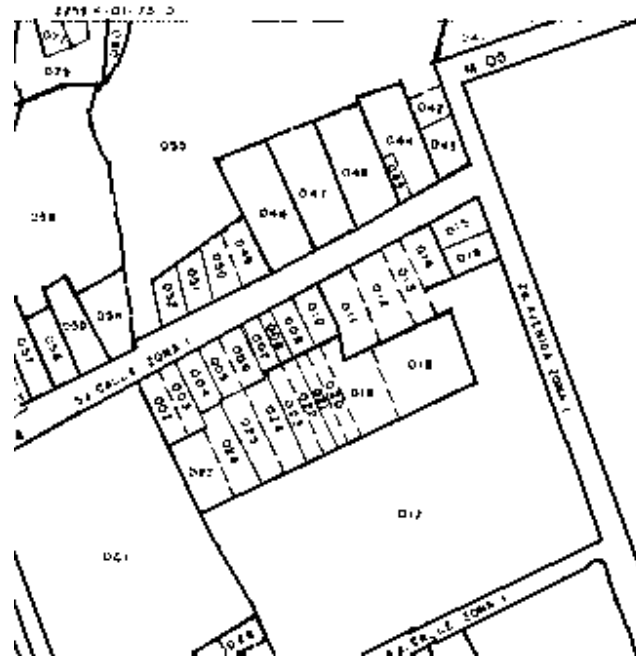
La elaboración de información sobre catastro es un proyecto de grandes dimensiones, esta información posee un gran nivel de detalle en el sentido de que se tienen en un sistema de base de datos, información de edificaciones, las medidas de éstas, información del domicilio, información del propietario, información legal sobre la escrituración y hasta imágenes aéreas para su localización en un vecindario.

¿Cómo funciona un SIG con información catastral? Para empezar, la información catastral sufre cambios en un período no muy largo de tiempo (ventas de partes de un terreno, cambio de dueño por venta y otros) así mismo, esta información es de mucha utilidad para:

- Facilitar la planificación y ejecución de obras publicas
- Sentar las bases técnicas para la determinación de la recaudación de impuestos de la propiedad
- Establecer la ocupación del suelo, basándose en documentos legales y evitar confrontaciones por tierras.
- Contar con información acerca del tipo de construcción y viviendas para proyectos de reducción de riesgos.

La información que se obtiene para fines de catastro cuenta con un gran nivel de detalle, esto permite utilizar esta información en actividades que se orientan mas a la utilización de suelo, el urbanismo y la planificación de los servicios. Un SIG puede contar con muchos datos descriptivos que no se encuentran en otros lugares, también puede carecer de otros elementos que no son necesarios en la utilización de información catastral

Figura 15. Catastro urbano



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, División de apoyo al Catastro agosto septiembre de 2001

2.1.1.3 Cartografía

La cartografía se puede definir como la ciencia, la tecnología y el arte de elaborar mapas que representen los datos geográficos y espaciales.

Como se mencionó antes, los mapas constituyen tanto una fuente de información para un SIG, como también una aplicación de éstos. No es precisamente copiar y pegar los datos de un mapa en papel a formato digital, los mapas que se obtienen de un SIG representan una gran variedad de acuerdo a diversas necesidades.

La cantidad de mapas temáticos que se pueden adquirir, está en función de las diferentes combinaciones que se pueden realizar con las capas de información que se poseen, así como de otras variables específicas que generalmente no se encuentran en los mapas análogos.

Ejemplo de un mapa producto de un SIG tenemos: intensidad de lluvias, zonas de alto riesgo de derrumbe durante el invierno, zonas de mayor tránsito peatonal. Estos mapas en ocasiones son el resultado de combinar datos obtenidos de varias fuentes y el uso de probabilidades de acuerdo a información estadística o análisis temporales.

La cartografía que se obtiene de un SIG posee muchas ventajas y se puede utilizar en muchos servicios, desde el comercio, educación hasta la planificación de acciones a escala gubernamental y/o municipal.

2.1.1.4 Redes de infraestructura

Los Sistemas de Información Geográfica pueden aplicarse a trabajos de planeación y mantenimiento de los recursos públicos, (sistema de drenajes, red de distribución de agua potable, sistema de electrificación, información de catastro inmobiliario, localización de parques y escuelas, etc.) un SIG permite contar con un inventario de todos estos recursos, así como la localidad de cada uno de ellos.

Con esta información es posible realizar una mejor distribución de los recursos, analizar la forma de mejorar su utilización y relacionar fenómenos sociales de acuerdo al nivel de concentración de éstos. Esta información también es de utilidad para instituciones privadas, un ejemplo de esto: cuando una nueva compañía telefónica empieza sus actividades, solicita un mapa que contenga la ubicación de todos los teléfonos públicos de las otras compañías.

La utilización de un SIG para redes de infraestructura se tienen por ejemplo: coordinar los trabajos para el saneamiento de la red de drenajes, verificación de las instalaciones del alumbrado público, etc.

2.1.1.5 Urbanismo

El urbanismo es el desarrollo unificado de las ciudades y sus alrededores. A lo largo de la historia, el urbanismo se ha centrado en la regulación del uso de la tierra y en la disposición física de las estructuras urbanas según criterios de arquitectura e ingeniería.

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica en este campo, ayudan a establecer objetivos y a conocer las limitaciones del desarrollo urbano en una región. Este desarrollo urbano comprende conocer las densidades y utilidades de suelo permitidas para la construcción, planificación de los servicios públicos en beneficio de los habitantes y creación de proyectos para prevención de desastres.

Sobre este tema las partes más interesadas pueden ser: las municipalidades, encargadas de realizar planes para la circulación de vehículos, el transporte público, proyectos de protección ambiental y otros. La utilización de un SIG para el urbanismo, puede proporcionar muchas ventajas también a otras instituciones y empresas.

2.1.1.6 Análisis de fenómenos sociales

Algo bien conocido es que, no importa de que país se trate, todos tienen su sector peligroso, aunque últimamente es muy difícil que un lugar sea considerado seguro, existen lugares que se caracterizan por su alto nivel de delincuencia. Pero ¿a qué se debe esto? Algunas de las siguientes hipótesis pueden ser la causa

- ¿Existe una gran cantidad de ventas de licor y armas en este lugar?
- ¿Hay muy pocos o ningún centro recreativo o deportivo en este lugar?
- ¿No existen estaciones de policía o no son suficientes para esta zona?
- ¿La ubicación de este sector propicia que se escondan delincuentes (está al lado de un barranco, o lo circundan terrenos baldíos)?

Con la utilización de un Sistema de Información Geográfica se facilitaría el análisis de las regiones de mayor peligrosidad, ya que proporciona relaciones que no serían identificadas a simple vista. Las personas que tengan experiencia en este tipo de casos, pueden decirnos que son varias de estas hipótesis combinadas las causantes de la situación y que aunque se eliminen estas causas, el problema no terminará, pero muy posiblemente disminuiría.

¿De qué forma se puede saber? ; ¿Qué otros fenómenos sociales existen?, Claro que son muchos algunos quizá no tengan una conexión geográfica, es decir no importa su localización, pero ésta puede ayudarnos a determinar que lo origina. Entre los fenómenos sociales que podemos mencionar tenemos:

- zonas con alto grado de deserción escolar
- regiones en donde se comercia mucho con drogas
- áreas en donde el índice de desintegración familiar sea considerable
- región con gran cantidad de indigentes y niños de la calle

2.1.1.7 Gobierno y municipalidades

La mayoría de la información necesaria para operar la municipalidad está dirigida al territorio sobre el cual tiene facultades de operar. Es conveniente que pueda acceder de una forma ágil a datos que muestren entre otras cosas: cantidad de ciudadanos inscritos por región, zonas de mayor concentración de viviendas, zonas de mayor afluencia comercial, zonas de mayor tránsito vehicular y peatonal, cantidad de edificaciones y tipo de construcción para recaudación de impuestos, etc.

Con esto se pueden organizar mejor los servicios de transporte, dirigir más efectivamente proyectos de construcción de viviendas populares, controlar regiones de alto riesgo para que sean habitadas, aumentar la seguridad en lugares de alto índice de criminalidad, puede realizar una proyección de los ingresos en los próximos años y planificar a largo plazo de una forma más acertada.

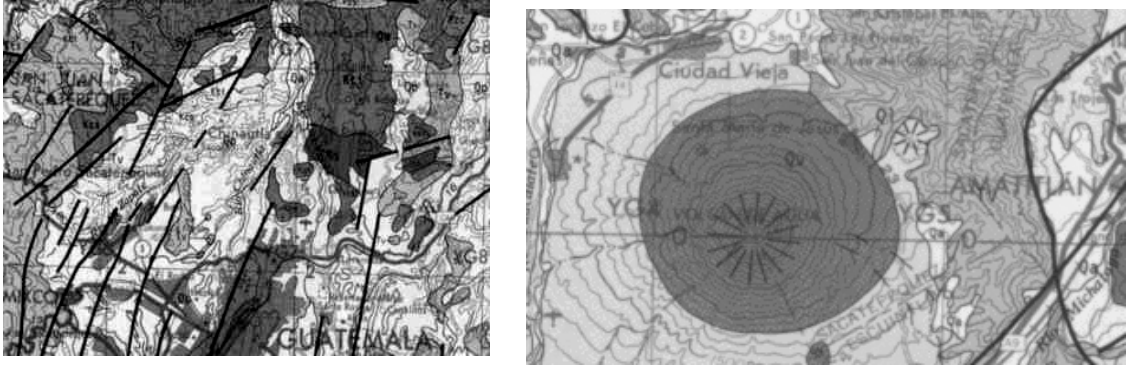
En este punto puede observarse que los SIG proporcionan servicios que pueden ser utilizados para muchos fines, en ocasiones diversas instituciones puede requerir de similar información y utilizarla en proyectos muy diferentes. Es evidente la gran ayuda que proporcionaría contar con un Sistema de Información Geográfica, con gran cantidad de detalle en su información.

2.1.1.8 Geología

En la geología se utilizan los SIG para visualizar en forma tridimensional las estructuras, la geomorfología, el comportamiento de la distribución de los depósitos, etc. el análisis de una región para exploración minera, de petróleo o simplemente para reconocimiento, es un ejemplo de aplicación. Los geólogos identifican patrones geológicos en la superficie de la tierra, relacionando diversos datos geológicos. La mayoría de los depósitos de minerales importantes no están expuestos en la superficie de la tierra, para localizarlos es necesario inferir su presencia.

En la producción de mapas geológicos se utiliza la información contenida en un SIG y es utilizada para la producción de cartografía. Este es un ejemplo de dos porciones del mapa geológico de Guatemala que originalmente está disponible en escala 1:250,000.

Figura 16. porciones del mapa geológico de Guatemala, escala 1:250,000



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, agosto - septiembre de 2001.

2.1.2 Aplicaciones ambientales

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se están aplicando mucho al manejo forestal y la biodiversidad. También se usa como herramienta en la protección del medio ambiente, identificación de la distribución de especies de flora y fauna, la determinación del impacto ambiental de actividades humanas, estudio y manejo de ecosistemas, análisis de áreas protegidas, manejo de desechos y monitoreo de la calidad de las aguas.

Las aplicaciones ambientales se utilizan principalmente por organizaciones que buscan evitar desastres ambientales, teniendo información de eventos ocurridos anteriormente, pueden realizar proyecciones de acuerdo a situaciones hipotéticas. Todo esto tiene como objetivo, el tomar conciencia de las repercusiones de nuestros actos.

2.1.2.1 Evaluaciones de impacto ambiental

Una gran herramienta en las evaluaciones de impacto ambiental es la fotografía aérea y las imágenes de satélite, éstas permiten observar las condiciones actuales de ciertas áreas y determinar las causas de su estado.

Se ha hablado mucho de la utilización de los SIG para la evaluación de las condiciones del suelo o para observar el comportamiento de regiones en consecuencia de acciones como construcción de caminos, poblados, etc. La utilización de modelos con la información contenida en una base de datos geográfica, permite observar cómo afectan y que soluciones menos agravantes se pueden utilizar.

Los modelos siguen aportando una gran ayuda para evaluar condiciones hipotéticas y analizar las reacciones obtenidas. Esto se aplica entre otros al medio ambiente, evaluando situaciones como el aumento de la población, desechos y contaminación del aire y agua, con esto se pueden ver las reacciones con cierto grado de certeza.

Por ejemplo, se tiene una porción de bosque que sirve de pulmón a la ciudad capital, la construcción de edificaciones habitacionales o de cualquier tipo traen consigo la disminución del bosque, esto puede provocar el aumento de la contaminación del aire, aumento de la erosión y deslave de tierras cercanas.

Cuando las consecuencias se tienen a la vista, existe la posibilidad de que se tomen las acciones necesarias para evitarlas o para que sus efectos no sean tan graves.

Si no se posee un SIG, serán muchas las ocasiones en las que no se cuente con los modelos que permitan identificar problemas, disminuyendo la cantidad de información disponible para tomar decisiones.

2.1.2.2 Diagnóstico y monitoreo de recursos

Son considerados como recursos, elementos como ríos o lagos que sirvan para irrigación de sembrados o como fuentes de agua potable, extensiones de tierra fértil que pueden ser utilizadas para la agricultura, áreas para uso ganadero, regiones boscosas sostenibles para extracción de maderas, áreas de extracción de metales o minerales, etc.

Cada uno de estos recursos debe tenerse controlado y se debe proporcionar la forma para utilizarlos eficientemente. Un SIG ayuda a planificar la utilización de estos recursos, permite crear modelos del estado actual de los recursos junto con características de su entorno. Por ejemplo, al simular la utilización de una extensión fértil de tierra para la agricultura, podemos evaluar el impacto que puede producir la utilización desmedida de fertilizantes químicos, el agotamiento de la tierra, etc. y poder determinar la mejor forma de su utilización sin perder la oportunidad de utilizar esta tierra en los próximos años.

2.1.2.3 Análisis multitemporales

Este análisis se puede realizar a través de imágenes de satélite o fotografías aéreas de diferentes fechas sobre la misma región, con un procesador de imágenes digitales, se pueden establecer los cambios producidos durante el tiempo de análisis. También es posible obtener cuadros estadísticos de las variaciones producidas.

El análisis multitemporal es utilizado en otras aplicaciones no solamente para el medio ambiente. Un ejemplo de puede ser: Observar el crecimiento o reducción de un área boscosa en los últimos 5 años; La velocidad en la que avanza el crecimiento de un desierto; La reducción de masas de agua durante una época de extrema sequía.

Contando con este tipo de información se tiene con la oportunidad de prever el estado futuro de áreas de interés, una vez más un SIG permite analizar estas situaciones, realizar proyecciones a futuro de cómo evolucionaran los eventos y facilita la toma de decisiones. haciendo esto se pueden observar situaciones tales como:

- El crecimiento de un desierto
- Crecimiento de regiones pobladas
- Monitoreo de deforestaciones y límites boscosos
- Impacto por el desarrollo industrial
- Cambios generales en el uso de la tierra

2.1.2.4 Espacios forestales y/o protegidos

Tanto la característica hidrológica (masa de agua y ríos) de un área, como regiones boscosas y áreas protegidas, deben vigilarse periódicamente y permitir realizar diagnósticos del estado en el que se encuentran. Un SIG permite hacer estas actividades, para asegurar que se preserven para el futuro y que conserven la calidad necesaria para que cumplan con su función.

Es decir un lago que con el tiempo se esté contaminado, en el futuro se convertirá en foco de enfermedades y se perderá la diversidad silvestre que en un momento albergó.

Por otro lado, un área protegida es eso, un lugar que se está monitoreando constantemente, para evitar que se destruya lo que alberga, ya sean animales, plantas o individuos (aborígenes por ejemplo), que son considerados en vías de extinción y la pérdida de este lugar representa un daño irreversible.

2.1.2.5 Estudio de cuencas

El agua es siempre un recurso muy útil y en las últimas décadas se ha hecho más visible los problemas que se generan cuando ésta se contamina o se acaba. El agua está directamente relacionada con el bienestar de los seres humanos, animales y plantas de una región.

El agua no es un problema específico de una región. Se sabe que cuando se vierten desechos tóxicos en el mar, se crea una reacción en cadena que llega a afectar hasta los seres humanos que no viven cerca. Lo mismo pasa cuando los desechos tóxicos son enterrados y alcanzan el manto acuífero, todo un poblado que dependa de los ríos afectados. Estarán condenados a padecer los efectos de la intoxicación, que muchas veces incluyen la muerte.

¿Cómo puede ayudar un SIG en esto? Lamentablemente, se conocen de cuencas intoxicadas hasta que sus efectos son visibles. (enfermedad y muerte de personas y animales)

Pero identificando éstas, es posible evitar que aumente el número de personas afectadas. Puede ayudar a buscar medios de saneamiento de las aguas y contribuir a que las autoridades concernientes tomen cartas en el asunto para evitar que aumente el número de cuencas tóxicas.

2.1.3 Utilización del suelo

En la actualidad ésta es una de las aplicaciones de más uso de un SIG, debido al crecimiento de las poblaciones y en consecuencia de las ciudades, es necesario aprovechar al máximo las áreas que se tengan disponibles para la construcción de viviendas, construcción de comercios, para la agricultura, para la ganadería.

Entre las muchas aplicaciones que proporciona un SIG, dar informes de la utilización del suelo puede resultar muy útil, permitiendo conocer la ocupación de suelos y su utilización.

2.1.3.1 Cobertura del suelo

Esta es otra de las utilidades más frecuentes de un SIG, la necesidad de conocer la cobertura del suelo fue una de las causas por las que se planteó la urgencia de poseer un inventario del suelo de forma organizada para su fácil obtención.

La cobertura del suelo comprende conocer cómo está compuesta cierta región, las coberturas pueden ser: zonas boscosas, zonas con edificaciones habitacionales, zonas dedicadas al cultivo, zonas dedicadas a la ganadería, vegetación dispersa, áreas verdes o recreativas, propiedades privadas o públicas, en resumen toda aquella forma de identificar la ocupación de un espacio de suelo.

Poseyendo información acerca de cómo está dividida una región, se pueden establecer que porciones de territorio están dispuestas para ser ocupadas o trabajarlas de acuerdo a lo que sea necesario y principalmente de acuerdo a la vocación del suelo.

2.1.3.2 Uso potencial del suelo

El uso potencial de suelo, como su nombre lo indica, proporciona información de las posibles utilizaciones que se le puede dar a una extensión territorial. La principal atención se da cuando se planea utilizar espacios para la construcción de viviendas, esto deriva la construcción de caminos, establecimiento de áreas destinadas a la siembra, etc.

El uso potencial de suelo proporcionado por un SIG, implica conocer los riesgos o las ventajas de cambiar la cobertura actual de una región por otra. Esta aplicación sería de mucha utilidad para prever situaciones tanto favorables como desfavorables de una elección tomada.

2.1.4 Geomarketing

Las estrategias de mercado han evolucionado mucho desde que se inició, el *geomarketing* es la combinación de ubicar a los posibles clientes, agregando la componente de localización espacial a la segmentación de mercado tradicional a las técnicas del *marketing*.

La utilización de un SIG y su aplicación a las áreas del *marketing* posibilitan el análisis de los negocios de una forma intuitiva visual y práctica. Con la utilización de un SIG y la apropiada información de mercadeo, se pueden obtener mejores resultados en:

- Organización de la red de ventas
- Identificación de puntos de ventas de la competencia
- Ubicación de clientes potenciales
- Creación de micro segmentos e identificar tipologías
- Implementación de nuevos puntos de ventas
- Informes comerciales
- Mejorar el soporte de ventas

De acuerdo al nivel de organización en donde se apliquen, los SIG proporcionan los siguientes tipos de ventajas: Estratégicas y Funcionales.

- **Estratégicas:**
 - Fijar el precio en función de las variables analizadas por zona.
 - Análisis de la gestión de producto por zona donde se comercializa.
 - Análisis de la clientela, así como los almacenes existentes en una determinadas zona y su comunicación por la red de carreteras nacional.

- **Funcionales:**

- Identificación de los ataques de la competencia por segmento.
- Adaptación de los mensajes publicitarios según cada segmento.
- Facilitar la gestión de una red logística
- Ubicación de la red de ventas
- Reubicación de puntos de ventas.

2.2 Servicios que proporciona

Los servicios presentados como resultado de un SIG, pueden ser adquiridos por cualquier usuario, no importando en que lugar se encuentre. Se han construido muchos Sistemas de Información Geográfica de propósito general a nivel mundial. Estos prestan sus servicios a muchos usuarios alrededor del mundo, adquiriéndolos por Internet en la mayoría de los casos.

2.2.1 Mapas (servidores de mapas por *Internet*)

Los servidores de mapas por Internet es una de las aplicaciones mejor conocidas de un SIG, hasta el momento una de las más explotadas por muchos usuarios alrededor de mundo. Se cuentan con varias empresas que proporcionan este servicio, presentado en sus mapas sólo algunas capas de información sobre las áreas que se manejan.

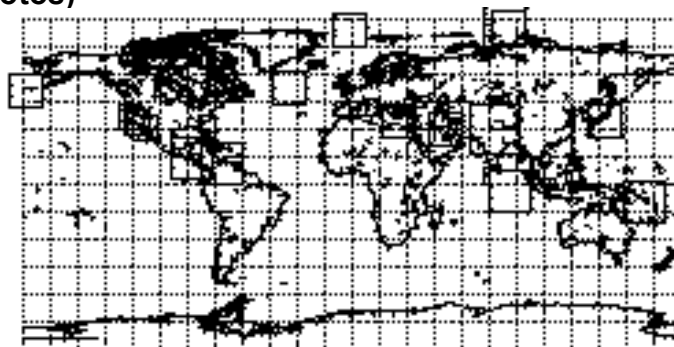
Por lo general los mapas cuando son a nivel mundial, son presentados a una escala muy grande, en donde el nivel de detalle es poco, pero no es esencial para presentar la información solicitada. En el caso que se presente mapas con mucho nivel de detalle, la zona de cobertura es muy pequeña.

Cuando se necesitan imágenes con información específica de una región en particular, es posible obtenerlos, ya que muchas de las empresas proporcionan el servicio de imágenes de satélite de áreas específicas, tardando un máximo de 24 horas en obtenerlas, dependiendo de la posición de los satélites en ese momento.

Así también es posible obtener mapas con un gran nivel de detalle de las capas de información que posean las empresas que distribuyen mapas por Internet, aun cuando los servicios son tan específicos, es posible obtener buenos resultados. Entre la información que presentan algunos servidores de mapas en Internet tenemos:

- Presentación nivel mundial de lugares de gran actividad sísmica. Esta información presentada en tiempo real y es realizada por asociación de instituciones encargadas de presentar información sísmica en Internet e instituciones dedicadas a la presentación de mapas en Internet. Existen sitios de Internet educativos que presentan imágenes ampliadas de la región posibilitan la obtención de datos estadísticos de movimientos sísmicos anteriores.

Figura 17. *The World-wide Earthquake locator* (localizador mundial de terremotos)



Fuente: (Bruce Gittings. departamento de Geografía, Universidad de EdiMburgo) marzo - mayo de 2001.

2.2.2 Bases de datos geográficas

Para muchas instituciones es una mejor opción para iniciar un Sistema de Información Geográfica, adquirir una base de datos geográfica, proveniente de instituciones que se dedican a su construcción y distribución.

Teniendo la información básica en esta base de datos, se pueden introducir datos de otras variables de interés para los clientes, el trabajo de ingresar nuevas capas de información a la base de datos, coordinar las tareas en cuanto al manejo de esta información y la elección del *software* apropiado, comprenden el desarrollo de un SIG para los clientes.

Esto es muy apropiado cuando la información de las capas de cartografía básica será de utilidad y no se repetirá el trabajo realizado para su obtención y digitalización, Es más conveniente adquirir una base de datos geográfica con información básica, para que ingresen información sobre los temas que les interesa

2.2.3 Servicios en Salud

La utilización de herramientas SIG para los servicios de Salud, proporcionan:

- Identificación de factores epidemiológicos relacionados a los aspectos geográficos del territorio.
 - Puede establecerse que la principal causa de las enfermedades de una región sea atribuida a la falta de drenajes o que éstos están a flor de tierra.

- La falta de agua potable es la principal causante de los problemas epidemiológicos que se sufren.
- Detectar factores de riesgo de Salud.

- Evaluar la efectividad de las intervenciones de Salud para planificar y organizar las acciones de Salud.
 - Los SIG puede ayudar a delimitar las áreas en las que las intervenciones de Salud han dado buenos resultados.
 - Identificar las necesidades insatisfechas.
 - Caracterizar áreas y grupos poblacionales de gran prioridad para aplicar tratamientos de Salud.

Con la utilización de los Sistemas de Información Geográfica para servicios de Salud, es posible lograr objetivos a corto y largo plazo como pueden ser:

- Fortalecer las capacidades epidemiológicas.
 - Análisis de situación
 - Vigilancia en Salud
 - Monitoreo y evaluación de actividades de prevención de Salud.

- Fortalecer la capacidad analítica de los gerentes y tomadores de decisión de Salud.

- Evaluación del impacto de intervenciones de poblaciones.

3. HISTORIA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN GUATEMALA

En 1527 en un mapa oficial español, aparece por primera vez el nombre de “Guatemala” solamente como un punto de referencia. Dos años mas tarde aparece en un mapa del istmo centroamericano.

De 1544 a 1831 se publica una serie de mapas editados en Alemania, España, Francia, Holanda, Italia, Inglaterra y Estados Unidos de Norte América, en los cuales aparece Guatemala.

En 1832 dos casas editoras en Guatemala publican mapas que se titulan Carta del Estado de Guatemala en Centro América” y el “Departamento de Chiquimula”. En 1860 aparece un “Mapa Elemental de la República de Guatemala”, compilado por Francisco Gavarrete y editado en Guatemala. En 1924 se publica el mapa a escala 1:400,000 levantado por Claudio Urrutia y editado en Alemania.

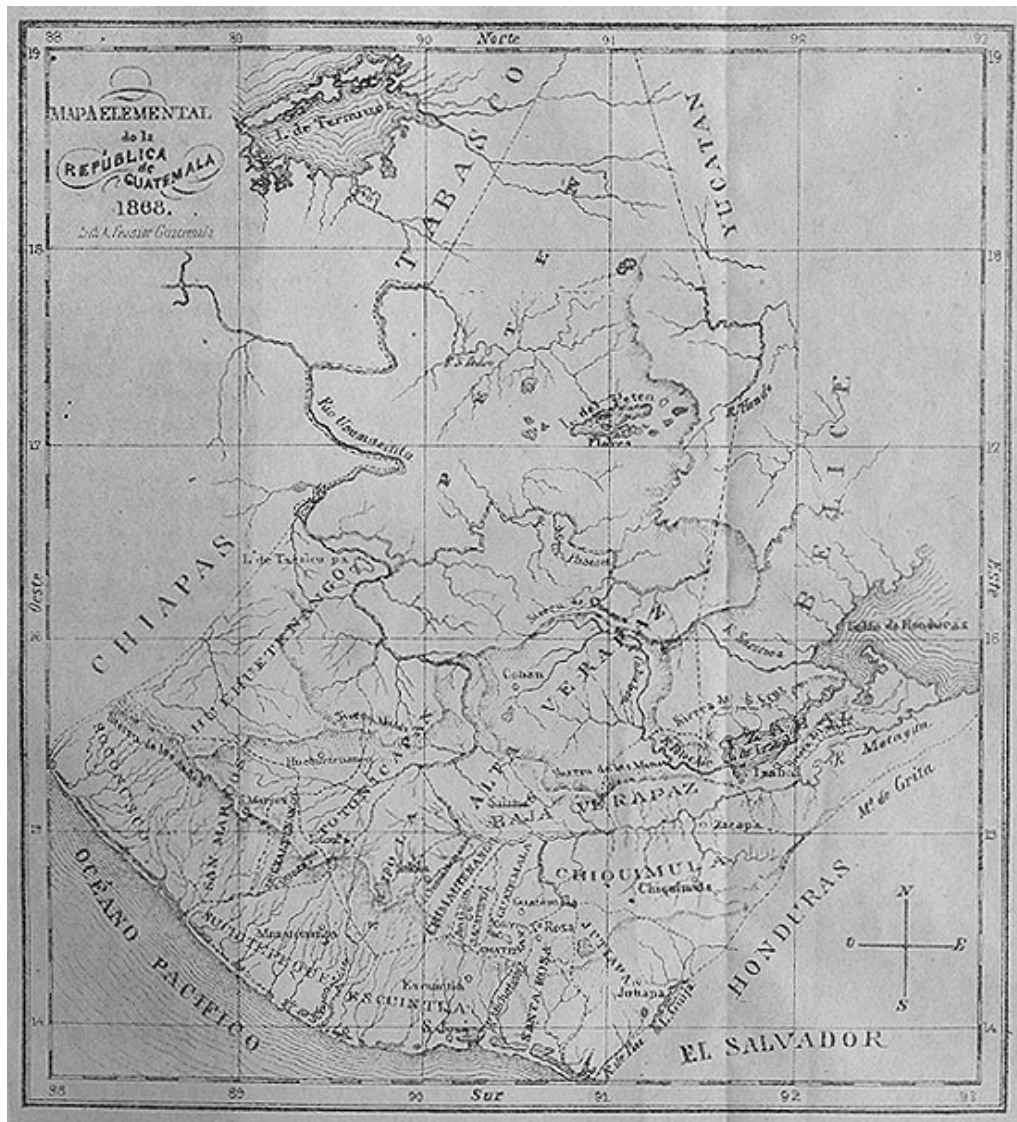
En 1945, aparece el mapa preliminar de la República, elaborado por el Departamento de Mapas y Cartografía de Guatemala. En 1948, Arimany edita un mapa de la República de Guatemala, compilado por Federico P. Torroella.

Al integrarse la Comisión Técnica de Demarcación de la Frontera entre Guatemala y Honduras en 1932, se inicio el trabajo geodésico que forma parte del sistema de control terrestre con que cuenta Guatemala actualmente.

Este es el verdadero inicio de la cartografía básica en Guatemala, ésta comisión levanto, por primera vez en Centro América, mapas basados en triangulaciones de primer orden y con aerofotografía tomada por el cuerpo aéreo del Ejército Norteamericano.

Ing. Marcos Sutuc. Facultad de Ingeniería.

Figura 18. Mapa elemental de la República de Guatemala



Mapas antiguos, España 2001.

3.1 Trabajos de Cartografía en Guatemala

De acuerdo al Ingeniero Marcos Sutúc Jefe de la División Cartográfica del Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, indica que en la realización de los primeros trabajos de cartografía en Guatemala, participaron diferentes instituciones, algunas de éstas son:

- Comisión Técnica de Demarcación de la Frontera de Guatemala y Honduras, funcionó de 1932 a 1936
- La Comisión Mixta de Límites entre Guatemala y El Salvador, funcionó de agosto de 1935 a septiembre de 1945.
- La sección de Ingeniería, adscrita al Ministerio de Relaciones Exteriores, funcionó de noviembre de 1940 a enero de 1945.
- El Departamento de Mapas y Cartografía del Ministerio de Obras Publicas, funcionó de enero de 1945 a septiembre de 1954
- La Dirección General de Cartografía, también del Ministerio de Comunicaciones y Obras Publicas, funcionó de septiembre de 1954 a diciembre de 1964. Posteriormente en 1964 a 1983 fue llamado Instituto Geográfico Nacional, siempre como dependencia del Ministerio de Comunicaciones y Obras Publicas.

- Por acuerdo Gubernativo 526/82 del 28 de diciembre de 1982, se convirtió en el Instituto Geográfico Militar, ésta vez como dependencia del ministerio de la Defensa Nacional, unificándose con el servicio de cartografía del Ejército, la cual fue la División de Mapas Militares.
- Finalmente se convierte en el Instituto Geográfico Nacional de Guatemala IGN, el cual sigue funcionando en la actualidad y proporciona servicios de cartografía a toda clase de usuarios.

4. PASOS PARA LA UTILIZACIÓN DE UN SIG EN GUATEMALA

La creación de los Sistemas de Información Geográfica en Guatemala, se debe a la necesidad de las instituciones del estado y particulares de trabajar con una base cartográfica general lo más exacta posible. Al inicio cada institución hacía sus propios mapas y trabajaba la información geográfica de diferentes temas, pero al momento de tratar de integrar la información con la de otras instituciones, ésta no concordaba debido a la utilización de diferentes coordenadas, diferentes escalas y otras incongruencias que no permiten su integración.

4.1 Creación de IGN de Guatemala

El Instituto Geográfico nacional, anteriormente era el Instituto Geográfico Militar, el cual era el encargado de administrar toda la información cartográfica existente hasta ese momento.

Desde 1998 hasta nuestros días ha sido llamado Instituto Geográfico Nacional (IGN) y su principal función es servir como rector de la información geográfica a nivel nacional, supervisa la producción cartográfica de otras instituciones para dar fe de la calidad de la información proporcionada, al mismo tiempo, tiene la ardua tarea de recopilar y actualizar información geográfica ya existente.

4.2 Proyectos iniciales

Se tiene la construcción de la base de datos consistente en 13 hojas topográficas a escala 1:250,000 para cubrir la república, en cada hoja de ésta escala caben 36 hojas a escala 1:50,000. Contienen 8 capas de información (carreteras, hidrografía, áreas pobladas, vegetación, altimetría o curvas de nivel a cada 100, toponimia)

La información ya digitalizada de éstas hojas se debe estar actualizando continuamente, además de la fotografía aérea se utilizan otros medios de obtención de información, pues la fotografía aérea no proporciona elementos como nombres y algunas características del lugar.

Para obtener esta información se realizan brigadas de campo con equipos de 2 personas, en 8 días recorren 500 km², llevan unas sobrepuestas las que contienen las dudas a resolver en el campo. (Escritos manuales sobre la fotografía).

En el caso de la actualización de la información geográfica de nuestro país, se realiza utilizando todos los medios disponibles, ésta actualización debería realizarse a intervalos máximos de cada 5 años.

Proyecto PAABANC

En 1998 se realizó la constitución de un pequeño SIG con ayuda del IGN de Francia, en éste se digitalizaron 24 hojas topográficas, a escala 1:50,000. Este proyecto fue financiado por el ministerio de Economía y Finanzas Francés.

Como parte de este proyecto, se contó con la capacitación de 6 técnicos en el uso de *software* para el manejo de información geográfica y técnicas de adquisición de datos digitales.

Este proyecto proporcionaría el inicio de la constitución de una base de datos geográfica de uso general, para entidades tanto gubernamentales como privadas que necesiten esta información.

Diccionario geográfico digital de Guatemala

Este tiene por objetivo crear un *CD* que contenga toda la información geográfica de Guatemala, con esto evitar los problemas de la utilización de papel y otros problemas derivados de la impresión del material. Esto permitirá realizar una búsqueda en poco tiempo y reducirá el precio de adquisición.

Toponimia Nacional

Se debe actualizar y registrar los nombres de entidades y fenómenos geográficos de Guatemala. Este no es un trabajo fácil, debido al crecimiento de la población, la información toponímica cambia y aumenta considerablemente. Se planea realizar este inventario trabajando 3 departamentos del país por año.

El Departamento de Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, cuenta el inventario de nombres geográficos más grande (a nivel nacional), aceptado oficialmente como válido para su consulta.

Otros trabajos

Actualmente hay 30 hojas digitalizadas a escala 1:50,000, de las 259 que cubren todo el territorio nacional. Este es el segundo año que se está trabajando con JAPÓN, ellos proporcionarán la digitalización de 74 hojas topográficas a escala 1:50,000, esto equivale a 30,000km². Con esto se llegaría a tener 104 hojas digitalizadas.

Así mismo el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) está digitalizando 36 hojas de algunas regiones como parte de otro proyecto para algunas municipalidades departamentales con las que esta trabajando.

También se tiene el proyecto de catastro urbano del Petén, en donde la principal entidad dedicada al desarrollo de este proyecto es la Unidad Técnica Jurídica de Protierra.

4.3 Proceso de desarrollo de un SIG

Entre las cosas que se deben tomar en consideración antes de empezar con la recolección de datos son:

- Necesidades a cubrir, estructura del sistema
- Fuentes disponibles
- Elección de las fuentes disponibles a utilizar
- Desarrollo de la planificación
- Establecimiento de metas a corto y largo plazo.\
- Organización del desarrollo del trabajo

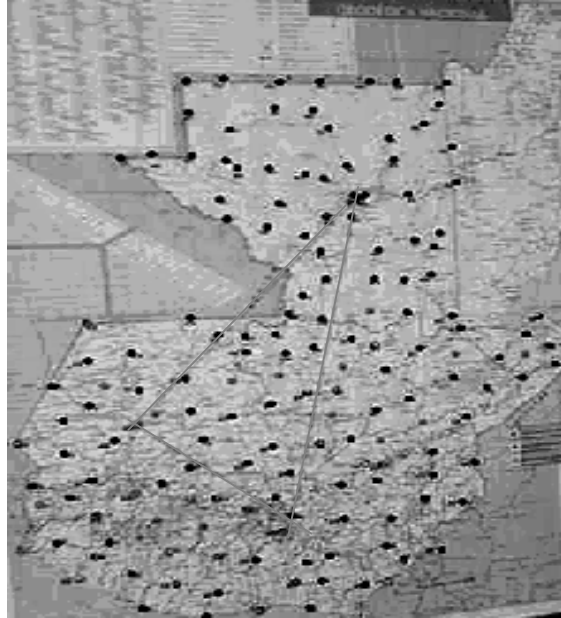
4.3.1 Red Geodésica Nacional

En el Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, se cuenta con una división de geodesia, la cual se encarga de establecer, mantener y modernizar la red geodésica nacional mediante los procesos de levantamiento de control horizontal y control vertical. El control horizontal está basado en el elipsoide de Clarke 1866 y el Datum norteamericano de 1927. El control vertical está basado en el Datum del Puerto de San José 1949-1950. Esta red consta de 160 puntos, teniendo una cobertura entre punto y punto de 30 kilómetros de separación entre sí.

Para la ubicación de estos puntos se realizan los procedimientos de trabajo de campo, utilizando los estándares y normas internacionales geodésicas para darle un posicionamiento preciso geodésico a cada punto, utilizando equipos de GPS para calcular las posiciones de cada uno de los puntos. Se tiene un 75% de puntos ya medidos y monumentados.

La red geodésica nacional cuenta con 3 puntos principales llamados estaciones geodésicas absolutas las cuales están en observación continua los 365 días del año. Estas estaciones están ubicadas en el aeropuerto la Aurora, sitio arqueológico de Zaculeú, y el aeropuerto de Sta. Elena en Petén.

Figura 19. Sistema geodésico nacional



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, División de Geodesia, agosto de 2001.

Se espera prestar una mayor cantidad de servicios de los que hoy en día están disponibles y tener una mayor publicidad, pero tomando en cuenta el personal existente, el IGN proporciona todos los servicios hasta donde los recursos existentes se lo permiten.

Al principio se necesitó trabajar tres turnos para lograr la digitalización de la base digital cartográfica única en escala 1:250:000 es un verdadero logro por parte de IGN, pero se debe mantener la actualización de esta información es un trabajo muy laborioso, de largo plazo, costoso y es un proceso que no acabará, debido a lo cambiante que es la geografía

Actualmente el Instituto Geográfico Nacional de Guatemala trabaja la información geográfica en dos formas, la primera es actualizando la información que ya se posee dentro del sistema, la segunda es obteniendo y procesando la nueva información.

A continuación se describen cada uno de los procesos por separado, mostrando cada una de las etapas que atraviesan los datos, así como los procesos que son llevados a cabo.

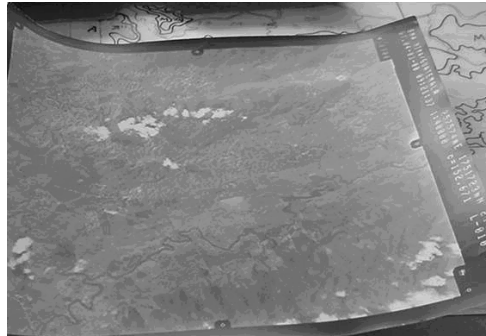
4.3.2 Actualización de la información

La información cartográfica con la que se inició en Guatemala fue tomada en su mayoría de mapas a escala 1:100,000. Dichos mapas poseen poca información acerca de fenómenos de la geografía terrestre del país que ocurrieron pocos años atrás, debido a que éstos son un poco antiguos.

Para realizar las actualizaciones, se debe establecer el área geográfica que será trabajada, teniendo esto definido, se realizan las siguientes actividades:

- Plan de vuelo y utilización de fotografías aéreas
- Identificación de cambios (actualizaciones)
- Grabado

Figura 20. Fotografía aérea utilizada para actualización de hojas



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, División Actualización agosto de 2001.

4.3.2.1 Plan de vuelo y fotografías aéreas

Para realizar ya sea la actualización de la información o la creación de nuevos datos sobre la base de fotografías aéreas, se debe crear un plan de vuelo, éste consiste en determinar la región a fotografiar, el tamaño a cubrir de esta región y la escala de las fotografías a utilizar.

Las fotografías aéreas son generalmente en escala de grises, esto debido a su menor costo en comparación con las fotografías a color. Las fotografías están numeradas y se toman las fotografías impares, dejando un área de 30% de latitud y un 60% de longitud entre una y otra para asegurarse una visión estereoscópica. La visión estereoscópica, consiste en ver una imagen desde dos ángulos ligeramente diferentes, para lograr una visión tridimensional del objeto.

Tanto aquí como en el proceso de fotogrametría descrito adelante, deben ser consideradas las distorsiones de las fotografías aéreas que ocasionan problemas en la interpretación. También pueden utilizarse las imágenes de satélite Landsat que proporcionan una mejor resolución (a casi un metro), pero son más costosas y requieren de *software* y *hardware* especial para el tratamiento de estas imágenes.

Dentro de la fotografía se trazan las líneas de apareamiento, también llamadas líneas netas las cuales sirven de división entre las fotografías impares, las fotografías pares son utilizadas para lograr la visión en 3ra dimensión (visión estereoscópica).

4.3.2.2 Identificación de cambios (actualizaciones)

Se comparan la hoja y la fotografía marcando las áreas que se encuentran alteradas, áreas que presentan cambios en la fotografía y que no están en la hoja que se trabaja. Estos cambios generalmente ocurren por el pasar del tiempo, las hojas que se actualizan tienen una antigüedad desde 5 hasta 10 años, presentando cambios considerables cuando se trata de regiones pobladas o transitadas.

Figura 21. Utilización de fotografías aéreas para actualización de hojas cartográficas.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, División De Actualización, agosto de 2001.

Luego de trasladar los cambios a las hojas se establece lo que es llamado Dudas para resolver en el campo, éstas consisten principalmente en establecer tipos de caminos, cambio en la vegetación y aquellas características que no se pueden apreciar lo suficiente en la fotografía.

Cuando se tienen todas las dudas a resolver en el campo, se realiza la investigación de campo, en este proceso se va al lugar señalado, se recorren los caminos, se recopila toda la información y se trae para la siguiente fase que es el trabajo de gabinete.

Durante el trabajo de gabinete, se revisa la información traída del lugar y se resuelven dudas con las personas que se encargaron de hacer el recorrido del área bajo estudio, todos estos datos se trasladan en la hoja para finalizar el proceso de actualización de hoja.

Para realizar la actualización de las hojas pueden utilizar dos procesos; uno, utilizando un compás de proporciones, que proporciona la escala de la foto por un lado, contra la escala de la hoja por el otro. Este se ajusta para pasar detalles que se encuentran a una escala en la fotografía a la escala actual de mapa.

El otro proceso para la actualización de las hojas se hace a través del “transferidor de imágenes”, en dicho dispositivo se coloca una transparencia de la fotografía la cual se proyecta a través de lentes y espejos para hacer coincidir los detalles de la foto con los de la hoja.

Es posible ajustar la escala de la imagen proyectada de la transparencia sobre la hoja que se está actualizando, para facilitar la identificación de los elementos cambiados.

Es muy importante recalcar que este proceso se utiliza con datos que ya existen, básicamente se trabajan los cambios que han surgido en la geografía de las áreas seleccionadas. Este proceso toma generalmente 1 mes de trabajo e incluye actualizaciones de la cultura, bosque, cambios a la cuadrícula, cambios en los marginales.

4.3.2.3 Grabado

Las hojas ya actualizadas, son traídas a la división de grabado, aquí se afinan los detalles dándoles un toque artístico a los mapas. Este proceso de grabado se realiza trasladando los cambios en una película que poseen un revestimiento de pintura. Esta es retirada en las partes donde se graban los detalles por medio de grabadores.

Figura 22. Resultados del proceso de actualización



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, División de Gravado agosto de 2001

Se plasman los detalles siguiendo los estándares establecidos en el manual de especificaciones, el cual rige el trabajo realizado en esta área. Este manual esta realizado por la DMA *Defense Mapping Agency* de Estados unidos, ahora también llamada NIMA *National Imaging and Mapping Agency*. En este manual se encuentran los detalles y las especificaciones acerca del color y calibre de las líneas que identifican los elementos. Para medir y calibrar los detalles se usa un instrumento llamado micrómetro.

4.4 Sistema Nacional de Información Geográfica (SNIG)

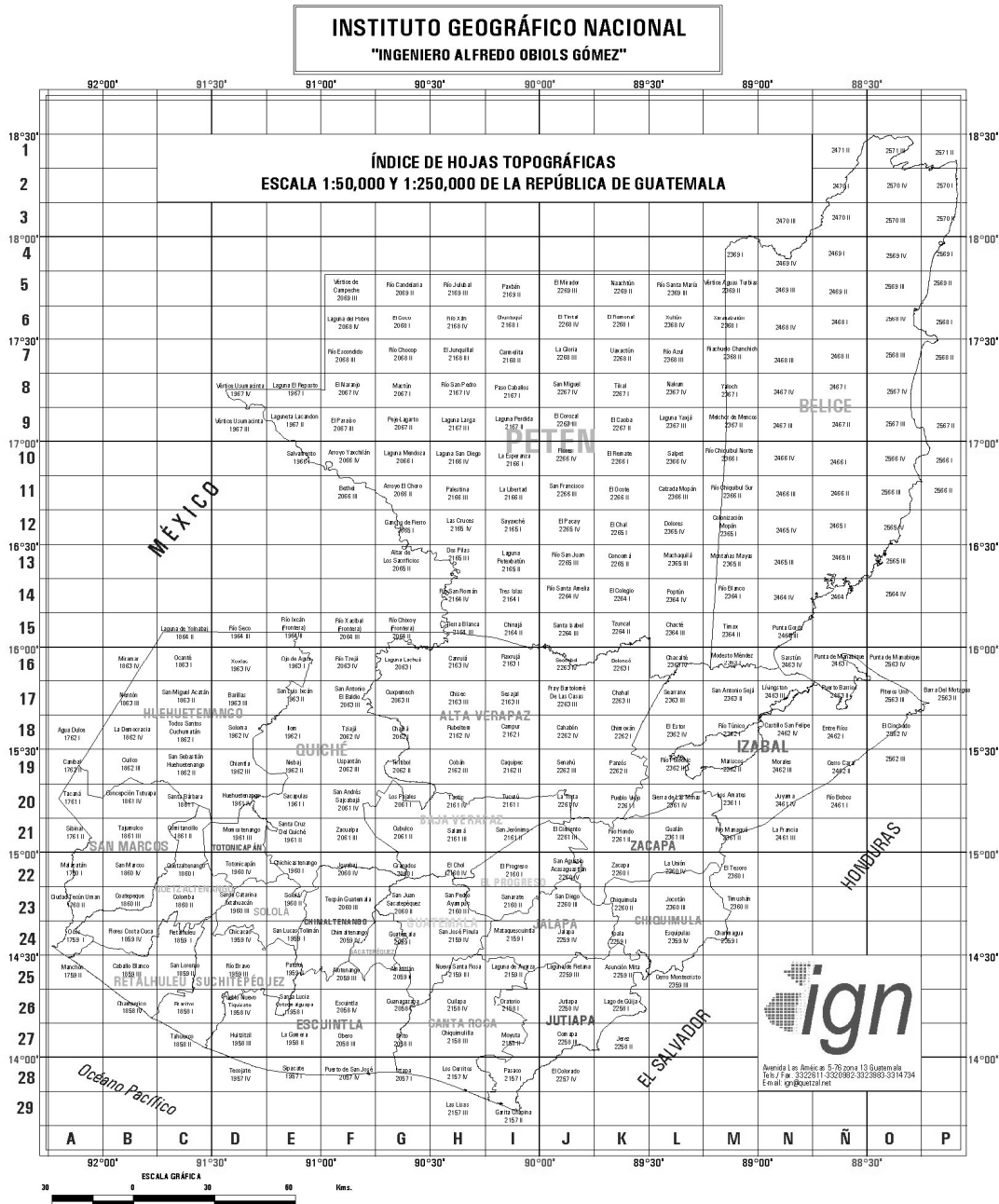
Para este proyecto trabajan entidades públicas y privadas, el IGN como coordinador de este proyecto, es el encargado de asegurar la consistencia y la calidad de la información que contenga este sistema.

El propósito del SNIG es que, cualquier entidad que genere o posea información geográfica digital, la proporcione a aquellas entidades participantes de este proyecto. En este proyecto llama la atención el espíritu de cooperación. En donde se practica la el intercambio de recursos (información para un SIG, equipo, personal, capacitación, tiempo, conocimientos etc.) esto con el objeto de poder llegar formar gracias al esfuerzo conjunto de las instituciones participantes, un sistema general de información geográfica para uso de todos.

Esta información debería estar a disposición de quien la necesite y debe proporcionar algo a cambio. Al final debe ser proporcionada al IGN para que se integre a la información ya existente, con esto se enriquezca el SNIG y así evitar la duplicidad de trabajo, contando con información estandarizada para uso general.

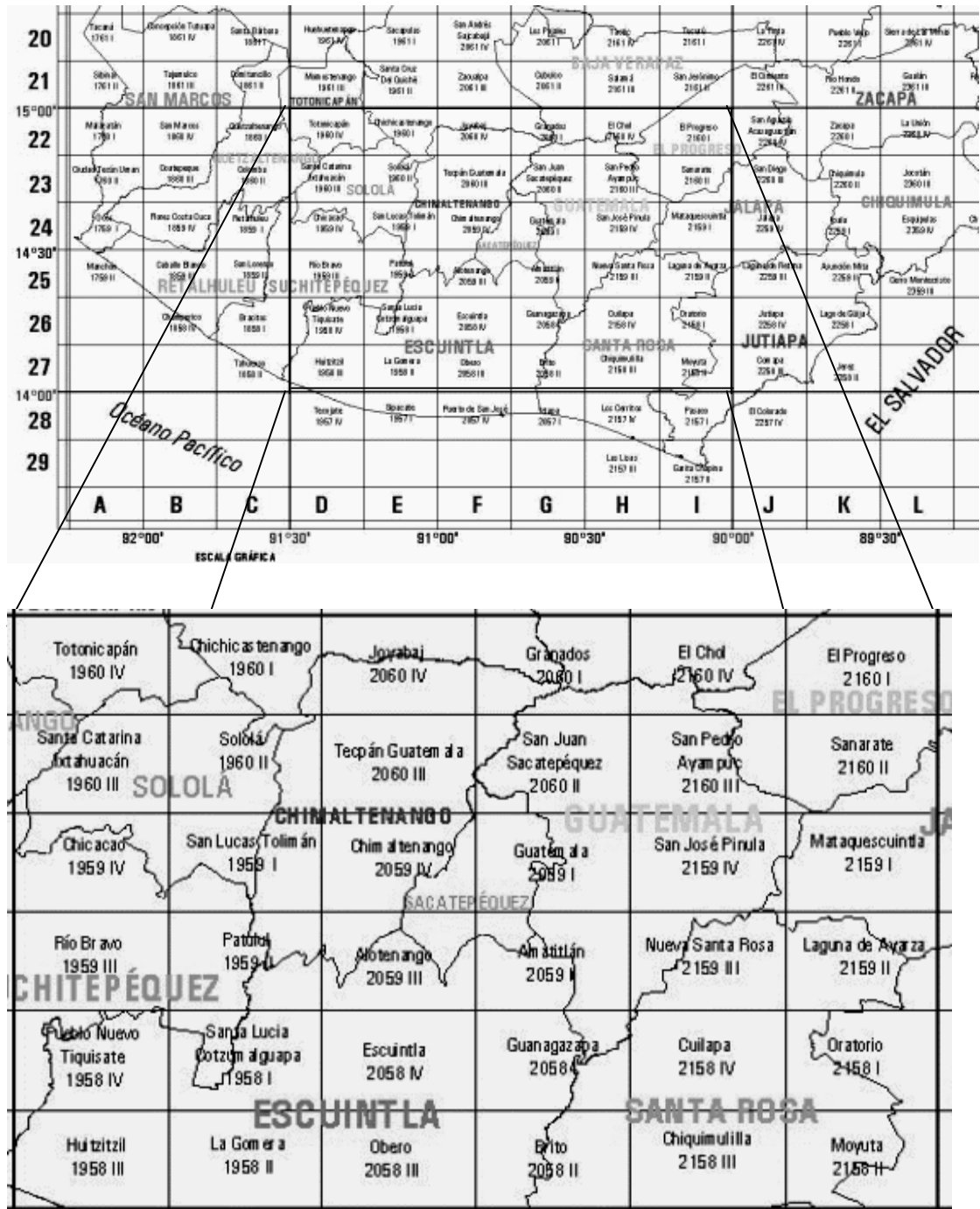
Parte del sistema esta constituido por la información análoga que se esta trasladando a formato digital. La regla que rige el desarrollo de este sistema es mantener la calidad de la información, con esto se trata de ingresar al sistema, solo aquellos datos que se encuentren en la escala apropiada y que sean lo más exactos que se puedan.

Figura 23. Hojas a escala 1:50,000 para el mapa de Guatemala



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, División de Cartografía agosto de 2001.

Figura 24. Ampliación del conjunto de hojas que cubre la región central.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, División de Cartografía agosto de 2001

Servicios

Entre los resultados que se esperan de este sistema están

- Cartografía base
- Cubrir requerimientos de delimitaciones
- Imágenes con perfiles (tres dimensiones)
- Información más precisa de características (cantidad de kilómetros asfaltados por ejemplo)

Limitantes

Entre las limitantes que se deben soportar están: la necesidad de contar con un mayor número de personal para desarrollar el trabajo en menos tiempo, costo que implica la capacitación de personal extra, falta de información de calidad por parte de otras instituciones.

La limitante de la capacitación del personal, se da en muchas instituciones que trabajan con Sistemas de Información Geográfica, y no solo en nuestro país.

5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SIG EN GUATEMALA

En este capítulo se presenta cómo algunas instituciones en Guatemala utilizan los sistemas de información geográfica. Para cada una se presenta una descripción de cómo trabajan utilizando los SIG y las ventajas que han obtenido de su uso, así como las desventajas que representan.

Al final se presentan las ventajas y desventajas de utilización de SIG, en una forma general tomando como base la situación de las instituciones presentadas.

5.1 Casos específicos

Se realizó una entrevista a diferentes instituciones que de una forma u otra, utilizan Sistemas de Información Geográfica para la realización de su trabajo. Básicamente los temas a tratar son:

- Como son utilizados los Sistemas de Información Geográfica para la institución.
- Que ventajas han obtenido de la utilización de los Sistemas de Información Geográfica.
- Y que desventajas se enfrentan actualmente para su utilización.

A continuación se presentan cada uno de los casos específicos.

5.1.1 IGN (Instituto Geográfico Nacional)

Su función a nivel nacional es la revisión y regularización de la información cartográfica. Es decir, IGN tiene la función de ser Rector de la información cartográfica a nivel nacional.

También es el encargado de mantener el conjunto más grande de toponimia existente hasta el momento. Debe velar por la manutención y actualización de la red geodésica nacional.

5.1.1.1 Ventajas

Como ente regulador de la información geográfica, el IGN utiliza los SIG para el tratamiento de esta información, comprobación de su calidad y fiabilidad, IGN cuenta con la información cartográfica base nacional más completa en el país en formato digital y análogo.

Hasta el momento se ha contado con el apoyo de gobiernos amigos, quienes han proporcionado tanto equipo, *software*, capacitación y trabajo que hace que el IGN sea una de las instituciones mejor involucradas con herramientas de SIG a nivel nacional.

El personal de IGN cuenta con una gran experiencia en la realización del trabajo de cartografía, esto permite que sus servicios y productos cuenten con la calidad que sólo ellos como institución pueden brindar.

La cantidad de productos que es proporcionada por el IGN, es grande y se estima que a medida que aumente la información contenida en los Sistemas de Información Geográfica que se manejan, se podrán proporcionar más productos de los que se tienen actualmente.

Gracias a la ayuda proporcionada por otros países e instituciones, IGN cuenta con uno de los grupos de técnicos más capacitados en el uso de *software* y herramientas de SIG en Guatemala.

El mercado para la utilización de productos provenientes de un SIG, esta en aumento, empresas nacionales e internacionales, pueden necesitar algunos de los servicios que IGN proporciona. Así también sus clientes van de estudiantes hasta empresas multinacionales.

5.1.1.2 Desventajas

Necesidad de contar con un mayor número de personas con capacitación en la utilización de software de SIG y de conocimientos cartográficos. El personal con que se cuenta actualmente, posee muchos conocimientos cartográficos y cada día perfeccionan sus conocimientos en el uso de herramientas, sin embargo la cantidad de trabajo por realizar es muy extensa, haciendo que cada uno de los miembros del instituto siempre tenga mucho trabajo.

Aunque se tiene el apoyo de otras instituciones tanto gubernamentales como privadas, IGN aun necesita contar con más equipo y recursos económicos para poder abarcar la cantidad de trabajo que se les presenta.

IGN tiene bases cartográficas en las escalas de 1:250,000 y 1:50,000, e información de áreas urbanas a escala 1:2,000. Cuando se les proporciona información a otras escalas, no es posible integrarla, creando un problema en el proceso de integración de la información.

5.1.2 CONRED (Comisión Nacional para la reducción de Desastres) Comisión de la reducción del Riesgo

Conred esta conformado por varias instituciones que trabajan en conjunto para ayudar a reducir los desastres. El ente científico, llamado así por su trabajo en la recolección de grandes cantidades de información relacionada con la geografía del país es INSIVUMEH, esta institución provee una gran variedad de datos que son utilizados por CONRED, para la elaboración de mapas de amenaza.

La gerencia o sección a la que se encuentra adscrito el SIG como estructura es la Gerencia de Gestión para la Reducción del Riesgo, la cual es parte de CONRED.

Como su nombre lo indica, la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, es la encargada de planificar, organizar y coordinar las tareas encaminadas a reducir el riesgo, reducir los desastres y las tareas que se deben realizar después de producido un desastre. En CONRED definen el riesgo como:

“El Riesgo es producto de la amenaza (natural o antropogénica¹) que se encuentra en un lugar determinado y la vulnerabilidad (o probabilidad de daño) en que se encuentran tanto las estructuras como las personas que se ubican en esa área amenazada.” **Ing. Billy Pineda, CONRED.**

Entre los tipos de desastres naturales que se pueden dar tenemos:

- **Geológicos:** terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, coladas de lodo, maremotos.

- **Meteorológicos:** Huracanes, inundaciones, sequías, granizadas.

El trabajo inició con el proyecto Coyolate en el 1998 trabajando con la cartografía digital. Anteriormente se empezó a trabajar con cartografía convencional, es decir con la utilización de mapas y datos estadísticos para realizar operaciones de reducción de desastres.

¹ es decir, debido a la actividad humana.

5.1.2.1 Ventajas

Los SIG les proporcionan ayuda en la planificación de las tareas que se deben efectuar en momentos de crisis, permitiendo la obtención rápida de información, para la planificación de tareas en casos de emergencias. Dentro de las tareas que realiza Conred y para las cuales son utilizados los SIG están:

- Definición de las rutas más cortas desde el centro de operaciones. Para salir de la capital, tomando en cuenta las horas de mayor tráfico.
- Planificación de las tareas de respuesta
- Utilización de mapas de amenazas
- También se realizan algunos análisis relacionados con los fenómenos de interés para esta institución como sequía, inundaciones, derrumbes y otros.

Se está trabajando en el proyecto de asentamientos, aproximadamente son siete u ocho asentamientos que se están evaluando. Este trabajo consistió en realizar un trabajo de campo visitando vivienda por vivienda utilizando una metodología experimental para determinar la vulnerabilidad. Además se está trabajando para determinar la amenaza por deslizamiento, con la contraposición de estas 2 capas se espera poder determinar las áreas de mayor riesgo en estos asentamientos.

Los Sistemas de Información Geográfica también se utilizan para ayudar a clasificar esta vulnerabilidad, la cual puede ser: vulnerabilidad económica, estructural de las viviendas, etc. con esto poder determinar una vulnerabilidad global y cuando se presenten situaciones de emergencias, poder determinar que áreas deben ser las de mayor atención.

Lluvias y sequías

Los SIG permiten en cierta forma ayudar a realizar análisis de fenómenos meteorológicos que afecta o pueden poner en peligro principalmente áreas pobladas. Como ejemplo de este caso, el año 2001 fue caracterizado por una sequía que se percibió mas en unos departamentos que en otros.

Para este año existe una alta probabilidad de que sea caracterizado nuevamente por una sequía, con datos obtenidos de lluvias de acuerdo a las estaciones receptoras del INSIVUMEH se puede apreciar que regiones han sido las más secas en años anteriores, creando un modelo que permita identificar las regiones que son más propensas a sufrir en una temporada seca y cómo ésta puede afectar a las personas que las habitan.

Contando con esta información, se pueden crear campañas para ahorro de agua, planes de acción para ayudar a las personas afectadas y organizar las acciones necesarias para tratar de aminorar el efecto destructivo de estos fenómenos.

Erupciones volcánicas / movimientos sísmicos

Como parte de las situaciones de riesgo de las que Conred debe estar monitoreando y coordinando, se encuentran las erupciones volcánicas y movimientos telúricos, entre otros. Guatemala cuenta con una buena cantidad de bellos volcanes y con pequeñas fallas que producen movimientos en el suelo.

En este sentido, también son utilizados los SIG, para generar mapas que indiquen las áreas de mayor probabilidad de riesgo por erupciones volcánicas o por movimientos sísmicos. Estos tienen el objetivo de ayudar a las personas a identificar aquellos lugares que son más propensos a sufrir daños, en consecuencia, son los menos indicados para habitar.

Es muy importante mencionar que, los servicios que se pueden obtener de los Sistemas de Información Geográfica, son de gran utilidad y en ocasiones muy interesantes, éstos dependen siempre de la calidad y cantidad de información que posean, más importante aun, dependen de la capacidad de los usuarios, quienes son capaces de proveer estos servicios a través de los SIG.

Se cuenta con el equipo de hardware necesario para el tratamiento de la información, con el personal capacitado para hacer uso del software y para la manipulación, también para la organización de tareas en pro de la reducción de desastres.

5.1.2.2 Desventajas

La mayor desventaja que se posee en cuanto a la utilización de los SIG para CONRED es la falta de información precisa y oportuna. Alguna de la información que se requiere existe, pero no se brinda libremente por los "propietarios" y lo que se puede obtener se encuentra en formatos rústicos o bien los datos en si no son muy confiables. en Internet existe mucha de esa información, pero el detalle no es el deseado pero sirve para suplir la falta de datos. También hay información que cumple con todo lo esperado, pero cuesta obtenerla.

5.1.3 Ministerio de Agricultura, Ganadería y alimentación (MAGA)

El trabajo en el laboratorio de sistemas de Información geográfica del ministerio de agricultura, inició después de que el Huracán Mitch azotara a los países de Centro América y se observara la falta de coordinación para responder a desastres de este tipo en nuestro país. Se comprendió, que para poder responder a situaciones como esta, no se contaba con un sistema de información que permitiera enfrentar estas emergencias.

Era necesario construir un sistema que permitiera coordinar acciones antes, durante y después de un desastre, recabar la información necesaria para éste, trabajar en su desarrollo y realizar todo el esfuerzo que su creación implica.

Consientes de la necesidad de emprender el trabajo de recolección de la información necesaria para construir un SIG, el ministerio de agricultura aprobó un proyecto que tendría una duración de un año y para el cual se contará con un laboratorio de cómputo que cumpliera con los requerimientos técnicos para el desarrollo del proyecto. Este proyecto comprendía la digitalización de la información de mapas a escala 1:250,000, con alrededor de 60 capas o temas del territorio nacional.

Debido a los resultados obtenidos, después de finalizada la duración prevista de este proyecto, el Ministerio de Agricultura decide adoptar el laboratorio de información Geográfica como un departamento que forma parte del ministerio y no como un proyecto.

Teniendo en formato digital esta información, es decir que la información geográfica a nivel nacional a escala 1:250,000 de mas de 60 capas ya esta contenida en el SIG de MAGA, se esta trabajando en digitalizar la información a escala 1:50,000. Esto permitirá tener más detalle y con esto mejorar la calidad de los servicios que se obtienen del SIG actual.

5.1.3.1 Ventajas

La información contenida en el SIG de MAGA cuenta con 60 capas de información base en escala 1:250,000. Todas en formato digital y a disposición de quien la necesite. Varias instituciones están trabajando en conjunto para digitalizar la información cartográfica base del país a escala 1:50,000.

El Ministerio de Agricultura es una de las instituciones que en su haber cuenta con personal técnico capacitado en el uso de software de SIG y quienes cuentan con un alto grado de conocimientos en términos cartográficos y de manejo de información geográfica aparte de IGN.

Entre las muchas ventajas que se obtienen de trabajar la información geográfica a través de los SIG, para el MAGA, se ha aprovechado la rapidez de obtención de información. En cuestión de minutos, se puede tener acceso a varios datos de una región sin la tarea de buscar en diversos mapas los diferentes temas que se solicitan.

Así como se mejora la rapidez en la obtención de la información, también se incrementa la rapidez para integración de la información. Esto es que se facilita la tarea de integrar la información de los temas o capas que se posean. Al trabajar la información geográfica, se separan los temas, (se digitalizan por aparte la información de ríos, carreteras, altimetría, etc.) todo esto se integra para cubrir las consultas de los usuarios.

Otra ventaja importante que se obtiene, es la de contar con la información a un mismo nivel de detalle, es decir, se tiene la información en una misma escala evitando conflictos de diferencia de escalas.

Debido a la importancia del trabajo realizado por el Ministerio de Agricultura, los resultados que se obtienen del SIG, forman estrategias destinadas a tomar decisiones políticas y estrategias nacionales. A diferencia de otras instituciones, la utilización de los SIG en el análisis de fenómenos y toma de decisiones son en ocasiones de mayor alcance, pero esto no quiere decir que sean mas o menos importantes que las de menor alcance.

Como parte de los servicios que el Ministerio de Agricultura podría prestar en un futuro cercano, el servicio propiamente de Análisis espacial y cursos de capacitación para personal en el uso de herramientas de SIG son algunos para los que ya se posee el conocimiento necesario.

5.1.3.2 Desventajas

El mayor problema al que la mayoría de instituciones se enfrenta en nuestro país, es la falta de información geográfica digitalizada de gran detalle. Este problema se da debido a que el trabajo con los SIG esta aun en una etapa aún temprana aunque no se puede decir inicial, pero la recopilación de información es un arduo y largo proceso. La falta de esta información, por el momento representa una limitación.

La utilización de herramientas de *software* que requieren el uso de equipo con gran capacidad en presentación de imágenes con cierta resolución y de gran rapidez en el procesamiento, hace que los usuarios tengan siempre una necesidad de contar con equipo de *software* actualizado. Aunque la rapidez del desarrollo de los equipos no es el problema (el hardware tiene una actualización continua en el mercado), el problema es adquirir este hardware y actualizarlo periódicamente.

El equipo de cómputo que se adquirió hace un par de años, en su momento era el más rápido y el mejor para el desarrollo de trabajo del SIG, pero actualmente su rendimiento se queda atrás en comparación de nuevos equipos y de los requerimientos de hardware por parte de los nuevos programas de *software*.

Un común denominador en la mayoría de instituciones que trabajan con Sistemas de Información Geográfica, (como se ha observado), es la necesidad de contar con un mayor número de personal capacitado en el uso de herramientas de SIG, para poder sopesar la cantidad de trabajo que se debe realizar actualmente. De aquí la necesidad constante de contar con mas personas que ayuden con la carga de trabajo.

5.1.4 INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología)

Es la institución encargada de proporcionar información relacionada con los fenómenos hidrometeorológicos, vulcanológicos y sismológicos para nuestro país. Posee un gran número de estaciones ubicadas a lo largo del territorio nacional, estas estaciones recolectan información de acuerdo al tipo de estación receptora. Los tipos de estaciones que posee la institución son:

- Estaciones hidrológicas
- Estaciones meteorológicas
- Estaciones sismológicas

El INSIVUMEH cuenta con una gran cantidad de información proveniente de sus estaciones. Esta información es de utilidad para un gran número de usuarios. Los datos de las condiciones atmosféricas de una región en particular pueden incluir:

- Temperatura del aire
- Velocidad del aire
- Humedad
- Nivel de precipitación y otros

Las unidades en las que se divide esta institución, están: la unidad de Geología, Hidrología y vulcanología. Cada una de estas procesa la información concerniente a su unidad, la presentan de forma tal que pueda ser interpretada por cualquier persona.

Debido a las especialidades que son requeridas para parte del personal de INSIVUMEH, se han tenido que enviar a especializar a otros países, actualmente, las personas que se envían a otros lugares para recibir capacitaciones (del ámbito geológico, hidrometeorológico, etc.) solo pueden hacerlo por un número reducido de meses.

Durante varios años, INSIVUMEH ha proporcionado a la población en general, informes de fenómenos ambientales y naturales (lluvias, sequías, temblores, etc.), esto hace que se cuente con mucha experiencia en el análisis y entendimiento de estos temas.

Entre la información que puede proporcionar con los datos que se recolectan están:

- Balance hídrico
- Cuencas
- Deslizamientos
- Humedad relativa
- Heladas
- Precipitación por mes durante todo el año, y otros más.

5.1.4.1 Ventajas

Se caracteriza el entusiasmo por parte del personal de la institución para lograr con éxito la implementación del SIG que contendrá los datos generados por su red de estaciones receptoras.

Una de las ventajas más importantes para esta institución es que cuentan con una gran cantidad de datos para ser utilizados dentro de un Sistema de Información Geográfica.

Gracias al apoyo por parte del gobierno del Japón, la institución cuenta con un equipo de hardware de gran capacidad de almacenamiento tanto en disco como en memoria RAM y de gran velocidad, especialmente proporcionado para la utilización del software para el manejo de información geográfica y visualización de imágenes (mapas, imágenes de satélite y otros modelos).

Junto con este equipo de hardware, se tiene un ploter muy reciente, para la producción de mapas, también una licencia de ARCGIS® de ERDAS® el cual proporciona mas funciones en el manejo de información geográfica.

Actualmente se está en la fase de planificación para la implementación del Sistema de Información Geográfica, el personal que labora en la institución, cuenta con mucha experiencia en manejo de los datos y en la interpretación de estos. Si a esto agregamos una capacitación en el uso de herramientas de SIG, se garantiza la calidad de los resultados que puedan obtenerse de éste.

Se prevé que con la utilización de un SIG, el INSIVUMEH pueda proporcionar la información al público en general de una forma más explícita, es decir aprovechar la velocidad de la generación de mapas en un SIG para informar a la población acerca de los fenómenos (hidrológicos, vulcanológicos etc.), su comportamiento y ubicación, todo en una imagen.

La parte más importante que se espera tener con un SIG, es la de poder realizar análisis para cada uno de los fenómenos que ocurren en el territorio nacional. Entre los análisis que pueden obtenerse, está la actividad de los volcanes, la ocurrencia de fenómenos como el niño y una gran cantidad de otros análisis que puede beneficiar no solo a la institución, sino también a muchos usuarios, municipalidades, instituciones y gobierno.

Cuenta con la incitativa de personas dentro de la institución que se preocupan por modernizar los procesos de tratamiento de datos y su empeño en que INVIVUMEH cuente con un sistema de información geográfica, lo más completo en la medida de lo posible.

Además de la información que se obtiene de las estaciones, se obtiene información de organizaciones internacionales como la NASA, la NOA y la OMM. Muchas estaciones son automáticas, puede establecerse el intervalo de tiempo que realice las mediciones (cada 5 minutos, Cada media hora, etc.) al llevar esta información a un SIG, pueden obtenerse mapas por ejemplo de la temperatura en el territorio nacional. Esto en una fracción del tiempo que actualmente toma.

5.1.4.2 Desventajas

Falta de personal, se cuentan con pocas personas, estas personas deben encargarse de cubrir las tareas de hidrología, vulcanología, geofísica y deslizamientos a nivel nacional. Es necesario contar con personas que se encarguen propiamente de montar la estructura y coordinar los procesos del Sistema de Información Geográfica que se quiere alcanzar.

Falta de personal capacitado en la utilización de *software* de SIG. Se necesita capacitación en la utilización del software y conocimientos técnicos, para el desarrollo y mantenimiento de un Sistema de Información Geográfico de la talla necesaria, para cubrir los requerimientos de manejo de la gran cantidad de información de la institución.

Falta de recursos económicos para implementar la construcción de un SIG de una forma robusta. El recurso económico es siempre el más escaso en la mayoría de instituciones. Debido a esto, se ha aprendido a utilizar los recursos disponibles para realizar el trabajo.

Falta de *software* necesario para el procesamiento de imágenes de satélite y otro tipo de información que es proporcionada por las organizaciones como NASA, NOA y OMM.

A pesar de la gran cantidad de información que puede proporcionar la institución, la falta de tenerla en un SIG, impide la presentación de esta de forma gráfica en poco tiempo. El trabajo detrás de esta presentación hasta el momento es voluminoso e involucra a muchas personas.

5.1.5 Facultad de Agronomía, Unidad de Sistemas de Información Geográfica (USIG)

La siguiente sección corresponde al trabajo que desarrolla la Unidad de Sistemas de Información Geográfica USIG, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El propósito principal de ésta unidad, es la de proporcionar apoyo a los proyectos de investigación de EPS dentro de la facultad de Agronomía. Específicamente, proporciona apoyo técnico a quienes elaboran sus trabajos de graduación, permitiendo realizar los análisis que necesiten durante su investigación de campo. Entre la información que proporciona la unidad está: tipos de suelos, cuencas, uso del suelo y otros datos que son de utilidad durante la realización de investigaciones.

Además de proporcionar información de tipos de suelos y otros, USIG también permite realizar diferentes tipos de análisis relacionados con una región. Entre los análisis que permite llevar a cabo están:

- Análisis espacial
- Análisis del cambio del uso de la tierra
- Análisis de las fuentes de agua (subsuelo)

La Unidad de Sistemas de Información Geográfica, también ayuda a mejorar la calidad de la enseñanza, aplicando los beneficios de la utilización de las herramientas de un SIG, a cursos destinados a realizar estudios de las condiciones del suelo, facilitando el aprendizaje con la ayuda de información visual que permite identificar ciertos aspectos que solo a través de un sistema de información geográfico es posible apreciar.

Otra función proporcionada por USIG, es la de impartir cursos introductorios a los sistemas de información geográfica, los cuales son proporcionados también a personas dentro y fuera de la facultad de Agronomía. Se puede mencionar cursos impartidos al Instituto Nacional de Estadística INE, al Instituto Nacional de Bosques INAB y a los estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria ERIS.

La información con la que se cuenta dentro del SIG de esta unidad ha sido obtenida aproximadamente en un 90% del Instituto Geográfico Nacional IGN y del Ministerio de Agricultura, ganadería y alimentación MAGA. Se posee datos obtenidos por investigaciones de campo que se han desarrollado durante los trabajos de EPS y de tesis.

5.1.5.1 Ventajas

A los profesionales y catedráticos dentro de la facultad, la utilización de herramientas de SIG ha proporcionado las ventajas de poder consultar datos para aplicarlos en los estudios que realizan o como preparación de cursos en análisis espacial, incrementado la calidad académica de estos cursos.

Así también permite realizar análisis que antes tomaban un mes de trabajo y generando errores humanos bastante grandes. Actualmente, estos análisis se realizan en unas cuantas horas, reduciendo los errores humanos y permitiendo la obtención de mayor información.

Permite actualizar el aprendizaje de los estudiantes y mejora la enseñanza docente en la utilización de herramientas de SIG. Ayudando a descubrir las aplicaciones que éstas proporcionan. Ha permitido que la USIG participe en el intercambio de recursos y conocimientos en la utilización de los Sistemas de Información Geográfica, beneficiando a los usuarios de las instituciones que participan en este intercambio de recursos.

Se prevé la generación de ingresos a través de la venta de algunos servicios y productos de Sistema de Información Geográfica y con esto poder adquirir mejor equipo y posiblemente, las licencias de *software* que se necesitan.

5.1.5.2 Desventajas

Debido a los requerimientos de *hardware* por parte de los programas de *software* que se utilizan, la USIG es una de las instituciones que necesita actualizar su laboratorio de cómputo, para hacer un uso más eficiente de los sistemas de información geográfica.

A pesar de que no se cuenta con el equipo ideal para la utilización de la información y productos de un SIG, el equipo existente aquí, es utilizado al máximo. Como en otras instituciones, a pesar de que los recursos de equipo con que se cuenta, son lentos o con poca memoria, aprovechados y utilizados eficientemente.

Otra carencia con la que se tiene que lidiar es la falta de *software* reciente, debido a lo costoso de las licencias. Se debe trabajar con versiones anteriores y en ocasiones, con licencias prestadas de otras instituciones que han renovado su *software*.

Otro problema ha sido la necesidad de capacitación constante para el personal de laboratorio, es necesario que se asigne personal titular y de tiempo completo, aunque no se puede negar la buena disposición y entrega del personal actual y que ha permitido que el laboratorio alcance el nivel que tiene hasta el momento.

5.1.6 UTJ PROTIERRA (Unidad Técnica Jurídica)

Unidad encargada de la realización del catastro urbano y rural a nivel nacional, ésta institución fue creada por los acuerdos de paz, por los acuerdos agrarios y seguridad jurídica de la posesión de la tierra, para evitar las confrontaciones derivadas de la tenencia de tierras.

El objetivo fundamental de catastro en Guatemala es de apoyar a la Regularización de la Tenencia de la tierra, a través e la coordinación Registro - Catastro

Deben hacer mediciones topográficas, con la utilización de unidades de GPS y la red geodésica nacional, para determinar la ubicación más precisa posible de las porciones de tierra que se están registrando.

Independientemente de la utilización de los SIG para el Catastro, los beneficios que se derivan de esto son:

- Desarrollo económico – social
- Planificación urbana
- Identificación de recursos naturales
- Suministrar seguridad para hipotecas
- Ayuda a la definición de los límites municipales, departamentales.

5.1.6.1 Ventajas

Como se ha mencionado anteriormente, el que la información de catastro se encuentre contenida dentro de un Sistema de Información Geográfica, permite que sea ágil la recuperación de datos tales como registro de propiedad y clasificación y ordenación de tierra.

La utilización de las herramientas de SIG para la información de catastro, permite que todos los datos y la calidad del detalle que se tiene, se pueda utilizar también para aplicaciones de urbanización y de análisis de fenómenos sociales.

Debido al desarrollo del sistema, el personal de UTJ Protierra, ha estado presente desde que inicio la construcción. Esto ha permitido que se conozcan todas las guías que se han establecido y se tenga la experiencia obtenida del trabajo realizado.

5.1.6.2 Desventajas

El volumen de trabajo para la recolección de la información es monumental, es un proyecto a largo plazo, pero ya se pueden enumerar varios objetivos alcanzados a corto plazo.

5.2 Caso general

A continuación se describen las principales ventajas que se han experimentado con la utilización de los Sistemas de Información Geográfica de acuerdo a la experiencia de las personas que han participado con éstos.

5.2.1 Ventajas

- Los SIG permiten realizar muchos trabajos de análisis, una vez que estos cuenten con la información necesaria y de calidad. Los beneficios que proporciona a través de los análisis son aplicados a muchas organizaciones, no importando de que tipo de empresa se trate. (comerciales, académicas, etc.)
- El tiempo que se emplea en la presentación de la información y elaboración de mapas es cada vez más pequeño, permitiendo a los usuarios que puedan contar con la información en el momento preciso.

- La Utilización de los Sistemas de Información Geográfica se pueden aplicar a una gran cantidad de aplicaciones, cada vez se encuentran nuevas aplicaciones para estas herramientas.
- Una ventaja de este tipo de sistemas de información y que sobresale ante otros es que: la calidad de información que proporcione ira en aumento a medida que los usuarios lo mantengan actualizado, a esto se suma la creciente cantidad de aplicaciones en las que se puede utilizar.
- En gran medida es determinado el éxito de la construcción de un SIG por la participación de los usuarios. Ellos aprovechan al máximo los recursos disponibles (*hardware*, *software*, datos) y es gracias a ellos es que muchas instituciones logran los buenos resultados del trabajo con los Sistemas de Información Geográfica.

5.2.2 Desventajas

- Es marcada la gran necesidad de contar con técnicos capacitados en la utilización de los diversos programas de *software* para el manejo de la información geográfica. Como elemento importante en la constitución de un SIG, es imprescindible que se cuente con la capacitación adecuada para las personas que formarán parte del equipo de trabajo que utilizará el SIG.
- Otra desventaja de la utilización de Sistemas de Información Geográfica, es la necesidad de contar con equipo de *hardware* de alta velocidad y de gran espacio de almacenamiento (tanto en disco como en memoria), para la ejecución de las tareas. Generalmente los programas para el manejo de información geográfica consumen muchos recursos de *hardware*.

- Unido con lo costoso del *hardware* necesario, la mayoría de las licencias de *software* que se pueden utilizar para la manipulación de información geográfica es muy costosa.
- Para algunas instituciones la parte de la recolección de la información es un proceso muy laborioso, costoso e involucra el consumo de tiempo, dinero y en ocasiones mucho esfuerzo físico.
- En países como el nuestro, la principal desventaja en la utilización de los SIG, es la falta de información digitalizada lista con la que se pueda trabajar.

CONCLUSIONES

1. La utilización de los Sistemas de Información Geográfica, se puede considerar en una etapa temprana, sin embargo, debe tenerse presente que éstos representan una buena inversión a largo plazo, tanto para las instituciones que se involucran en su utilización, como para el país.
2. Los resultados de la utilización de SIG pueden ser a corto, medianos y largo plazo. Debe comprenderse que a medida que éstos sistemas maduran y se mantienen actualizados, proporcionarán indudablemente, calidad en los resultados.
3. En los últimos días, se ha observado la importancia de las herramientas de análisis que proporcionan los SIG, las cuales se aplican a una cantidad considerable de situaciones, facilitando la cantidad de información disponible para tomar decisiones.
4. Los usuarios como componente de los SIG, requieren de conocimientos básicos y de la capacitación adecuada, para aprovechar al máximo los beneficios que se pueden obtener de un SIG. Este recurso es uno de los más escasos en la actualidad, esto debido a que el volumen de trabajo por hacer, crece a medida que se conoce el alcance que pueden tener los SIG.
5. El *software* necesario en la utilización de los sistemas de Información geográfica es muy costoso, pero eficiente tanto para el procesamiento de la información, como para la visualización de resultados.

6. Los sistemas de Información Geográfica puede ayudar a crear ventajas competitivas a una organización, por esta razón, está en aumento la cantidad de productos derivados de un SIG que son solicitados.
7. Todos los esfuerzos que toma la realización de un Sistema de Información Geográfica, principalmente lo laborioso de la adquisición de datos, se ve recompensado por una gran cantidad de beneficios que se obtienen de este.
8. Debido a que la construcción de un SIG requiere de recursos económicos, tiempo, recursos técnicos, personal y otros, se esta experimentando el trabajo conjunto de algunas instituciones. Estas participan intercambiando recursos, trabajo e información para lograr en tiempo razonable un Sistema Nacional de Información Geográfica.
9. En las instituciones que fueron estudio de este trabajo, fue evidente la cortesía en la que brindan sus experiencias y conocimientos, la buena disposición de lograr los mejores resultados del trabajo, no importando las desventajas y el empeño en cumplir las metas.

RECOMENDACIONES

1. Consientes de que aunque ya se ha iniciado y avanzado en el trabajo con los sistemas de Información Geográfica en Guatemala, la utilización de estos seguirá creciendo y facilitando el acceso de información geográfica para las personas. Como profesionales de la información debemos formar parte del proceso de crecimiento en la utilización de los SIG para nuestro país.
2. Se debe fomentar el ambiente de cooperación e intercambio de recursos de los SIG, (especialmente la capacitación de técnicos) dentro de las instituciones gubernamentales que incursionan en este campo de la informática. (IGN, INSIVUMEH, CONRED, etc.)
3. Debido al crecimiento y demanda que sufrirá la utilización de Sistemas de Información Geográfica en nuestro país, se considera como buena inversión el destinar fondos dirigidos a mejorar las condiciones actuales en las que se desarrolla la utilización de éstos en Guatemala.
4. Proporcionar el servicio de análisis espacial por las instituciones que tienen ya la capacidad de realizar estas actividades. Promover o promocionar la información que ya se tiene y los servicios que se pueden proporcionar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.

Albert K. Yeung. (1998) Data Organization and Structure, *NCGIA Core Curriculum in GIScience*, <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u051/u051.html>, Publicado el 15 de Octubre de 1998.

2.

Los mapas, Scouts(México)
<http://www.siemprescout.org/biblioteca/scout5/scout5-1.html> octubre - noviembre de 2001.

3.

Servidores de mapas en Internet <http://www.sismo.info/mapas> agosto de 2001

4.

Sutuc Carrillo, Marcos Osmundo Automatización del Proceso
Cartográfico para hojas del mapa de la República de Guatemala.
Tesis Ing. Industrial, Guatemala, universidad de San Carlos de
Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1999.

5

"Urbanismo", *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 99*. © 1993-1998
Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

6.

“Elementos de Cartografía y Geodesia”, capítulo 2

<http://sigon3d.freesevers.com/cgi-bin/framed/2809/>. octubre noviembre de 2001.

7.

ITALIAN ARCHAEOLOGIS INFO SITE, II UNIVERITÁ DI ROMA TOR
VERGATA <http://www.aec2000.it/archaeologis/resources/properties.htm>
agosto octubre de 2001.

8.

Manual de usuario en español del Software SPRING, Brasil

http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario_spa/sensorr.htm agosto septiembre de 2001.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 ¿Qué es el SIG? <http://www.ctarlambayeque.gob.pe/sig/menu.htm>
agosto - septiembre de 2001.
- 2 Aplicaciones de SIG.
<http://www.medioambiente.gov.ar/geoinformacion/conceptos/1.htm>.
agosto - octubre de 2001.
- 3 Conceptos básicos del SIG y teledetección,
<http://www.codespa.org/pat/Servicios/InfoGEO/ConceptosSig.htm>
septiembre - octubre de 2001.
- 4 Conceptos básicos en sistemas de información geográfica.
<http://sigon3d.freeservers.com/cgi-bin/framed/2809/CONTENIDO.html>
septiembre - octubre de 2001.
- 5 Conceptos de modelaje numérico del terreno,
http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario_spa/mnt1.htm agosto de 2001.
- 6 De las BDU a los SIG urbanos,
<http://www.urbanisme.equipement.gouv.fr/edu/accueil/bibliographies/sig/notesp1/htm>
agosto de 2001.
- 7 *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 99. ©*

- 9 *GIS Capabilities*
http://www.arch.gatech.edu/~cp6565/WEEK_01/LECT_01/tsld005.htm
septiembre – octubre de 2001.
- 10 Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, <http://www.ign.gob.gt/>
agosto de 2001.
- 11 Introducción a la elaboración de mapas,
http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario_spa/introcar.htm.
septiembre – agosto de 2001.
- 12 Introducción a la percepción remota,
http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario_spa/sensorr.htm septiembre de 2001.
- 13 Introducción al geoprocesamiento
http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario_spa/geoproc.htm septiembre de 2001.
- 14 Las aplicaciones de la información geográfica,
<http://www.codespa.org/pat/Servicios/InfoGEO/Aplicaciones.htm>
septiembre - noviembre de 2001.
- 15 Los mapas. <http://www.siemprescout.org/biblioteca/scout5/scout5-1.html>.
agosto – septiembre de 2001.

- 16 Sistemas de Información Geográfica,
[Http://mercator.euitto.upm.es/users/mab/mjose/htmls/sig.html](http://mercator.euitto.upm.es/users/mab/mjose/htmls/sig.html) mayo 2001.
- 17 *What is Geographic Information Science?*
<http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u005/> octubre de 2001.
- 18 *What is GIS? By Alice E. Ingerson & Susan Bernstein*
<http://www.icls.harvard.edu/gis/mgmt1.htm> agosto de 2001.
- 19 *What is GIS?* <http://www.geoportage.com/statsuga.htm> agosto de 2001.
- 20 Manuales de cursos de Sistemas de Información Geográfica.

ANEXOS




5.3 Símbolos de mapas temáticos

A continuación se muestra los símbolos que usualmente son encontrados en mapas topográficos y su significado.

Figura 25. Símbolos de objetos hechos por el hombre, dibujados en negro

Símbolo	Descripción
	Carretera de mas de 2 carriles
	Carretera pavimentada
	Carretera de terracería transitable todo el tiempo
	Carretera de terracería transitable en tiempo seco
	Brecha
	Vereda
	Vía sencilla, estación FFCC
	Líneas de energía eléctrica
	Telégrafo
	Teléfono
	Edificación mayor de 25 mts.
	Ruinas
	Cementerio
	Iglesia
	Hospital

Continuación


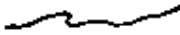


	Escuela
	Casa
	Cercado

Fuente: Los mapas, Scouts(México)

<http://www.siemprescout.org/biblioteca/scout5/scout5-1.html>

octubre - noviembre de 2001.

Figura 26. Detalles orográficos (montañas) dibujados en café

Símbolo	Descripción
	Línea de igual altitud cada 50 mts.
	Línea de igual altitud, intermedia cada 10 mts.
	Elevación.
	Depresión

Fuente: Los mapas, Scouts(México)

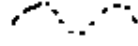
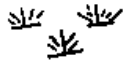

<http://www.siemprescout.org/biblioteca/scout5/scout5-1.html>

octubre - noviembre de 2001.

Figura 27. Referencias hidrográficas, dibujados en azul

Símbolo	Descripción
	Río
	Lago
	Presa
	Manantial
	Arroyo

Continuación





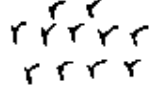
	Arroyo intermitente
	Pantano
	Lago intermitente

Fuente: Los mapas, Scouts(México)

<http://www.siemprescout.org/biblioteca/scout5/scout5-1.html>

octubre - noviembre de 2001.

Figura 28. Referencia de vegetación, dibujados en verde

Símbolo	Descripción
	Bosque
	Huerto
	Chaparral
	Palmar
	Sembradío

Fuente: Los mapas, Scouts(México)

<http://www.siemprescout.org/biblioteca/scout5/scout5-1.html>

octubre - noviembre de 2001.

5.4 Bases de datos relacionales

Un sistema de base de datos, es un sistema para guardar de forma organizada la información dentro de una computadora de tal forma que se pueda acceder a ésta rápida y eficazmente. De acuerdo con C. J. Date, *una base de datos relacional es aquella cuyos usuarios la perciben como un conjunto de tablas (y nada mas que tablas)*. En donde una tabla es la información tabular de un conjunto de objetos.

El modelo relacional utilizado en las bases de datos es el que con mayor frecuencia se utiliza. No se tratara este tema con mas detalle debido a la gran cantidad de bibliografía disponible sobre “Bases de datos Relacionales”.

Tablas relacionales

Para ilustrar que es una tabla dentro de una base de datos relacional, podemos tomar como ejemplo la información de los departamentos de Guatemala. Para esto se tiene entre otros, los siguientes datos:

Identificador único de cada departamento	CodigoDep
Nombre común del departamento	nombre
Extensión Territorial	extTerritorial
Cabecera departamental	Cabecera

En una tabla la información estaría de la forma siguiente:

Código	Nombre	extTerritorial	Población	Cabecera
1001	Zacapa	2,690 km ²	171,146	Zacapa
1121	Alta Verapaz	6,868 km ²	374,898	Cobán
1215	Escuintla	4,384 km ²	592,647	Escuintla

Para cada una de las filas se tiene la información de un departamento, al tener los datos organizados de esta forma, permite que se pueda acceder a todos los detalles disponibles de un departamento o a identificar cuantos departamentos cumplen con cierta característica.

En una base de datos, toda la información esta organizada de esta forma, permitiendo que se pueda tener una gran cantidad de datos y encontrarla muy rápidamente.

5.5 Características de los equipos de GPS

El sistema GPS está constituido por tres “segmentos”: el espacial, el de control y el del usuario. Los distintos tipos de receptores disponibles en el mercado para uso civil constituyen la parte esencial de éste último.

Los receptores GPS cubren las más diversas posibilidades de aplicación de este sistema. Ordenándolos de menor a mayor prestación, se los puede clasificar en:

R1 Navegadores simples: representan la categoría más económica. Son receptores de código C/A, usualmente de tamaño pequeño. Presentan en su pantalla coordenadas geográficas en el sistema WGS84. Debe tenerse en cuenta que, debido a que estos equipos no son aptos para el uso de las técnicas diferenciales, la precisión que alcanzan no supera los ± 25 a 30 m con buen DOP y está en el orden de ± 100 m cuando es aplicada la S/A.

R2 Receptores C/A con posibilidad de posicionamiento diferencial: estos equipos agregan a las características anteriores la de almacenar en memoria los datos observados de manera de facilitar el procesamiento ulterior de los mismos con alguno de los algoritmos del modo diferencial. De esta manera pueden alcanzarse precisiones relativas de ± 1 a 5 mts.

R3 Receptores C/A, similares a los anteriores, con manejo de ciertas características adicionales entre las que suele considerarse el uso, con ciertas limitaciones, de una fase de la portadora. Se diferencian de los equipos geodésicos (R4 en adelante) en que sus osciladores tienen menor estabilidad y en que la capacidad de resolver ambigüedades es menos potente. Los mejores llegan a precisiones submétricas en distancias de hasta 5 ó 10 Km.

R4 Receptores geodésicos de medición de fase L1: trabajan con la onda portadora L1 de la señal GPS, acumulando información que, una vez procesada, permite obtener precisiones relativas centimétricas para distancias de hasta 25 ó 30 Km. y submétricas para distancias de hasta 50 Km. Permiten el cálculo de vectores con su evaluación estadística, aptos para el ajuste de redes.

R5 Receptores geodésicos de doble frecuencia: agregan a las características anteriores la medición de fase de la portadora L2, lo que les otorga la posibilidad de disminuir la incidencia de ciertos errores sistemáticos, particularmente los debidos a la propagación de la señal en la ionosfera, lo que permite alcanzar las más altas precisiones posibles con GPS (ver clasificación de levantamientos). Los mejores permiten obtener precisiones subcentimétricas en distancias de hasta 10 Km., centimétricas hasta 200 Km. y submétricas hasta 500 Km. Con tratamientos especiales se pueden mejorar las precisiones en muy largas distancias (hasta 1500 Km.).

R6 Receptores geodésicos de doble frecuencia y doble código: de reciente aparición (1994/1995), estos receptores conjugan las características de todos los anteriores, lo que les da versatilidad para su uso, particularmente en tiempo real, dado que resuelven con gran rapidez las ambigüedades.

R7 Receptores diferenciales precisos (PDGPS) en cuya unidad móvil operan 3 o más equipos de la categoría R6 y permiten obtener en tiempo real precisiones submétricas y aún centimétricas en la posición del vehículo, agregando sus variaciones de orientación. Su uso es especialmente apto para las más altas exigencias de la fotogrametría, sondeo multifaz (MULTI-BEAM), etc.

Tiempo real: cualquiera de los receptores que permiten el procesamiento diferencial (todos excepto el R1) podrían trabajar en tiempo real, a condición que se incorporen a los mismos los correspondientes equipamientos de transmisión - recepción de señales por radio, y el software adecuado para efectuar las respectivas correcciones y presentarlas inmediatamente al operador.

En el caso de los receptores de fase (R4 a R7) el problema que presenta la modalidad en tiempo real es que, a los efectos de preservar el cálculo de ambigüedades, no debe interrumpirse la recepción de la señal GPS proveniente de la constelación satelital elegida durante todo el tiempo de uso. Cuando la constelación cambia, o cuando la señal se interrumpe por cualquier interferencia, se debe proceder a la reinicialización del receptor. En este punto, los diversos equipamientos compiten sobre la rapidez y facilidad con que es posible efectuar dicha reinicialización, cosa que se facilita con los equipos descritos en las categorías R6 y R7.

5.6 Percepción remota

La percepción remota, también llamada teledetección. Una definición de percepción remota puede ser: **"Es la utilización de sensores para la adquisición de informaciones sobre objetos o fenómenos sin que haya contacto directo entre el sensor y los objetos"**¹.

Sensores : son equipos capaces de coleccionar energía proveniente del objeto, convirtiéndola en una señal posible de ser registrada y presentándola en forma adecuada para la extracción de informaciones. Energía: la mayoría de las veces se refiere a la energía electromagnética o radiación electromagnética.

Un concepto más específico puede ser: "Es el conjunto de las actividades relacionadas con la adquisición y el análisis de datos de sensores remotos", donde: Sensores Remotos: son sistemas fotográficos u óptico-electrónicos capaces de detectar y registrar, en forma de imágenes o no, el flujo de energía radiante reflejado o emitido por objetos distantes.

Un flujo de radiación electromagnética al propagarse por el espacio puede interactuar con superficies u objetos, siendo reflejado, absorbido o emitido por dichas superficies u objetos. Las variaciones que estas interacciones producen en el flujo considerado, dependen fuertemente de las propiedades físico-químicas de los elementos en la superficie.

Durante la fase de adquisición de datos por los sensores, se pueden distinguir los siguientes elementos básicos: energía radiante, fuente de radiación, objeto (albo), trayectoria y sensor (sistema óptico que obtiene la

¹ Tomado de http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario_spa/sensorr.htm ref. No. 8

imagen y detector). La figura a seguir presenta estos elementos y ejemplifica los diferentes caminos que la radiación electromagnética puede tomar antes de ser captada por el sistema sensor.

Una cámara fotográfica con flash puede servir como ejemplo de un sistema sensor: "cuando el sistema de la cámara es activado, el flash es accionado y emite radiación. La radiación fluye para el albedo y es reflejada de éste, para el sistema óptico de la cámara. Entonces la radiación reflejada es registrada sobre el plano de la película, que constituye un detector fotoquímico de radiación. Una imagen del patrón de radiación es formada en la película y después es desarrollada químicamente".

Ondas de radio: bajas frecuencias y grandes longitudes de onda. Las ondas electromagnéticas en estas bandas son utilizadas para la comunicación a larga distancia, ya que, además de ser poco atenuadas por la atmósfera, son reflejadas por la ionosfera, propiciando una propagación de largo alcance.

Microondas: se sitúan en la banda de 1 mm a 30 cm o 3×10^{11} a 3×10^9 Hz. En esta banda de longitudes de onda se puede construir dispositivos capaces de producir haces de radiación electromagnética altamente concentrados, llamados radares. La poca atenuación por la atmósfera o por las nubes, hace propicio un excelente medio para uso de sensores de microondas en cualquier condición climática.

Infrarrojo: de gran importancia para la Percepción Remota. Engloba la radiación con longitudes de onda de 0,75 μm a 1,0 mm. La radiación infrarroja

es fácilmente absorbida por la mayoría de las sustancias (efecto de calentamiento).

Visible: es definida como la radiación capaz de producir la sensación de visión para el ojo humano normal. Presentan una pequeña variación de longitud de onda (380 a 750 nm). Importante para la Percepción Remota, ya que las imágenes obtenidas en esta banda, generalmente presentan una excelente correlación con la experiencia visual del interprete.

Ultravioleta: extensa banda del espectro (10 nm a 400 nm). Películas fotográficas son más sensibles a la radiación ultravioleta, que a la luz visible. Esta banda es utilizada para la detección de minerales por luminescencia y polución marina. Uno de los grandes obstáculos para la utilización de esta región del espectro, es la fuerte atenuación atmosférica.

Rayos X: banda de 1 Ao a 10 nm (1 Ao = 10^{-10} m). Son generados predominantemente, por la parada o frenada de electrones de alta energía. Por estar constituido por fotones de alta energía, los rayos X son altamente penetrantes, siendo una poderosa herramienta en la investigación sobre la estructura de la materia.

Rayos GAMA: son los rayos más penetrantes de las emisiones de sustancias radioactivas. No existe, en principio, límite superior para la frecuencia de las radiaciones gama, aunque se encuentre aún una banda superior de frecuencias para la radiación, conocida como rayos cósmicos.

Cuando se colecta una información a través de un sensor remoto, sea a nivel de satélite o aeronave, la mayoría de las veces la señal colectada corresponde a la radiación proveniente del sol, que interactúa con la atmósfera

hasta alcanzar el albedo y retorna al sensor interactuando nuevamente con la atmósfera. Así la señal medida sea la radiación emitida por el albedo, la señal siempre interactúa con la atmósfera hasta alcanzar el sensor.

Existen regiones del espectro electromagnético en las cuales la atmósfera es opaca, o sea, no permite el paso de la radiación electromagnética. Estas regiones definen las "bandas de absorción de la atmósfera". Las regiones del espectro electromagnético en las que la atmósfera es transparente a la radiación electromagnética proveniente del sol, son conocidas como "ventanas atmosféricas".

De esta manera, los siguientes factores interfieren en la Percepción Remota y siempre deben ser asociados con la atmósfera: absorción, efectos de masa de aire, dispersiones debido a moléculas gaseosas o partículas en suspensión, refracción, turbulencias, emisión de radiación por los constituyentes atmosféricos, entre otros.

Así, se puede concluir que la atenuación de la radiación es dada por:

$$\text{atenuación} = \text{absorción} + \text{dispersión}$$

Absorción: la energía de un haz de radiación electromagnética es transformada en otras formas de energía. Es una atenuación selectiva observada en varios constituyentes, tales como vapor de agua, ozono y monóxido de carbono. En muchos casos, la absorción puede ser despreciada por ser muy pequeña.

Dispersión: la energía de un haz de radiación electromagnética es removida por cambios de dirección. Al interactuar con la atmósfera, por el proceso de

dispersión, generará un campo de luz difusa, que se propagará en todas las direcciones.

Tipos de sensores

Los sensores pueden ser clasificados en función de la fuente de energía o en función del tipo de producto que produce.

En función de la fuente de energía

A-) **Pasivos**: No poseen una fuente propia de radiación. Miden la radiación solar reflejada o la radiación emitida por los objetos. Por ejemplo, los sistemas fotográficos.

B-) **Activos**: Poseen su propia fuente de radiación electromagnética, trabajando en fajas restrictivas del espectro. Por ejemplo, los radares.

En función del tipo de producto:

A-) **No generadores de imagen**: No generan una imagen de la superficie observada. Por ejemplo, los radiómetros (salida en dígitos o gráficos) y los espectrorradiómetros (firma espectral). Son esenciales para la adquisición de informaciones minuciosas sobre el comportamiento espectral de los objetos de la superficie terrestre.

B-) Generadores de imagen: Se obtiene como resultado una imagen de la superficie observada. Suministran informaciones sobre la variación espacial de la respuesta espectral de la superficie observada.

B.1 - sistema de cuadro ("*framing systems*"): adquieren la imagen de la totalidad de la escena en un mismo instante, por ejemplo: RBV.

B.2 - sistema de barrido ("*scanning systems*") por ejemplo: TM, MSS, SPOT.

B.3 - sistema fotográfico

Los generadores de imagen no fotográficos (sistema de generador de imagen por barrido) se originaron para cubrir la laguna dejada por los problemas inherentes al uso del más difundido sensor óptico, la cámara fotográfica. Esta, a pesar de presentar condiciones más fáciles de operación y costos, tiene una limitación en captar la respuesta espectral, debido a que las películas cubren solamente el espectro del ultravioleta próximo al infrarrojo lejano. También este tipo de sensor limita las horas de sobrevuelo, ya que debido a fenómenos atmosféricos no es posible observar frecuentemente el suelo, a grandes altitudes.

Como los datos de estos sensores no fotográficos son colectados en forma de señal eléctrica, estos datos podrán ser fácilmente transmitidos para estaciones distantes, donde un procesamiento electrónico hará el análisis discriminatorio.

La tabla siguiente presenta un análisis comparativo de los sensores fotográficos y generadores de imagen de barrido.

Figura 29. Características de los generadores de imágenes para los sensores remotos

	Generadores de imagen por sensores fotográficos.	Generadores de imagen por sensores de barrido.
Resolución geométrica	alta *	media
Resolución espectral	Media	alta *
Frecuencia	Baja	alta *
Visión sinóptica	Baja	alta *
Base de datos	Analógica	digital *

Fuente Introducción a la percepción remota,
http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario_spa/sensorr.htm septiembre de 2001.

5.7 Fotogrametría

Los primeros indicios de la Fotogrametría se dieron en el siglo XIX con el descubrimiento de la fotografía. En 1849 el francés André Laussedat, trató de probar que la fotografía se podría usar en la preparación de mapas; Laussedat uso fotografías tomadas desde la tierra así como fotografías tomadas desde globos aerostáticos y con cometas; a Laussedat se le llama el padre de la Fotogrametría.

El valor de la información sobre características de los detalles terrestres, es hoy en día una constante preocupación. Todo proyecto de planificación exige un sentido estricto de ubicación y orientación, todo esto lógicamente requiere una máxima precisión que pueda darnos datos exactos dependiendo de la escala a la que estamos trabajando dentro de un patrón de sistema geodésico.

El fin de la Fotogrametría es crear a través de modelos estereoscópicos, representaciones ortogonales del terreno a una escala determinada. A este proceso se le llama estereorestitución y su producto puede ser mapa de línea, un ortofoto o mapas digitales, los cuales son la base primordial para el análisis de los diferentes proyectos según la necesidad del usuario.

Un concepto acerca de Fotogrametría es: La ciencia, el arte y tecnología de extraer información de un par estereoscópico, para plasmarlo, en un lienzo a una escala determinada. La Fotogrametría crea el elemento básico, en el cual el usuario, ya sea éste, urbanista, planificador, agricultor, administrador de proyectos de telecomunicaciones, hidroeléctricas, puertos, manejo de recursos naturales, catastro, etc. se sirve de él para planificar y coordinar sus proyectos.

Para Hacer un Proceso Fotogramétrico se Realizan las Siguietes Actividades:

Diseño de vuelo y control: Es determinar las ubicaciones de las líneas de vuelo y sus altitudes respectivas para obtener cobertura fotográfica de un área específica a una escala promedio deseada.

Colocación de Paneles: Monumentación y señalización de puntos en el terreno para que aparezca su imagen claramente en las fotografías aéreas. La fotointerpretación de ríos de control, es una de las fases más importantes de un levantamiento aerofotogramétrico, ya que servirá para el enlace de la aereotriangulación al marco de referencia geodésico. Los métodos geodésicos permiten la determinación de las coordenadas de los puntos.

Fotografía aérea: Constituye el elemento básico del proceso fotogramétrico, es un registro fiel de las características topográficas y de los elementos artificiales del terreno, en el momento de la toma. Ya que en ella se extrae toda la información para plasmarla en un lienzo (mapa).

Revisión del vuelo (toma fotográfica): En esta actividad se determinará si la fotografía aérea reúne los requerimientos necesarios para su uso fotogramétrico, es decir si cumple con las especificaciones respectivas de traslape, longitudinal y transversal, escala calidad fotográfica, desviación de la verticalidad del eje de la cámara y se deriva de la línea de vuelo.

Extensión del control por estéreo triangulación: La determinación de las coordenadas, norte, este y elevación de puntos de control necesarios para la orientación absoluta de los modelos estereoscópicos basados en las condiciones geométricas de la fotografía aérea y su relación con el fotocontrol establecido. Dependiendo del sistema o método de medición y cálculo se llamará: Aeropologorto, modelos independientes y analítica.

Barrido de perfiles: Es parte del proceso de hacer una ortofoto, el cual es el procedimiento (exploración de perfiles) de ir rectificando la fotografía faja por faja eliminando la variación de escala inmensa en una foto.

Clasificación de campo: Es el procedimiento por medio del cual las brigadas de campo hacen un levantamiento de las características y nombres de los detalles culturales y naturales del terreno y los plasman sobre la fotografía facilitando la labor del foto interprete.

Compilación (planimetría y altimetría): Es el proceso por medio del cual se extrae de un par estereoscópico toda la información, para plasmarla en un lienzo. Esta compilación puede ser planimétrica o altimétrica.

Ortofotomapa: Es una fotografía rectificadas, es decir una proyección ortogonal del terreno. Y ortofoto mapa es cuando se le incorpora a la ortofotografía toda la información de topografía y toponimia del terreno.

5.8 Lista de elipsoides para elaboración de mapas

Lista de los elipsoides más utilizados para la elaboración de mapas, los de mayor utilización son WGS 84 y WGS 72.

Tabla I. Elipsoides más utilizados y fecha de establecimiento

NOMBRE	FECHA	RADIO A (metros)	RADIO B (metros)	ACHATAMIENTO POLAR
WGS 84	1984	6.378.137	6.356.752,3	1/298,257
GRS 80	1980	6.378.137	6.356.752,3	1/298,257
WGS 72	1972	6.378.135	6.356.750,5	1/298,260
Australiam	1965	6.378.160	6.356.774,7	1/298.25
Krasovsky	1940	6.378.245	6.356.863	1/298,3
Internacional	1924	6.378.388	6.356.911,9	1/297
Clarke	1880	6.378.249,1	6.356.514,9	1/293.46
Clarke	1886	6.378.206,4	6.356.583,8	1/294.98
Bessel	1841	6.377.397,2	6.356.079,0	1/299,15
Airy	1830	6.377.563,4	6.356.256,9	1/299.32
Everest	1830	6.377.276,3	6.356.075.4	1/300.8

Fuente: Elementos de Cartografía y Geodesia,

<http://sigon3d.freeservers.com/cgi-bin/framed/2809/>.

octubre noviembre de 2001.

APÉNDICE

Caso práctico

A continuación se describen algunos de los procesos realizados para convertir datos de tipo raster a datos de tipo vector utilizando el software R2V (raster to vector). Estos procesos fueron dirigidos y supervisados por el USGS (*United States Geological Survey*, Servicio Geológico de Estados Unidos) en Guatemala.

El proyecto general consiste en digitalizar información relacionada con la cuenca del río Samalá, para ayudar a determinar áreas propensas a inundaciones en épocas de lluvia. Como parte de todo el trabajo que esta institución debe realizar para esto, se deben digitalizar datos como carreteras (caminos, carreteras de cualquier tipo, etc.), curvas de nivel e hidrografía (ríos) de las hojas en las que la cuenca del río Samalá tiene participación.

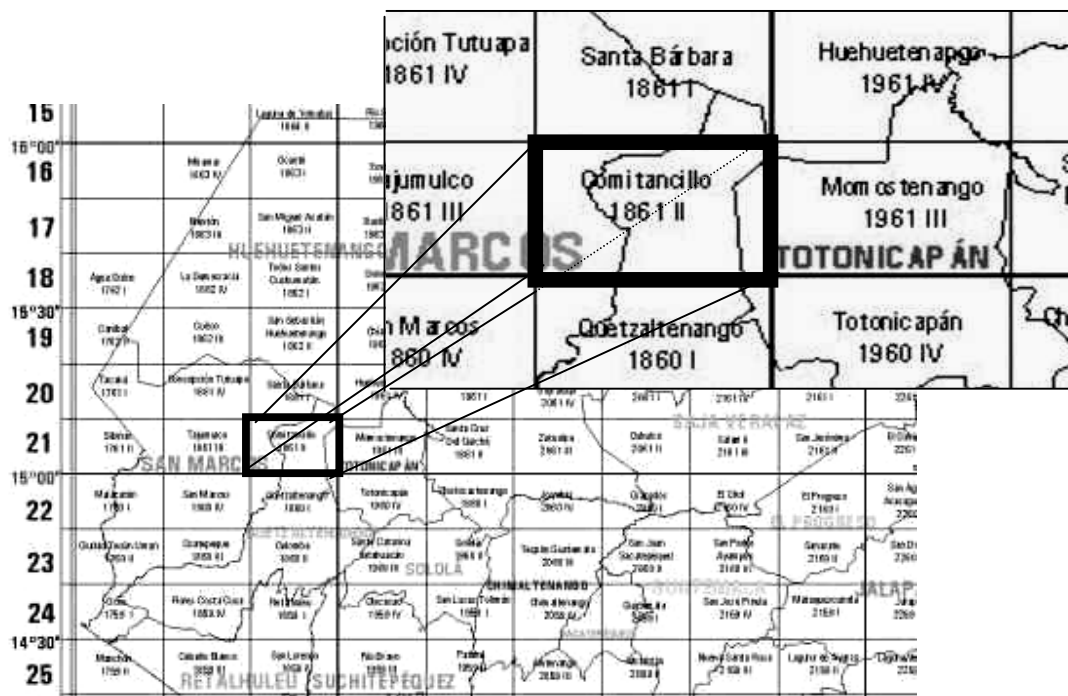
USGS está comprometido con países como Guatemala, para acercarlos hacia la tecnología del uso de Sistemas de Información Geográfica, para ayudar a reducir el impacto de catástrofes naturales, permitiéndole a las personas identificar áreas que por condiciones climáticas puede convertirse en un riesgo para la población cercana.

Descripción del trabajo.

Primero, el IGN (Instituto Geográfico Nacional), proporciona los datos en formato RASTER de las tres características mencionadas antes (ríos, caminos y altimetría o curvas de nivel.) los datos de estas características, viene por separado, para trabajarlas por tema.

Para este ejemplo real, se trabajo con las curvas de nivel de la hoja identificada como 1861 II, cuyo nombre es Comitancillo, en la siguiente figura se muestra la ubicación de dicha hoja dentro del índice de hojas del país (ver figura de pagina 87).

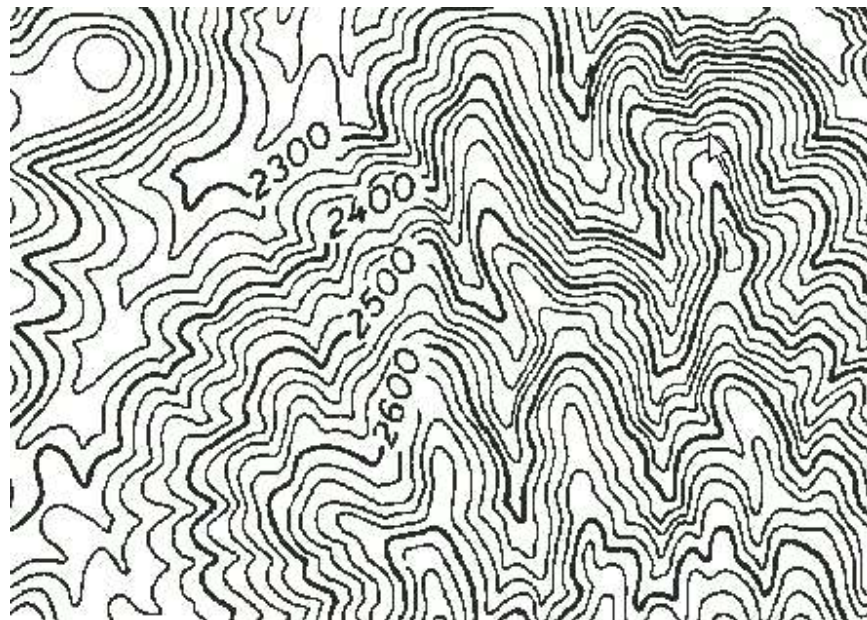
Figura 30. Ubicación de Comitancillo, Hoja No. 1861 -II



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, División de Cartografía

Teniendo definido con qué datos se trabajará, que para este caso fueron las curvas de nivel, se abre la imagen (un archivo tiff, que es una imagen escaneada de las curvas de nivel.) en el *software* R2V a continuación se muestra una porción muy pequeña de la imagen completa, ahí se pueden observar las curvas de nivel y su valor correspondiente.

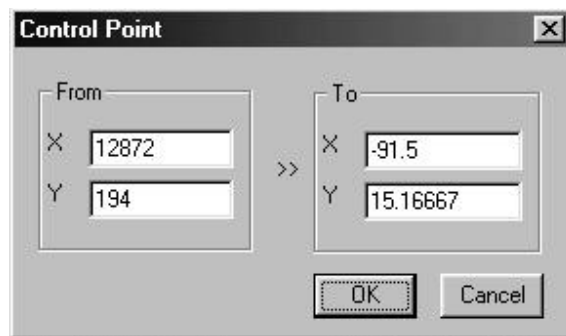
Figura 31. Curvas de nivel en formato Raster, parte de la hoja 1861-II



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, División de Cartografía, abril 2002.

Entre las actividades que se deben realizar antes de empezar la digitalización se tienen que cortar de la imagen las áreas que no se tomaran en cuenta, además se debe georreferenciar, esto se hace colocando el valor de las coordenadas geodésicas correspondientes en cada una de las esquinas de la imagen. La razón de los números negativos en el eje X, es porque nuestro país se encuentra en el cuadrante superior izquierdo, en las eje x negativas.

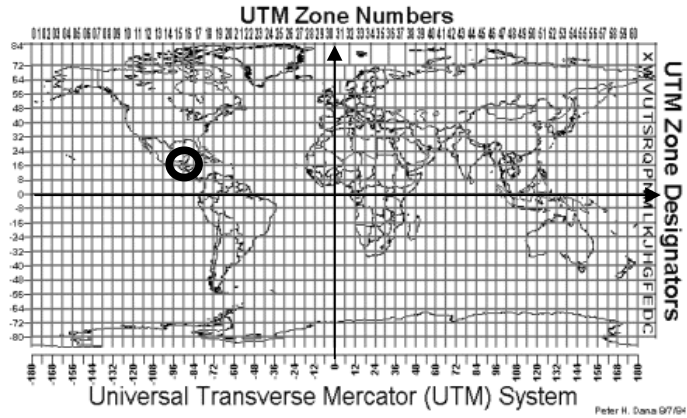
Figura 32. Introducción de puntos de control para georreferenciar la información



Fuente: *Software R2V, USGS* abril de 2002

La razón por la cual los valores del eje X son negativos, es por nuestro país se encuentra ubicado en el eje superior izquierdo de acuerdo a las coordenadas UTM, de acuerdo a esto, todos los valores del eje Y son positivos y los del eje X negativos.

Figura 33. Cuadrante en el que se encuentra ubicado nuestro país



Después de georreferenciar la hoja (o de almacenar los puntos de control en R2V), se puede empezar la “vectorización”. La vectorización consiste en colocar líneas y puntos sobre la imagen que se tiene. Se coloca una línea vector sobre la línea de la imagen raster, tratando de que ambas coincidan.

Figura 34. Proceso de vectorización



Fuente: Software R2V, datos del proyecto Samala, USGS

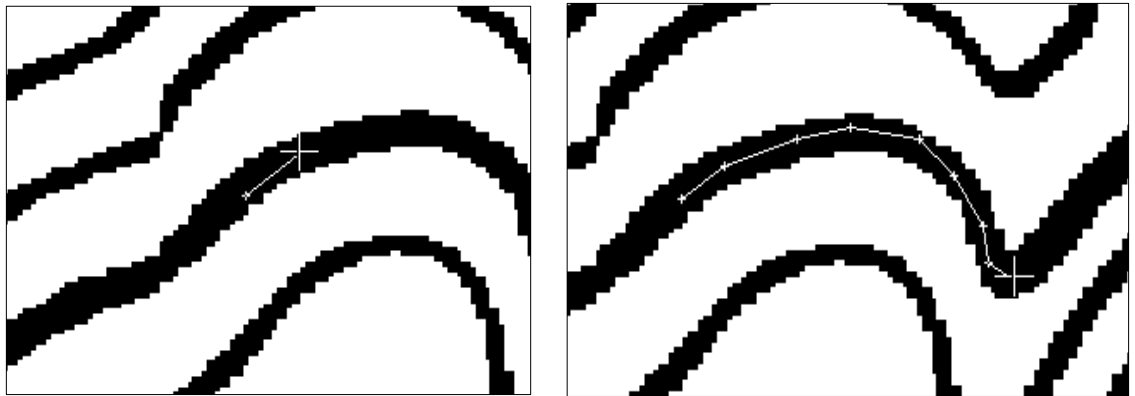
En la figura anterior puede observarse como la línea delgada, es un conjunto de arcos y puntos, cuando más puntos tenga, mejor definida será la línea. El *software* R2V tiene entre sus opciones la vectorización automática, en la cual el programa trazará líneas en donde considere necesario. El problema de esto, es que las imágenes no tienen una calidad de resolución aceptable para esta opción y la cantidad de información es en ocasiones muy basta, por lo que su revisión es un problema.

Para esta práctica, se realizó la vectorización semi – automática, en la cual se elige una línea de la imagen, se empieza a dibujar un arco (simplemente se colocan dos puntos sobre esa línea) y el programa terminará de dibujar la línea vector sobre la línea raster. Aunque con esta parte también se deben revisar las líneas vector, causa menos problema, ya que es mas fácil identificar la trayectoria de una sola línea.

En ocasiones las líneas hechas por el programa, quedan fuera de la línea raster o puede darse que deban agregarse puntos para que la línea sea una curva (las curvas de nivel no son líneas rectas), este software permite agregar y remover fácilmente puntos, segmentos de curvas y curvas completas.

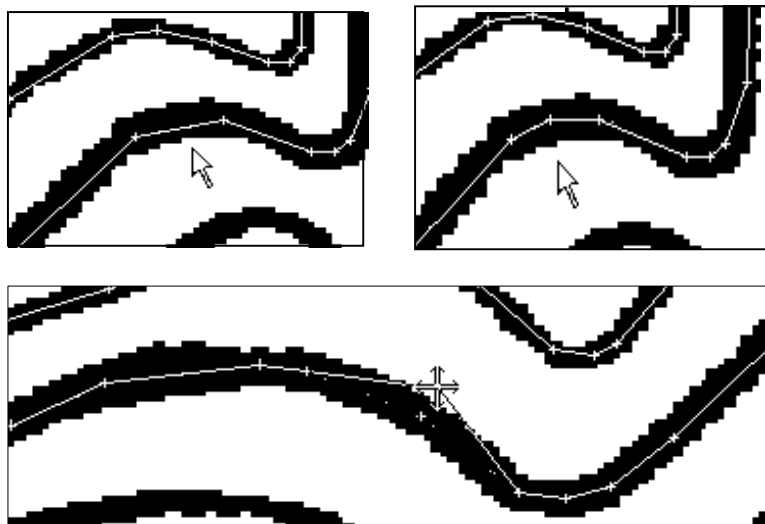
A continuación se muestran imágenes de cómo se hacen las curvas de tipo vector, como mover y quitar puntos de las curvas.

Figura 35. Ejemplo de creación de líneas vector



Fuente: Software R2V, Datos del proyecto Samalá, USGS abril de 2002.

Figura 36. Ejemplo de agregar y mover puntos en líneas vector.

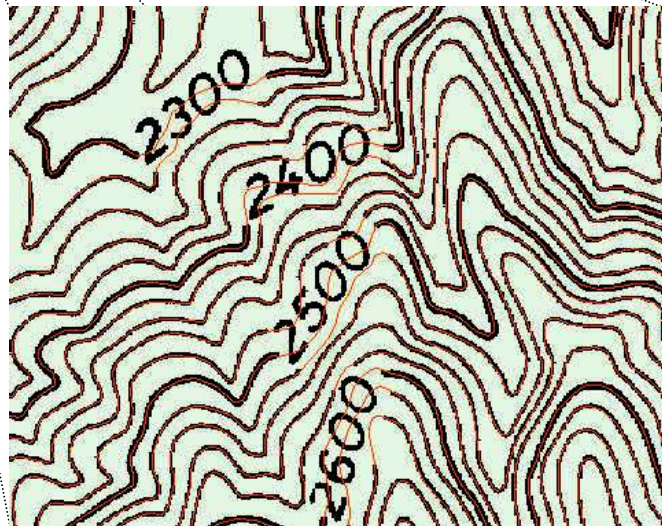
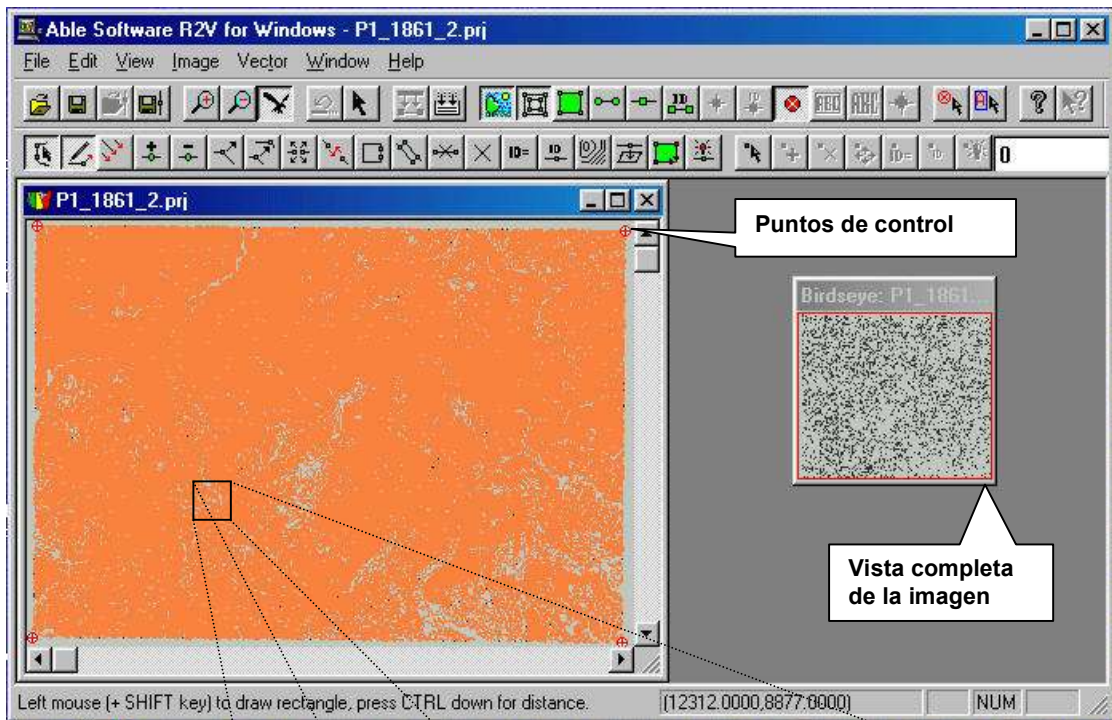


Fuente: Software R2V, Datos del proyecto Samalá, USGS abril de 2002

Esta es la parte más laboriosa en la conversión de datos raster a vector, o en el proceso de digitalización de las curvas. Se debe verificar que cada segmento de curva vector, forme parte de una misma curva de nivel. Es decir, cuando cada línea raster de la imagen, se le debe sobreponer una misma curva. Aunque durante la corrección, la curva este formada por varios segmentos, estos se debe unir en una sola curva o línea vector, para que pueda ser identificada.

En promedio el personal encargado de realizar esta tarea, se toma aproximadamente 1 semana de trabajo, durante la realización de esta práctica, se demora 2 semanas para finalizar la vectorización de las curvas. Una vez que se tienen todas las curvas vectorizadas, se tiene el siguiente resultado.

Figura 37. Finalización de vectorizar la imagen raster



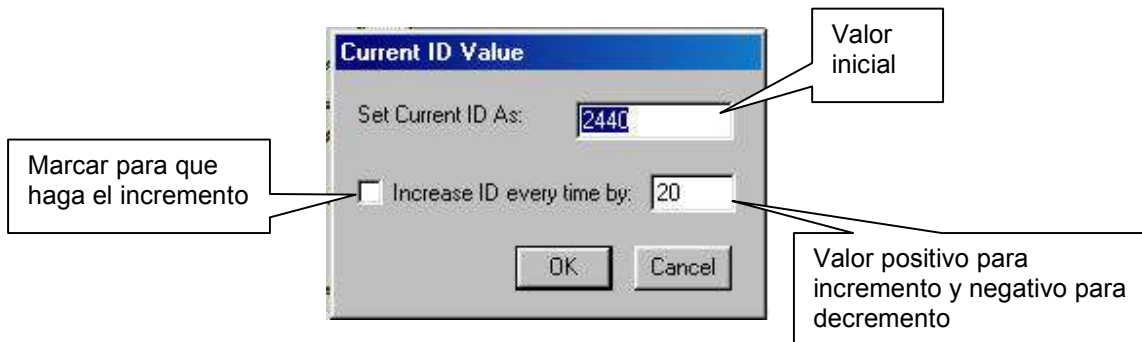
Fuente: *Software R2V*, Datos del proyecto Samala, USGS abril de 2002.

Cada una de las líneas de la imagen raster, tiene sobrepuesta una línea de tipo vector, de color naranja. Debido a las características del terreno de esta hoja, la cantidad de líneas, no se pueden distinguir cuando se aprecia la imagen completa.

Una vez que se finaliza esta parte, se procede a “valorizar las curvas”. Esto quiere decir, que a cada una de las curvas se le asigna su valor real de altura. En esta imagen las curvas están dibujadas en intervalos de cada 20 metros.

Utilizando el mismo software, se le indica que coloque los valores de las curvas que se seleccionarán una a una, iniciando en cierto valor y que realice el decremento o incremento en 20 para la siguiente línea que se selecciona con el Mouse

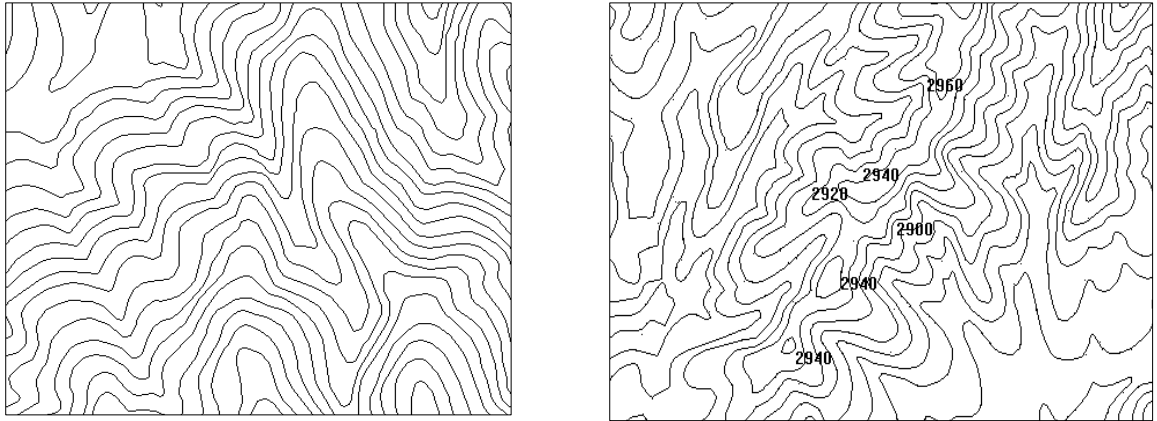
Figura 38. Asignación de valores a las curvas vectorizadas



Fuente: Software R2V, Datos del proyecto Samala, USGS abril de 2002.

Cada una de las líneas que componen la altimetría de la hoja que se esta trabajando, debe asignársele el valor correspondiente de la altura que representa. Esta información se utiliza en los proceso siguientes.

Figura 39. Proceso de asignación de valores a las curvas



Fuente: Software R2V, Datos del proyecto Samala, USGS abril de 2002.

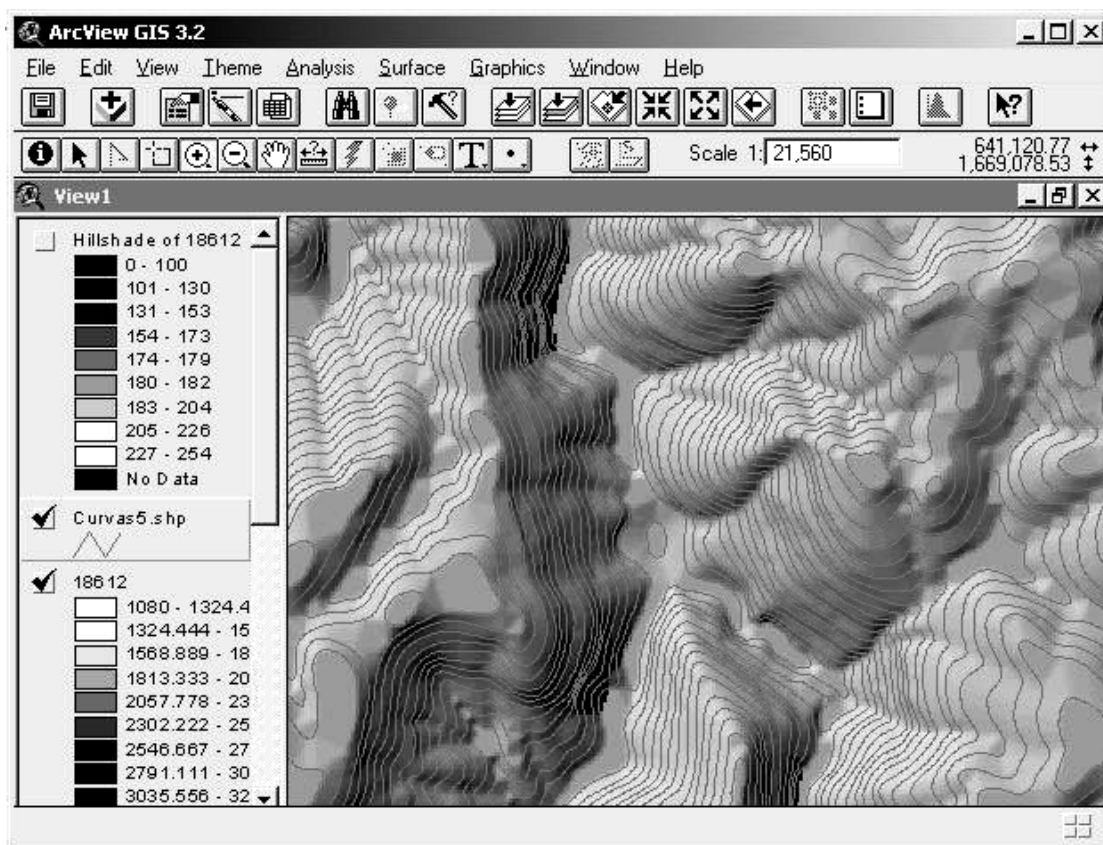
Una vez que se finaliza la valorización de las curvas, se debe almacenar en un formato diferente, para que se pueda utilizar esta imagen y su información en el *software* ArcInfo®. En este software se realizan procesos de verificación de datos y suavizar curvas.

La verificación de los datos, indica si existen una o mas curvas que no tengan el valor identificador de la altura, si una o mas curvas que forman un polígono no están cerradas y si una o mas curvas no están correctamente unidas para formar una sola curva.

El proceso de suavizar la curvas consiste en agregar tantos puntos como sea necesario, para que las los segmentos de recta que forman estas curvas, sean tan pequeños, que las curvas se vean mejor. Es decir, se redondean quitando la apariencia de bordes muy rectos o cuadrados.

Finalizando con estas tareas, se almacena en un nuevo formato, esta vez, para toda la información que se ha procesado hasta el momento, se pueda utilizar en el *software* de Arcview®. A continuación se muestra el trabajo visto en este *software*, en el que se puede apreciar características del relieve, gracias a todo el trabajo hecho con las curvas de nivel.

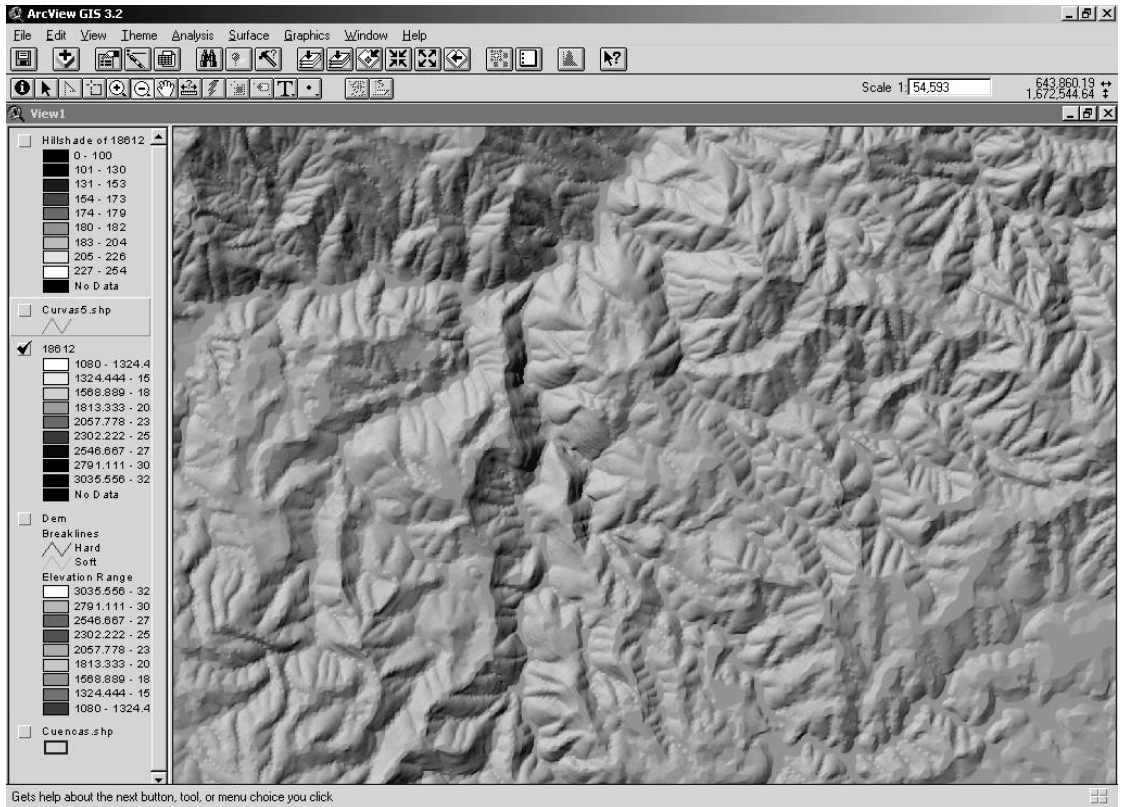
Figura 40. Vista en Arcview® de las curvas de nivel



Fuente: Software Arcview®, Datos del proyecto Samala, USGS abril de 2002.

Como se ha recalado en el trabajo que involucra el tratamiento de información para los Sistemas de Información Geográfica, esta es solo una pequeña explicación de los procesos que se llevan a cabo para llegar a tener resultados como el que se muestra a continuación.

Figura 41. Modelo de elevación para la hoja de Comitancillo, No. 1861-II



Fuente: Software Arcview®, Datos del proyecto Samala, USGS

Debe recordarse que antes de tener la imagen en formato raster, para convertirla en formato vectorial y así llegar a estos resultados, se realizan numerosas tareas de recolección de información y procesamiento. Son incontables horas de trabajo, para crear y actualizar información de mapas, para su digitalización y después realizar estos procesos.

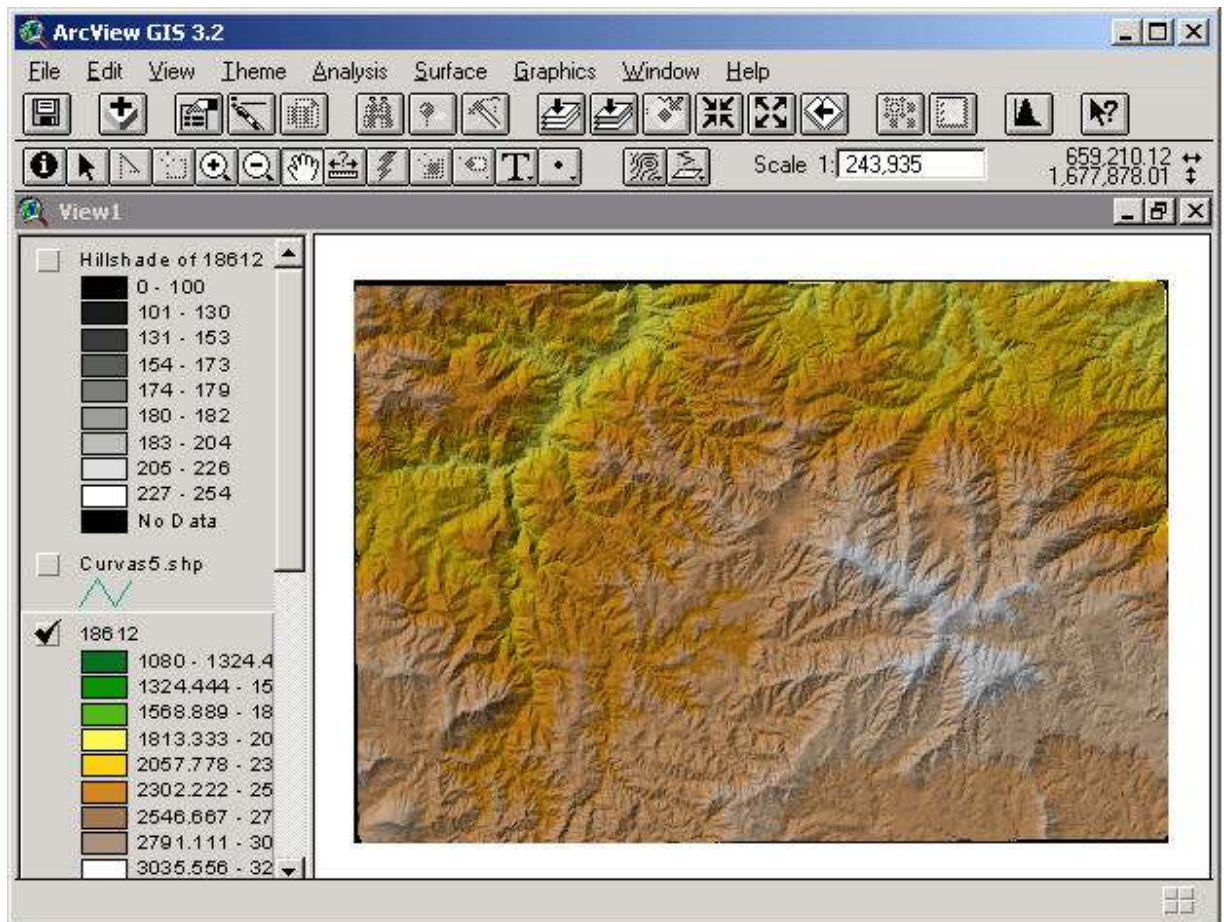
El trabajo de que de aquí en adelante se pueda realizar, los beneficios que puede proporcionar y aplicaciones en las que se puede utilizar esta información, son muchos como para enumerarlos.

Con estos resultados, aún se realizarán otros procesos sobre los datos obtenidos, para que se utilicen en determinar la cuenca del río Samala. Esta información es solo una parte de todo el trabajo que se debe realizar para llegar a los resultados que se buscan.

Como parte del acuerdo de compartir recursos e información geográfica por parte de las instituciones que se dedican a esta área. Los datos que se han elaborado en USGS para el proyecto de la cuenca del río Samala (datos vectoriales de las imágenes raster), será proporcionado al Instituto Geográfico Nacional, para enriquecer la cantidad y calidad de información digitalizada del país.

Para terminar con el desarrollo de caso práctico, se muestra el resultado final del proceso realizado para usos de este trabajo de investigación, el modelo digital de elevaciones de la hoja Comitancillo, No. 1861 II, y la información que generó en las tablas que maneja el *software* de Arcview®.

Figura 42. Modelo digital de elevación para la hoja Comitancillo No. 1861 II



Fuente: Software Arcview®, Datos del proyecto Samala, USGS

En esta figura se muestra el modelo digital de elevaciones, aplicando diferentes colores de acuerdo a la altura de las áreas. Las áreas en color verde representan las regiones de mayor profundidad y las áreas blancas representan las regiones de mayor altura.

Figura 43. Datos generados del modelo en Arcview®

Shape	Fnode	Tnode	Lpoly	Rpoly	Length	Curvas4	Curvas4_id	Id
PolyLine	8349	8350	0	0	86.568650	1	453	1980
PolyLine	8351	8352	0	0	59.494450	2	442	2020
PolyLine	8353	8354	0	0	465.028700	3	454	2040
PolyLine	8355	8356	0	0	106.687200	4	404	2080
PolyLine	8357	8358	0	0	71.429390	5	323	2060
PolyLine	8359	8360	0	0	425.212200	6	432	2080
PolyLine	8361	8362	0	0	67.266570	7	379	2040
PolyLine	8363	8364	0	0	178.708500	8	441	2040
PolyLine	8365	8366	0	0	31.285780	9	280	2140
PolyLine	8367	8368	0	0	301.482200	10	408	2020
PolyLine	8369	8370	0	0	121.583800	11	318	2060
PolyLine	8371	8372	0	0	143.962200	12	380	2040
PolyLine	8373	8374	0	0	94.835560	13	331	2080
PolyLine	8375	8376	0	0	70.947770	14	288	2060
PolyLine	8377	8378	0	0	50.787820	15	172	2040
PolyLine	8379	8380	0	0	95.058540	16	1216	2200
PolyLine	8381	8382	0	0	130.721400	17	278	2100
PolyLine	8383	8384	0	0	151.117300	18	279	2160
PolyLine	8385	8386	0	0	128.073900	19	330	1080
PolyLine	8387	8388	0	0	362.299700	20	440	2060
PolyLine	8389	8390	0	0	66.506650	21	136	2300
PolyLine	8391	8392	0	0	280.420600	22	319	2040

Fuente: Software Arcview®, Datos del proyecto Samala, USGS,

En la figura se muestra la información obtenida de cada una de las curvas, se puede observar como parte de los datos, el identificador (id) que es el valor en metros de la altura que representa cada línea, la longitud (length) en metros de cada curva y los identificadores del nodo o punto inicial y final de cada curva.