

4  
2ej.



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

“SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA”

T E S I S

Que para obtener el Título de  
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA  
p r e s e n t a

JULIO LOPEZ FELIPE



México, D. F.

1992

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

I.- INTRODUCCION	p. 1
II.- ANTECEDENTES	
II.1.- DESARROLLO HISTORICO DE LA COMPUTACION	p. 4
II.2.- CONFIGURACION DE LOS SISTEMAS DE COMPUTO	p. 12
II.3.- COMPUTADORAS PERSONALES	p. 18
II.4.- INTELIGENCIA ARTIFICIAL	p. 21
III.- SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	
III.1.- FOTOGRAFIA AUTOMATIZADA	p. 38
III.2.- PROCESAMIENTO DE DATOS	p. 42
III.3.- PROCESAMIENTO DE IMAGENES DE SATELITE	p. 55
III.4.- SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	p. 63
IV.- SOFTWARE PARA LOS S. I. G.	p. 99
V.- APLICACION DE LOS S. I. G.	p. 103
VI.- CONCLUSIONES	p. 131
BIBLIOGRAFIA	

# SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

## CAPITULO I

### - I N T R O D U C C I O N -

La formación, características y descripción de los elementos de la Superficie Terrestre, ha creado una voluminosa y compleja información a lo largo del tiempo. Esta ha sido una parte importante de las actividades de las sociedades organizadas, desde los inicios de la civilización.

Toda esta información de espacio ha sido recopilada a través de los años por Navegantes, Geógrafos y Topógrafos, con diversas técnicas y equipos de acuerdo a la época, a la vez en forma gráfica vertida por los productores de mapas o Cartógrafos.

El estudio científico de la Tierra avanzaba, se necesitaba de nuevos materiales para que fuera proyectada. El desarrollo en la comprensión y evaluación de Riquezas Naturales por medio de las diversas disciplinas referentes, como lo son: la Geología, Geomorfología, Ecología, etc., que comenzó en el siglo XIX y que ha continuado hasta nuestros días, provió de nuevo material para la elaboración de mapas, permitiendo con esto, nuevas técnicas de captura, proceso e interpretación de la información de la Superficie Terrestre.

El Suelo, tomando como tal todos los Elementos Geográficos que tienen un emplazamiento fijo sobre, en o debajo de la Superficie Terrestre, constituye una parte importante de nuestras vidas. El desarrollo de las actividades Gubernamentales, Industriales y Privadas,

relacionadas con el Terreno ha incrementado la demanda de la información sobre el suelo.

Ahora más que nunca, la información sobre el suelo tiene numerosas aplicaciones. Nuevas técnicas y métodos, han permitido poner al día muy rápidamente esta información, lo que ha estimulado la búsqueda de aplicaciones nuevas y útiles.

La recopilación, el proceso y el suministro de información relativa al suelo se efectúa mediante los Sistemas de Información Geográfica.

Los Sistemas de Información Geográfica pueden ser definidos como sistemas de información para la captura, almacenamiento, revisión, integración, manipulación, análisis y despliegue de datos que están referidos especialmente a la Tierra.

En años anteriores las limitaciones de la tecnología no nos permitieron llevar a cabo nuevos quehaceres o realizar los existentes de otra manera más efectiva.

La combinación de las computadoras, la comunicación, los desarrollos de los procesos tecnológicos y la reducción de costos, acelera el crecimiento en importancia de los sistemas de información.

La nueva tecnología ha sido empleada para mejorar algunas de las tareas tradicionales como ajustes geodésicos y de aerotriangulación, sistemas de determinación de puntos, acelerar los procesos de producción de mapas, etc.; pero una nueva visión valora la información digital y las técnicas de levantamientos modernos, con el fin de integrarse a las realidades de una sociedad informada.

La mayoría de la gente espera tener acceso fácil, rápido y confiable a toda clase de información, en cualquier lugar, y en el momento requerido.

Y en la medida en que un país obtenga información sobre sus recursos disponibles, en forma oportuna, veraz y actualizada, estará en condiciones de planear adecuadamente su desarrollo e influir en su futuro.

En este sentido los Sistemas de Información Geográfica se están convirtiendo en una herramienta esencial para analizar y transferir gráficamente conocimientos acerca de la Tierra, así como el mecanismo más adecuado para utilizar la Información.

Estos sistemas de apoyo a las decisiones se han transformado en un poderoso instrumento para la Administración de Recursos, para los Planificadores y para los que tienen en sus manos la Toma de Decisiones.

El principal objetivo de esta investigación es dar a conocer una visión general de los Sistemas de Información Geográfica, así como las ventajas y aplicaciones que presenta al ser usados en las áreas respectivas de la Ingeniería Topográfica y Geodésica como un instrumento de trabajo profesional para la planificación, elaboración y ejecución de diversos programas de ingeniería, junto con la colaboración de otras áreas, donde la principal característica de estos Sistemas de Información Geográfica es aportar elementos necesarios y suficientes para tomar decisiones óptimas en diferentes proyectos y se cubran así las necesidades reales de una sociedad que se encuentra en vías de desarrollo, como lo es la de México.

CAPITULO II  
- A N T E C E D E N T E S -

II.1.-DESARROLLO HISTORICO DE LA COMPUTACION.

A más de tres siglos de haberse iniciado la aparición de dispositivos mecánicos de cálculo, punto de partida para el desarrollo de la tecnología de las máquinas computadoras no es posible negar la importancia que esto reviste dentro de la sociedad actual.

En el transcurso del tiempo el hombre ha otorgado a estas máquinas cualidades que son propias, y las ha facultado para realizar uno de los procesos más relevantes de la vida humana, el de la comunicación.

Desde tiempos remotos, el hombre se ha visto en la necesidad de tener algún elemento que lo auxilie en la labor de identificar y cuantificar sus pertenencias. En un principio comenzó por utilizar los dedos de sus manos, como un medio para contar sus animales, objetos de caza, etc., no obstante que este método lo ayudaba, frecuentemente era insuficiente, por lo cual ideó utilizar piedras, palitos, marcas en los troncos de los árboles y cavernas, como indicadores de esta cuantificación. Este proceso consistía en realizar una correspondencia uno a uno entre sus pertenencias y los elementos del medio utilizado.

A medida que el hombre fue dominando el medio ambiente, adquirió más pertenencias y el método de correspondencia, resultó evidentemente ineficaz, por lo cual hubo que idear alguna herramienta que le permitiera realizar esta labor.

El intercambio de mensajes entre el hombre y el primer dispositivo para facilitar las tareas de cómputo o de cálculo aritmético se remonta al uso del ábaco que apareció en forma independiente en varias civilizaciones de la antigüedad, y que aún continúa en uso por algunos comerciantes de la China.

En 1614, aparecieron las tablas de logaritmos, y en 1630 las reglas de cálculo, gracias a las cuales se logró realizar operaciones en forma sencilla y rápida. Posteriormente en 1642, Blas Pascal filósofo-matemático diseñó y construyó una pequeña máquina contadora con la que podía sumar y restar por medio de ruedas engranadas entre sí.

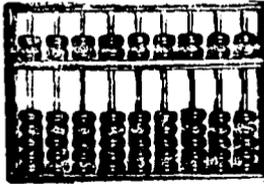
En 1673, la máquina de Pascal fue perfeccionada por Gottfried Wilhelm Leibniz, quien construyó el primer dispositivo de cálculo de propósito general; ya que además de cuatro operaciones básicas, incluía raíz cuadrada.

Charle Mahon, en 1777 desarrollo dos máquinas aritméticas calculadoras. Una de ellas, trabajaba por medio de placas redondas y pequeños índices, podía moverse con una aguja de acero y realizar con exactitud grandes sumas y restas. La otra resolvía problemas de multiplicación y división sin la posibilidad de cometer errores.

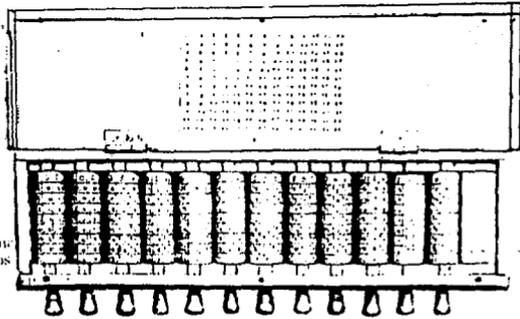
El mecánico francés Joseph Marie Jacquard, en 1804, revolucionó el telar mediante un control para los patrones de ropa por tarjeta perforada, convirtiéndola en el medio para comunicarse con el telar.

Uno de los contribuyentes más importantes al desarrollo de las computadoras fue Charles Babbage, apoyado en los principios de Mahon, estimaba que los cálculos que se efectuaban a través de las tablas logarítmicas también podrían realizarse con máquinas; de aquí en 1812,

El ábaco fue uno de los primeros instrumentos usados por el hombre para hacer cálculos.



John Napier inventó esta máquina calculadora para resolver diversos problemas de multiplicación mediante logaritmos.



Blas Pascal inventó este dispositivo mecánico que podía realizar trabajos de contabilidad. Muchas de las máquinas que actualmente empleamos están basadas en los mismos principios que este dispositivo.



iniciaría el diseño de una máquina calculadora automática, capaz de ejecutar cálculos complejos mediante un proceso uniforme, a la cuál nombró máquina diferencial, debido a que su funcionamiento se basaba en el método de cálculo llamado de las diferencias.

Diez años después Babbage tenía una pequeña máquina con tres registros, que permitía la tabulación de ecuaciones de segundo grado y recibió el subsidio de la Royal Society para construir una máquina mayor. Y fue en 1833 cuando se inició la construcción de esta máquina que estaba diseñada para realizar cualquier tipo de cálculo, así como para ejecutar trabajos de secuencia controlada automáticamente y estaba dividida en dos partes, una que realizaba los procesos aritméticos denominada "molino", y la otra "almacén" que contenía los datos sobre los que operaría al igual que los resultados intermedios.

En parte esto se vio realizado 34 años antes de su muerte, en 1837 por el sueco George Scheutz quien inspirado en los principios de la máquina diferencial, construyó una calculadora diseñada para calcular las tablas de mortalidad que aunque era pequeña consistía en cuatro diferencias y catorce posiciones de cifras, podría imprimir las tablas.

Babbage apoyó a Scheutz, para asegurar el éxito de esta máquina; pero no es sino hasta 1862 que estuvo de acuerdo en que la versión completa de la máquina diferencial se mostrara al público.

Las ideas de Babbage, ampliamente difundidas por Augusta Ada, fueron determinantes para el desarrollo de las computadoras actuales; ya que un siglo después de que él los concibió se convirtieron en la base para la creación de la primera computadora electromecánica.

George Boole desarrolló en 1854, una expresión algebraica de lógica basada en una ley especial, para la cuál los símbolos de

cantidades no son subjetivos, la única solución son ceros y unos, constituyendo la base lógica de los componentes de las computadoras modernas en un sistema binario. Estableciendo así las bases para lo que actualmente conocemos como "Teoría de la Información".

El estadista Herman Hollerith en 1881 desarrolló una máquina calculadora que funcionó a base a tarjetas perforadas, y que fue utilizada para procesar los datos del censo de 1890 en los Estados Unidos de Norte América. Este equipo significó un gran adelanto en el campo de las computadoras de tal forma que actualmente el principio de tarjetas perforadas continúa siendo utilizado.

En el siglo XX, con la aplicación de la electrónica se facilitó la realización de nuevos inventos entre ellos el bulbo, elemento importante para el desarrollo de las computadoras.

Al finalizar la Primera Guerra Mundial, en diversas Universidades de los Estados Unidos de Norte América se completaron diferentes computadoras monolíticas, y el primer cerebro electrónico de gran escala fue construido en 1942 por Vannevar Bush, como una máquina analógica cuyas conexiones y controles fueron eléctricos, aunque otros de sus mecanismos eran mecánicos.

La primera máquina que consagró por completo el sueño de Babbage fue la MARK-1, oficialmente llamada por I.B.M.: "Automatic Sequence Controlled Calculator" construida de 1937 a 1944 por Howard Aiken, profesor de la Universidad de Harvard, y por un grupo de estudiantes de esa misma institución.

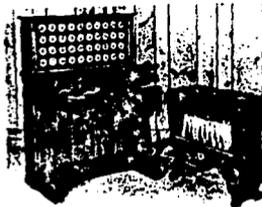
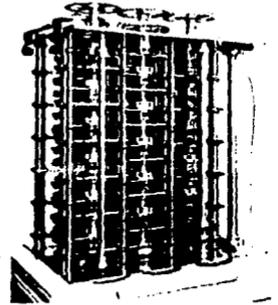
En 1945, se concluyeron la ENIAC y la Z4; que fueron desarrolladas paralelamente y en forma independiente, la primera en

La calculadora de Leibnitz podía multiplicar y dividir, además de sumar y restar.



El telar de Jacquard usaba un sistema de tarjetas perforadas para tejer patrones automáticamente.

La máquina analítica de Babbage no llegó a terminarse, pero en términos generales podía haber trabajado como los computadores modernos.



El sistema tabulador de Herman Hollerith ahorró años de trabajo a la oficina del censo de Estados Unidos.

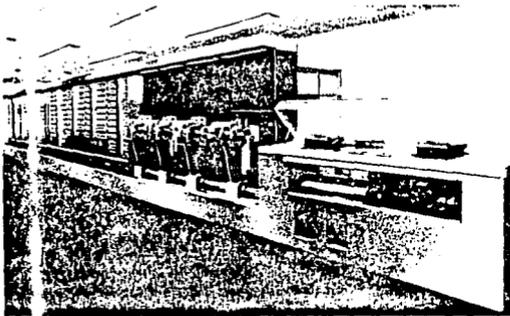
Estados Unidos de Norte América por el Dr. John W. Mauchly y J.P. Echert, y la segunda en Alemania por Konrad Zuse.

La Compañía Remington Raud, fundada por Eckert y Mauchly, desarrollo en 1951, la UNIVAC-I (Universal Automatic Computer) que fue utilizada para el tratamiento de datos no científicos, siendo la primera computadora comercial moderna. La UNIVAC se caracterizó por utilizar cinta magnética como unidad de entrada y salida de datos; por aceptar y procesar datos tanto numéricos como alfabéticos y contaba con un programa especial, capaz de traducir programas de un lenguaje particular al lenguaje de máquina. En 1952 Grace M. Hopper, desarrollo para la UNIVAC el compilador llamado A-2.

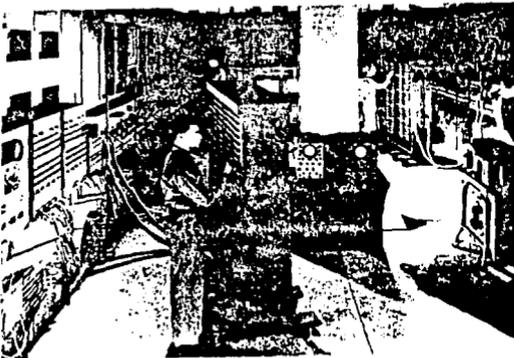
Las máquinas desarrolladas en la década de 1948-1958, constituyen la primera generación de las computadoras, mismas que utilizaban bulbos como componentes básicos de sus circuitos, teniendo como consecuencia un alto consumo de energía; la producción de un calor muy intenso; un staff de 35 a 100 programadores, analistas, codificadores y personal de mantenimiento, así como de un sistema de aire acondicionado.

En esta generación se desarrollaron los lenguajes de programación: FORTRAN, orientado a la resolución de problemas numéricos y ALGOL, dirigido al tratamiento de problemas científicos.

En 1959, surgió la segunda generación de computadoras, la que significó un gran adelanto en el progreso de esta industria, debido a que los bulbos fueron sustituidos por transistores, que permitieron aumentar la confiabilidad y velocidad operativa de estos equipos.



Mark I fue la primera calculadora electromecánica. Tardaba sólo 0.3 segundos para sumar o restar, 4.0 segundos para multiplicar y 12 segundos para dividir.



El computador ENIAC podía hacer en una hora el trabajo que Mark I hacía en una semana. Para reprogramar el ENIAC, era necesario cambiar manualmente los cables que conectaban los tubos de vacío.

Los avances en equipos periféricos también fueron notables: impresoras cada vez más rápidas; mejores lectoras de tarjetas y cintas perforadas, y sobre todo bobinas de cinta magnéticas, capaces de memorizar y volver a leer datos en número ilimitado. Así mismo, en esta generación proliferan diferentes modelos de computadoras, incorporando su uso en el área de los negocios y se desarrollaba el lenguaje de programación COBOL, para estos fines. Por otra parte, la utilización de FORTRAN se ve incrementada y se implementan los ensambladores-programas que utilizan un código nemotécnico para representar las instrucciones.

El siguiente paso en el desarrollo de las computadoras es en 1964, año que aparece la tercera generación cuya base está en los circuitos integrados monolíticos y la miniaturización de la electrónica.

Las primeras máquinas de esta generación son las I.B.M. 360, y posteriormente la I.B.M. 370, lanzadas al mercado por I.B.M. y la PDP-6 de Digital.

Otras características de esta generación es que las máquinas fabricadas de una misma serie son compatibles entre sí, facilitando su uso, y podrían ser utilizados para aplicaciones tanto científicas como comerciales.

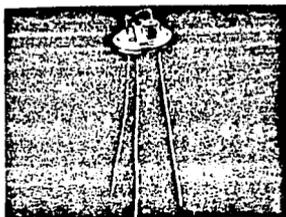
Surgió la multiprogramación, el multiprocesamiento, las comunicaciones de datos, otros lenguajes de alto nivel BASIC y el PLI, entre otros y los paquetes especializados de programación.

Se inicia el funcionamiento de escuelas de programación y el desarrollo de las calculadoras de bolsillo.

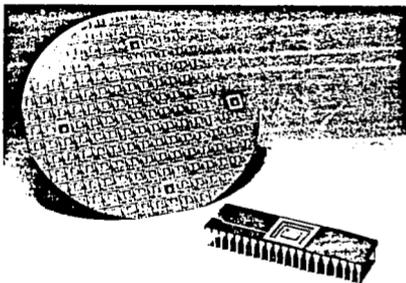
De 1968 a 1973, se expanden las minicomputadoras las que pueden reemplazar o aumentar una computadora estandard centralizada.



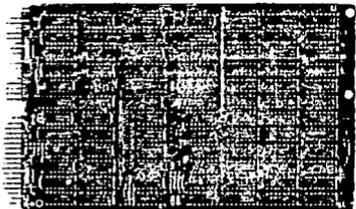
Los tubos de vacío (válvulas) se usaron en la primera generación de computadores para controlar las corrientes eléctricas. Los tubos de vacío eran muy grandes, generaban grandes cantidades de calor y consumían mucha energía eléctrica.



El uso de transistores marcó el inicio de la segunda generación de computadores.



La invención de los chips revolucionó la tecnología computacional. En la fotografía se muestran una oblea que contiene muchos chips y un chip empaquetado como un circuito integrado. Un chip, más pequeño que una huella digital, es probablemente más poderoso que el computador Mark I de la primera generación, que ocupaba toda una habitación.



La memoria de semiconductores fue posible por la invención de los circuitos integrados en la tercera generación de computadores; los circuitos «recuerdan» la información al almacenarla como cargas eléctricas.

Durante la década de los 70's se realizaron constantes innovaciones en la manufactura de los circuitos integrados.

Se lograron incorporar miles de componentes en un espacio menor a una micra, haciendo la integración de circuitos a gran escala, colocando así a las computadoras en una cuarta generación, en la que aparece PASCAL, como uno de los lenguajes más poderosos, por ser de aplicación general e incluir los conceptos introductorios de lo que hoy se conoce como programación estructurada.

Actualmente existen circuitos que tienen alrededor de 260 mil elementos, y se calcula que los adelantos permitirán circuitos mucho más pequeños y cien veces más veloces.

Se ha iniciado una quinta generación de las ciencias computacionales que diseña sistemas de cómputo inteligentes, esta es, sistemas que contienen las características que nosotros asociamos con la inteligencia humana: entendimiento del lenguaje, aprendizaje, razonamiento, resolución de problemas, etc., llamada "Inteligencia Artificial" que caracterizó la década de los 80's y dando un nuevo giro o cambio para el desarrollo de la computación.

Las computadoras de la quinta generación serán procesadores de conocimientos, capaces de aprender a partir de la información proporcionada y usar esos conocimientos para manejar datos de manera más eficientes.

Se creé que estudiando la operación de estos programas se entenderá mejor la naturaleza de la mente humana. Desde que este campo surgió en los años 50's, los investigadores de la "Inteligencia Artificial" han inventado docenas de técnicas de programación que sustentan parte del comportamiento inteligente.

Los sistemas experimentales de "Inteligencia Artificial" han provocado interés en diferentes áreas de las ciencias y son desarrollados comercialmente. Estos sistemas experimentales incluyen programas que:

1.- Resuelven problemas complejos de Química, Biología, Geología, Ingeniería, Medicina etc. a un nivel de experto.

2.- Manejan dispositivos roboticos para realizar algunas tareas inútiles y repetitivas.

3.- Contestar preguntas en dialectos simples o lenguajes naturales como, Ingles, Francés, Japonés, Español, etc.

Todo parece indicar que los programas inútiles de "Inteligencia Artificial" tienen un papel muy importante en el desarrollo de las computadoras.

## II.2.-CONFIGURACION DE LOS SISTEMAS DE COMPUTO.

Los elementos que forman una computadora son dispositivos relativamente simples, que al conectarse en una forma lógica, pueden trabajar como sistemas integrados, logrando así, realizar paso a paso problemas que vistos en conjunto tienen soluciones complicadas.

Existen dos clases de computadoras: digitales y analógicas. Las computadoras digitales operan contando numéricamente (sumando) datos discretos usando el método de aritmética controlada.

Las computadoras analógicas, establecen una analogía del problema operan midiendo, continuamente, una cantidad física análoga a los números del problema que se considera. Las computadoras analógicas sirven como modelo para cuyas relaciones simulan un sistema físico real, operando generalmente en tiempo real, en tanto que las computadoras digitales combinan principalmente datos aritméticos que no guardan relación al sistema representado.

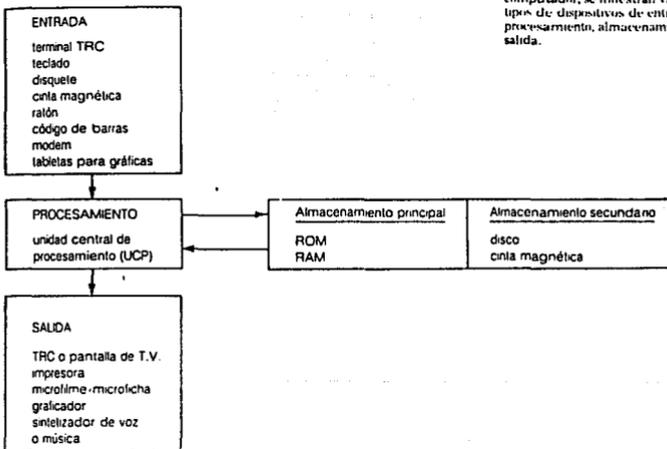
La precisión de las computadoras analógicas se limita a la precisión de la medición; la precisión de las computadoras digitales generalmente es ilimitada.

Todo sistema de procesamiento de la información consta de tres partes principales:

Los órganos de entrada, La Unidad Central y Los órganos de salida:

Los elementos de entrada representan la forma de alimentación de información a la computadora, la cual se realiza a través de equipos periféricos como son: Lectoras de Tarjetas, Cintas de Papel, Teletipos, etc., los dispositivos de almacenamiento son: Memorias, discos, cintas magnéticas, etc. El procesador central es el dispositivo en que se

## SISTEMA DE UN COMPUTADOR



Este es el sistema de un computador, se muestran varios tipos de dispositivos de entrada, procesamiento, almacenamiento y salida.

ejecutan las operaciones (aritméticas y lógicas) y los elementos de salida son el medio a través del cual se reciben los resultados de un proceso efectuado por la máquina y pueden ser: impresoras, discos, cintas magnéticas, teletipos, dispositivos de graficación, etc.

En esencia la computadora está integrada por dos partes:

- a) Equipos mecánicos, electromecánicos y electrónicos, llamado HARDWARE.
- b) Estructuras lógicas o programas llamado SOFTWARE.

Los equipos mecánicos, electromecánicos y electrónicos forman la estructura física de la computadora. El Hardware de la máquina es el encargado de efectuar físicamente los procesos de captación de información, operaciones aritméticas y lógicas, almacenamiento de información, y obtención de resultados; para cada una de estas instrucciones existe dentro de la computadora, un elemento que fue construido especialmente para realizarlas.

PROCESADOR CENTRAL.- La unidad de proceso o procesador central, es una de las partes más importantes del equipo, realiza operaciones con gran rapidez, en él residen las unidades de operación aritmética y lógicas.

Están formadas por un gran número de pequeñas tabletas que contienen circuitos integrados, donde cada operación o instrucción de la máquina esta asociada a un circuito que la efectúa, estas operaciones se llevan a cabo en los registros de trabajo. Un registro es un dispositivo para almacenamiento temporal que facilita operaciones aritméticas, lógicas y de transferencia.

Existen registros auxiliares los cuales sirven para que a través de ellos se realicen las operaciones aritméticas y lógicas (ó de comparación) de la unidad de proceso central de la memoria.

PROCESADOR DE ENTRADA Y SALIDA.- Realiza las funciones de transferencia de información de un dispositivo periférico a la memoria principal y viceversa. Entre los dispositivos de entrada y salida están los equipos periféricos, formados por todos aquellos elementos que enlazan a la computadora con el medio ambiente, a través de funciones de alimentación, almacenamiento y entrega de resultados. Estos dispositivos son :

-Lectora de tarjetas.- Es un dispositivo que percibe a través de sensores fotoeléctricos las perforaciones de las tarjetas, o sea la información de las mismas. (prácticamente en desuso)

-Cintas de Papel.- Es una banda de papel, capaz de almacenar información, que puede ser en forma de perforaciones o de impresiones. (prácticamente en desuso)

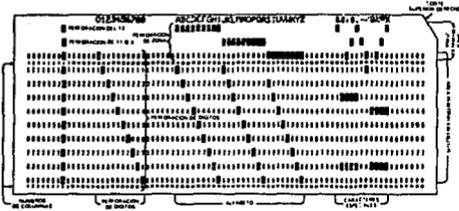
-Disco Fijo. Es un plato de metal circular con un material magnético en ambos lados, que gira, continuamente para efectuar operaciones de lectura y escritura por medio de cabezas montadas en brazos.

-Disco Removible.- Es un conjunto de discos magnéticos que son utilizados para lectura y escritura y que permiten ser intercambiados con otros discos removibles.

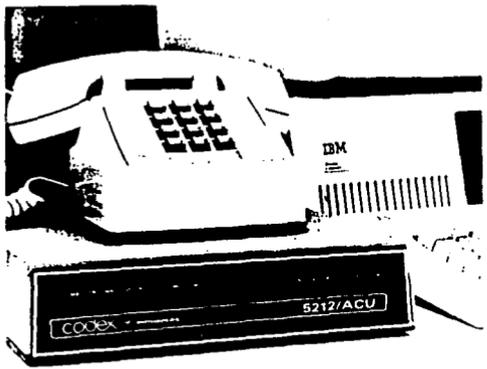
-Cinta Magnética.- Es una cinta plástica impregnada de material magnético cuya información puede ser grabada en forma de lunares magnéticos polarizados para esta función.

-Impresora de Papel.- Es un dispositivo que imprime caracteres como símbolos, palabras o números que generalmente son los resultados de algún proceso.

-Lectora Optica.-Es una unidad de lectura de caracteres que están impresos en papel, a través del reflejo de estos sale la luz.



Las tarjetas perforadas se usaron con los primeros computadores para introducir o almacenar datos. Las perforaciones constituyen un código que el computador leía al hacer pasar sobre ellas haces de luz o escobillas.



Un modem puede conectarse a un computador para que éste, a su vez, pueda comunicarse con otro computador a través de un teléfono.

-Perforadora.-Son máquinas que realizan pequeños orificios en tarjetas de papel, representando de acuerdo a un código la información que se desea alimentar a la computadora. (prácticamente en desuso)

-Interpretadoras.- Imprimen las perforaciones de una tarjeta de papel, traduciendo el código de perforación a los caracteres del alfabeto, números o caracteres especiales que fueron perforados. Existen máquinas que a la vez pueden perforar e interpretar.

Las Unidades de Memoria Principal están formadas de circuitos integrados en los cuales la capacidad de memoria se refleja en el máximo número que pueda ser almacenado en una localidad o palabra en particular multiplicado por el número de palabras que componen toda la memoria.

Una palabra para la computadora es la mínima unidad de almacenamiento en memoria que puede ser direccionable, esto es a la que se puede tener acceso, y está compuesta por un conjunto determinado de "bits" (dígito binario) que es la mínima unidad de almacenamiento en una computadora. El número de bits que forma una palabra es llamada longitud de palabra; así existen memorias con palabras de 8 bits, 16 bits, etc., esto depende de la definición que tenga la computadora en particular.

En paralelo al desarrollo tecnológico de las computadoras, evolucionó la elaboración de programas que sirven en forma eficientes. Estos programas que facilitan a la computadora la ejecución de los distintos trabajos que pueden requerirse, son llamados de estructura lógica o Software.

El Software de una computadora, por lo tanto, son todos aquellos programas que están escritos en un lenguaje apropiado a la

estructura física de las máquinas y con los cuales es posible utilizarlas. Dentro de estos programas se pueden observar básicamente los siguientes:

- 1.-Sistema Operativo.
- 2.-Intrínsecos.
- 3.-Compiladores.
- 4.-Interpretes.
- 5.-Rutinas de Utilería y Paquetes de Bibliotecas.

El control en la asignación del procesador a los diferentes programas en memoria, la utilización de recursos, y todas aquellas funciones de control interno de la computadora son supervisadas y permitidas a través de un programa, que reside parte en algún dispositivo de almacenamiento y parte en la memoria, llamado Sistema Operativo.

Los intrínsecos están formados por un conjunto de pequeños procesos que son utilizados comúnmente por los usuarios de una computadora, y les permite efectuar cálculos como funciones trigonométricas, logaritmos, raíz cuadrada, etc., sin necesidad de que ellos tengan que programarlos, llamándolos únicamente.

Los compiladores son traductores que permiten de una computadora, escribir programas en lenguajes de alto nivel. Su función es generar, a partir de un grupo de instrucciones, escritas en un lenguaje de alto nivel, el código de máquina correspondiente, checando al mismo tiempo que su sintaxis sea correcta. Un compilador no ejecuta un programa, solamente lo traduce a código de máquina siendo la ejecución un aspecto independiente a él. Las instrucciones que componen el programa codificado por el usuario, son llamados "programas fuentes"

y el código de máquina generado por un compilador a partir de ellos, es llamado "programa objeto"; una vez que se a compilado el programa, esto es, generado el programa objeto, este último puede ser ejecutado cuantas veces se desee sin necesidad de volver a compilar el programa fuente. Se le llama interprete al programa que traduce a código de máquina y ejecutan instrucción por instrucción el programa fuente. No generan un programa objeto, por lo que cada vez que se quiera ejecutar, se debe interpretar nuevamente el programa fuente.

Todo sistema de computo, cuenta además con un conjunto de programas, (rutinas de utilerías y paquetes de biblioteca) que si bien no afectan funciones vitales, son de gran ayuda a los usuarios, ya que simplifican muchos de los procesos que comúnmente se llevan a cabo, entre ellos se pueden mencionar los paquetes de rutinas estadísticas como son BASIS, SPSS, las rutinas para la resolución de ecuaciones simultáneas, valores propios y operaciones matriciales como NUMERALS, IMSL, interpretes para simulación de procesos como SIMULA Y DYNAMO, etc.

### II.3.-COMPUTADORAS PERSONALES.

Una computadora personal (P.C.) es una máquina que toma información (llamada datos) y la procesa de alguna manera. El procesamiento es el manejo, cambio y almacenamiento de la información. La información que procesa una P.C. puede almacenarla, cambiarla o hacer operaciones aritméticas con ella: La P.C. no puede decidir por si misma lo que ha de hacer con la información, son los usuarios quienes deciden lo que quiera que haga la P.C., esto por medio de programas. Un programa es un conjunto de instrucciones que la máquina sigue cuando está procesando la información.

Estas computadoras son tan populares en estos tiempos por la gran diversidad de funciones que ejecutan, el manejar enormes cantidades de información, la velocidad con que la procesa, su precisión, etc. Teniendo gran desarrollo y aplicación en diferentes organismos e instituciones como: escuelas, en la ciencia, ingeniería, negocios, gobierno, las ciencias sociales, hogar, etc. En la actualidad hay más de 100 tipos diferentes de P.C. en el mercado. Estas aparecieron en el mercado en la década de 1970.

La P.C. incluye una unidad de procesamiento central que contiene la memoria y cuando menos una unidad de disco, un teclado, un monitor a color o monocromático así como otro equipo.

Dentro del C.P.U. se encuentra el microprocesador que es el componente que contiene los circuitos lógicos y aritméticos. El microprocesador lee y ejecuta los programas, también incluye la memoria,

un conjunto de circuitos para almacenar programas y datos mientras el microprocesador trabaja con ellos.

La unidad de procesamiento central cuenta con una o dos unidades de disco, interconstruidas. Las unidades de disco se utilizan para almacenar programas y datos de manera que la computadora pueda copiarlos en la memoria cuando sean necesarios.

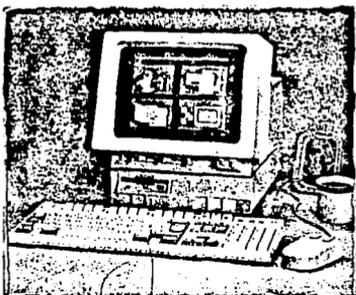
La computadora personal puede tener de 16KB a 1024KB (también denominado esté último 1M) de memoria. En término de computación "K" se refiere a 1024 bytes. Un byte es la cantidad de espacio de almacenamiento requerido para almacenar un carácter de datos. "M" se refiere a 1'048,576 bytes.

Una P.C. cuenta con una o más unidades de disco. Las unidades emplean un disquete de 5 1/4 pulgadas de diámetro y/u otro de 3 1/2 pulgadas, así como un tercero denominado disco duro. Los disquetes se utilizan para almacenamiento externo de datos.

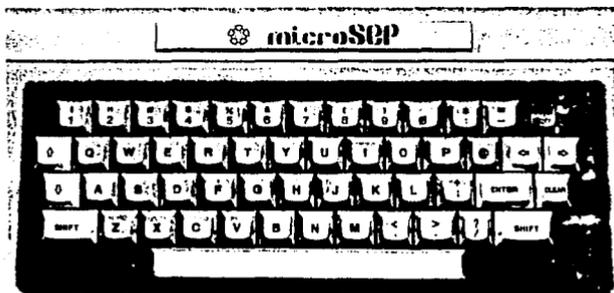
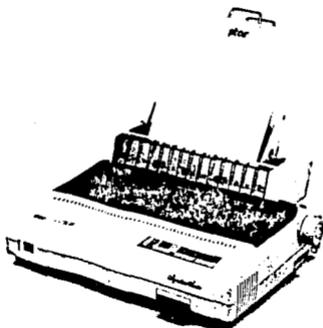
Las unidades de disco tienen nombres alfabéticos. La primera se denomina A y corresponde a un disquete de 5 1/4 pulgadas y la de 3 1/2 pulgadas a B o viceversa, mientras que el disco duro a C.

Acoplado a la unidad central de procesamiento se encuentra una unidad de teclado. Este es el principal medio para comunicarse con la computadora.

La P.C. cuenta con algún tipo de monitor; un dispositivo que la computadora usa para comunicarse. El monitor estandar es un dispositivo que muestra datos en un sólo color, generalmente verde o ámbar y por lo tanto se le denomina monocromático. La pantalla monocromática resulta adecuado para la proyección de caracteres de datos



Los disquetes magnéticos almacenan más información en un espacio menor que el requerido por las tarjetas o las cintas. Los disquetes tienen el aspecto de pequeños discos tonográficos, pero están siempre guardados en sobres especiales que los protegen.



tales como letras, números y signos de puntuación, pero no resulta adecuado para gráficas y proyecciones animadas.

La computadora personal, también puede tener alguna de las unidades como equipo periférico o auxiliar; entre ellos lo son las impresoras para copiar los datos en forma permanente en papel. Equipos de comunicación que le permite a la computadora enviar datos a través de líneas telefónicas a otras así como recibirlos, etc.

El interfase que actúa entre la computadora y el usuario es el sistema operativo, siendo este un conjunto de programas que permite usar y operar a la P.C.

#### II.4.-INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Las corrientes intelectuales de todos los tiempos han ayudado directamente a los científicos al estudio de ciertos fenómenos. Para la evolución de la "Inteligencia Artificial", las dos fuerzas más importantes en el medio ambiente intelectual fueron la lógica-matemática, la cual ha tenido un rápido desarrollo al final del siglo XIX y las nuevas ideas de computación.

La lógica-matemática continúa siendo una área activa en la investigación de la "Inteligencia Artificial", en parte por los sistemas lógicos-deductivos. Pero aún antes de que existieran las computadoras, la formulación matemática o razonamiento lógico era relación entre la computación y la inteligencia.

Turing que ha sido llamado el padre de la "Inteligencia Artificial", no sólo inventó un modelo de computación simple y universal, sino que estaba seguro de la posibilidad de que un mecanismo computacional, pudiera tener un comportamiento que se pudiera llamar inteligente.

Los conceptos de cibernética y sistemas auto-organizables se enfocaron en el comportamiento macroscópico de los sistemas tipo "locally simple".

Los cibernéticos influenciaron muchos campos ya que su ideología era muy amplia, mil ideas acerca del comportamiento del sistema nervioso con teorías de información y control, así como con lógica computacional.

Lo que finalmente unió a estas ideas fue el desarrollo de las máquinas computadoras, guiados por Babbage, Turing, Van Newman y otros. No pasó mucho tiempo después de que las máquinas se hicieron accesibles a las personas para que estas empezaran a escribir programas para que solucionaran problemas, jugar ajedrez, traducir textos de un lenguaje a otro, etc., siendo estos los primeros programas de "Inteligencia Artificial".

La aceptación de que casi todas las actividades humanas inteligentes no se pueden determinar por una secuencia de pasos, marcó el inicio de la "Inteligencia Artificial" como una parte separada de la ciencia de la computación. Los investigadores de la "I.A." estudian diferentes tipos de computación y diferentes formas de describirla en un esfuerzo no sólo de crear artefactos inteligentes sino también de entender que es la inteligencia.

Su teoría básica es que la capacidad intelectual de los humanos se describiera mejor mientras se realizaban la descripción de más programas de "I.A."

La "I.A." suele definirse como la capacidad de imitar la forma en que piensan los humanos. Las computadoras y Robots con "I.A." podrán tomar decisiones y resolver problemas. A medida que las computadoras mejoran su imitación de razonamiento humano, pronto dejarán de estar limitadas a las tareas de cálculo para entrar en el área del comportamiento inteligente.

COMO FUNCIONA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.- Gran parte de la programación de la "I.A." se ha dedicado al campo de pasatiempos por computadora. Ya es común enseñar a la computadora a jugar al ajedrez.

las damas o el backgammon. Todos los programas para estos juegos siguen un patrón básico:

1.- Proporcionan a la computadora una enorme cantidad de hechos sobre los distintos movimientos y explicar la relación de cada movimiento con otro.

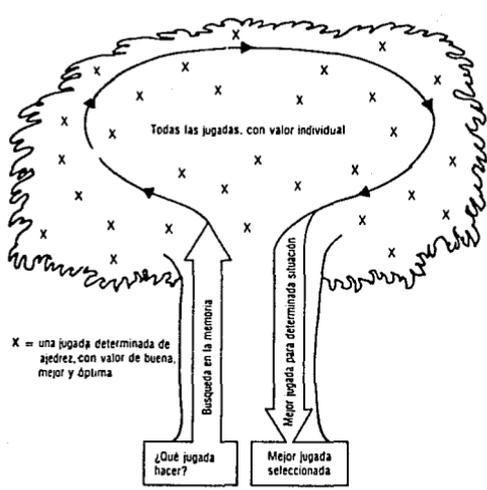
2.- Proporcionar a la computadora sobre la situación actual, el juego en que ese momento se tiene.

3.- Proporcionar a la computadora la forma de comparar las opciones de movimientos posibles para ver cuál es mejor.

Estos programas posibilitan a la computadora para usar su memoria en toda su capacidad. En un momento, la computadora puede comparar muchos movimientos diferentes y decidir cuál ejecutar. Realiza esto mediante uno de dos procesos: Árboles de búsqueda ó encadenamiento hacia atrás.

En un árbol de búsqueda, la computadora asigna una puntuación (o un número) a cada jugada. Un buen movimiento tendrá una puntuación alta, mientras que una mala jugada tendrá una puntuación baja. Entonces, la computadora puede buscar entre todos los movimientos almacenados en su memoria. Busca aquella jugada que tenga la puntuación más alta; es decir, con el árbol de búsqueda busca el mejor movimiento para una situación determinada.

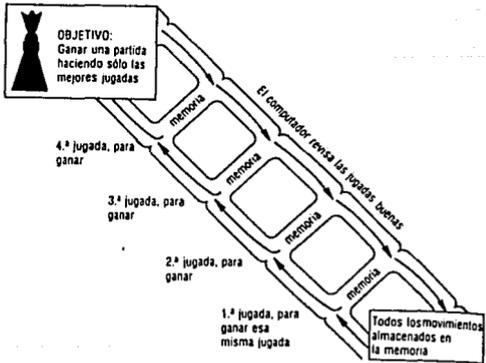
En el encadenamiento hacia atrás, la computadora empieza por definir su objetivo. En el caso de un juego, el objetivo es ganar, pero la computadora sabe que para alcanzarlo debe seguir una serie de pasos. Empezando por el objetivo, busca hacia atrás en la cadena de acontecimientos que llevan al objetivo. Esto es el encadenamiento hacia



X = una jugada determinada de ajedrez, con valor de buena, mejor y óptima

Con un árbol de búsqueda para encontrar la mejor jugada de ajedrez en determinada situación, se busca en la memoria del computador donde previamente se almacenaron y calificaron todos los movimientos. Cada punta de flecha del diagrama indica que se ha tomado una decisión para seleccionar una buena (mejor que mala) jugada. Entonces, continúa la búsqueda en la memoria para encontrar una jugada aún mejor. Cuando se encuentra la jugada más apropiada, el computador la selecciona como la mejor.

Empezando con el objetivo de ganar una partida en la esquina superior izquierda, se buscan hacia atrás en la memoria del computador todas las jugadas programadas con anterioridad. Se elige la jugada perfecta para una situación determinada y se convierte en un «eslabón de la cadena» para llegar de nuevo al objetivo de ganar la partida.



atrás. Entonces determina una acción que probablemente lo llevará a alcanzar el objetivo; Ganar el partido.

La computadora puede hacer esto con mayor rapidez y de manera más sistemática que un humano. La computadora puede considerar todos los movimientos que han programado en ella. Entonces, elige la mejor jugada. Debido a que la mente humana funciona de una manera más aleatoria, es posible que el jugador pase por alto una buena jugada.

La programación de "I.A." actual usa los árboles de búsqueda ó el encadenamiento hacia atrás para proporcionar a la computadora la facultad de hacer elecciones. El programador debe alimentar a la computadora con la mayor información que necesita para tomar una decisión en cierta forma, esto es similar al proceso que siguen los seres humanos durante la etapa del crecimiento.

Un objetivo aún más importante la "I.A." es enseñar a la computadora a inferir, o aplicar hechos de una situación a otra. Esta es una parte importante del proceso de aprendizaje.

DESARROLLO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.- La investigación en "I.A." tiene un largo camino por andar antes de producir computadoras que puedan imitar la mente humana. Pero en el proceso de encontrar la manera de que las computadoras sean más inteligentes, los investigadores en "I.A." han hecho ya varias contribuciones a la tecnología computacional.

El concepto del tiempo compartido es un producto de la investigación en "I.A.". Este concepto significa que varios usuarios pueden compartir al mismo tiempo un sistema de cómputo grande. El concepto de tiempo compartido fue desarrollado por John McCarthy en el Instituto de tecnología de Massachusetts, dónde se lleva a cabo una

gran labor de investigación en el campo de la "I.A.". McCarthy es el mismo científico que diseñó el lenguaje LISP de programación para "I.A."

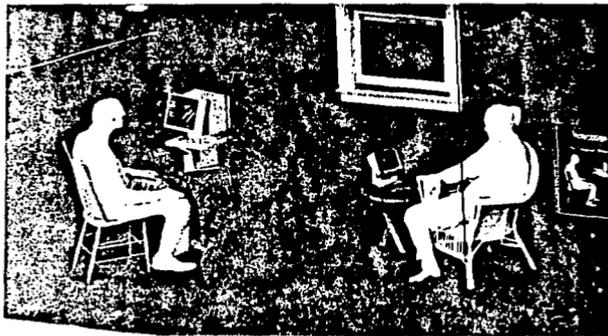
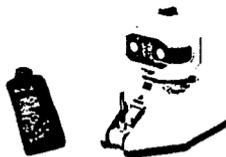
Otro adelanto que se debe a la investigación en "I.A." es el concepto de sistema de visión. Un sistema de visión permite a la computadora <ver> de una forma similar a la humana. De hecho, con frecuencia se dice que un sistema de visión es un ojo electrónico. Los sistemas de visión se usan en máquinas industriales que construyen objetos. Pueden usarse para el control de calidad; por ejemplo, los robots con sistema de visión se usan en la fabricación de chips para computadoras.

El robot tiene en su memoria la fotografía de un chip perfecto. Puede comparar cada nuevo chip con la foto del chip perfecto. Puede verificar si concuerda con el chip perfecto, si es así el robot lo aprueba en caso contrario, los rechaza por defectuosos.

Los robots pueden hacer esto con más eficacia que el humano, pues este no puede ver los diminutos circuitos del chip sin algún medio que lo amplíe. Los sistemas de visión fueron desarrollados por los investigadores en "I.A.". Se dieron cuenta de que las computadoras debían de ser dotadas de sensores si se deseaba que pensarán como humanos. Gran parte del conocimiento que poseemos del mundo lo obtenemos a través de la vista, al observar objetos. Los sistemas de visión proporcionan a los robots y computadoras la misma capacidad de ver.

Un nuevo tipo de programa, ya muy común es el Sistema Experto esta clase de sistema puede convertir a una computadora en un experto en casi en cualquier tema. Un sistema experto es un <solucionador de problemas> muy parecido a una persona experta. Con un sistema experto,

**FRED (Friendly Robotic Educational Device)** es un dispositivo robótico educativo; es un pequeño robot que tiene un vocabulario de 57 palabras, puede desplazarse en cualquier dirección y capacidad para dibujar. Se dirige con un comunicador manual o puede programarse con un computador.



la computadora puede considerar los hechos explicados en una situación para luego aconsejar a una persona sobre la mejor opción a ejecutar.

Un sistema experto se compone de varias partes, una de ellas da a la computadora una base de conocimientos completa, actualizada y alimentada por expertos en un campo particular. Esta base de conocimientos comprende tanto hechos como suposiciones, creencias, teorías y reglas propias de ese campo. Otra parte necesaria de un sistema experto es la capacidad de relacionarse con el sistema de la computadora y las personas expertas. Con esa relación la computadora puede que genere nueva información, teorías y reglas que luego revisarán los expertos.

La principal ventaja de los sistemas expertos es que pueden actuar a gran velocidad una vez que se les han proporcionado todos los hechos. No obstante un problema es que dar a la computadora los hechos - escribir un sistema experto - es muy lento. Se puede llevar dos o tres años y costar millones de dolares desarrollar un sistema experto útil. Una vez desarrollado, sin embargo, el sistema experto proporciona acceso a un banco de datos. El banco de datos contiene información especializada sobre cualquier tema que se haya desarrollado. Escribir un sistema experto requiere un gran trabajo de planeación cuidadosa. El programador debe de trabajar con otros especialistas para determinar con exactitud lo que se espera del sistema experto.

El objetivo del sistema experto debe establecerse con mucha precisión y claridad. Después, el programador debe determinar cuanta programación y de que clase necesitará el sistema experto para tomar decisiones. Las computadoras aún no pueden <aprender a partir de la experiencia> hasta que lo hagan, los programadores de sistemas expertos

tendrán que proporcionarles hasta la más mínima información que necesiten. Como objetivo último, los científicos de "I.A." esperan que las computadoras lleguen a poder aprender de sus experiencias. Cuando puedan hacerlo, podrán recoger su propia información.

Una vez que el programador determina cuanta información y de que clase se requiere, es necesario encontrarla, esto lo proporcionará alguna persona experta en el campo sobre el que se trabajara el sistema experto.

Luego que se ha construido el banco de datos, el programador debe diseñar alguna manera para que el sistema experto compare los hechos de su base de datos con aquellos implicados en esa situación en la que se encuentren. Cuando se le pide un consejo el sistema experto considerará la situación presentada y luego busca en su memoria condiciones similares; entonces, sugiere alguna respuesta o bien una acción basada en la información de su banco de datos.

Los sistemas expertos pueden usarse en cualquier campo de actividad humana donde se empleen computadoras. Este puede ser cualquier campo desde la medicina hasta la educación, los negocios o el gobierno. Desarrollarlos resulta costoso y requiere mucho tiempo, pero una vez elaborados, los sistemas expertos llegan a ser en extremo útiles. Pueden poner muchas clases de conocimientos al alcance de la mano de quienes necesitan esta información para su trabajo.

APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.- La lista de aplicaciones de la "I.A." es infinita. La "I.A." promete revolucionar el campo de la computación y lo hará de una manera que hoy es inimaginable. Las computadoras con "I.A." serán herramientas poderosas en cualquier campo que se pueda imaginar. Serán especialmente poderosos porque

aprenderán más y más sobre su campo conforme se usen. Los expertos en "I.A." ya hablan de diseñar computadoras que incluso serán capaces de programarse a sí mismos.

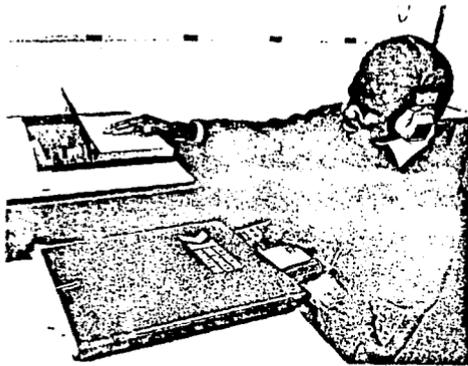
Una de las áreas de aplicación con mayor proyección en "I.A." es la Robótica.

La robótica es la ciencia encargada del diseño y construcción de robots. Tiene mucha relación con el campo de la "I.A.". Quizá el área más prometedora del desarrollo en robótica sea la de proporcionar a los robots "I.A.". En la actualidad, los robots hacen precisamente aquello que se les indica.

Al igual que casi todas las computadoras, no pueden hacer nada por sí solas. Los robots con "I.A." serían herramientas mucho más versátiles en la industria. Podrían recoger datos permanentemente sobre las condiciones que los rodean. Usarían estos datos para tomar mejores decisiones en el futuro, inclusive podrían realizar más tareas que hoy realizan los humanos. Podemos enseñar a los robots y a las computadoras a realizar cada vez más actividades de nuestro trabajo rutinario.

Los humanos tenemos muchas características que no pueden programarse o enseñarle a una computadora, esto es lo que nos mantendrá al mando de estas máquinas. Al usar robots en trabajos tediosos o aburridos, podemos disponer de ese tiempo para llevar a cabo actividades que nos resulten más interesantes y desafiantes.

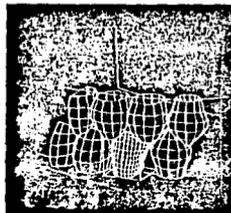
En el futuro, los robots tendrán más empleos de los que tienen hoy. Ya sabemos que son útiles para realizar trabajos repetitivos, aburridos o peligrosos. Los robots <inteligentes> podrían ser muy útiles en trabajos que requieren juicios y toma de decisiones pero que son difíciles o peligrosos para los humanos. Algunos trabajos requieren que



Hay máquinas que ayudan a leer a los ciegos, pronunciando en voz alta cada palabra del libro.



Una «estructura de alambre» tridimensional de computador ayuda a los diseñadores a evaluar propuestas de diseños para interiores de automóviles. La figura de la izquierda prueba el tablero de instrumentos de control. La figura de la derecha destaca ángulos de los movimientos del cuerpo.



Los computadores ayudan en la odontología. La corona de un diente puede elaborarse introduciendo exactamente la forma que se necesita y una máquina modela el nuevo diente en minutos.



Un arquitecto puede observar muchas vistas diferentes de un edificio que ha diseñado y cambiarlas fácil y rápidamente con un computador.

el empleado este en contacto con sustancias químicas peligrosas o con temperaturas extremas. Por ejemplo, apagar incendios es un trabajo que requiere una buena cantidad de juicios, pero también es muy peligroso. Debido a que los robots serán capaces de recabar muchos más datos específicos que los humanos, en ciertos casos, sus decisiones pueden ser mejores, pues, estarán basados en una información más completa que la disponible para los humanos.

Otra área en la que es muy útil la robótica es en la ayuda de los imposibilitados. Los robots a menudo realizan muchas tareas que estas personas no pueden realizar por sí solos. Los robots (inteligentes) podrían hacer aún más; por ejemplo un robot con "I.A." y con un dispositivo de reconocimiento de voz podría llevar a cabo muchas diligencias para el inválido, que sólo tendría que decir al robot lo que debe de hacer. En el campo de la medicina, los robots pueden controlar los síntomas de un paciente día y noche sin parar; incluso pueden recomendar al médico un sistema experto apropiado si se produce alguna situación crítica y avisar al mismo tiempo al personal de emergencia del hospital.

En la actualidad, los robots se usan principalmente en las grandes fábricas, pues aún resulta muy costoso diseñarlos, construirlos y mantenerlos. Conforme avance el campo de la robótica, los robots serán cada día más comunes. Los robots con inteligencia artificial podrán realizar una gran gama de tareas que no se quieren realizar o se lleven demasiado tiempo.

### CAPITULO III

#### - SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA -

##### III.1.-CARTOGRAFIA AUTOMATIZADA.

Hasta hace poco tiempo, el trazado de una Carta era una operación exclusivamente manual. Implicaba la producción de varios originales de impresión de diferentes temas, tales como: Planimetría, Curvas de nivel, Hidrografía, Uso de Suelo, Carreteras, etc., con los cuales se lograban múltiples combinaciones, necesitando de un esfuerzo manual bastante considerable para su conformación. Sin embargo, el progreso alcanzado en materia de computación y tecnología dependiente, cambió notablemente esta situación. Las computadoras permiten no solamente el almacenamiento y recuperación de una gran cantidad de datos, tanto numéricos como descriptivos, sino también el manejo extensivo de esos datos, su exhibición sobre TRC (Tubo de Rayos Catódicos o Tubo de Video), o en forma de carta manuscrita si se usa una mesa de dibujo numéricamente controlada.

Hay varias razones para el creciente interés por las cartas dibujadas por computadoras. Los factores primordiales son la conveniencia y la tendencia hacia la automatización. Así pues podemos hablar de un sistema cartográfico automatizado, como un sistema gráfico de computadora adaptado a las aplicaciones cartográficas, en el cual la selección del equipo adecuado y la programación necesaria; teniendo como finalidad la integración tecnológica a la edición de cartas y ofreciendo alternativas como: almacenamiento de datos, actualización, optimización

de recursos, agilidad de producción, etc. El argumento más válido a favor de la cartografía apoyada en computadoras, contra la cartografía convencional es, sin embargo, su capacidad para superar las dificultades técnicas inherentes a la actualización continua de las cartas y la derivación de cartas en diferentes escalas. Especialmente en áreas urbanas, con su complejo contenido físico, el problema de la actualización continua de la información importante en materia de levantamientos y su rápida presentación en forma de carta a cierta escala, es un problema actual que requiere una solución más satisfactoria. Hay que hacer notar, sin embargo, que la aparente simplicidad de la cartografía basada en computadoras es engañosa. En realidad, se trata de una operación de considerable complejidad que requiere un sofisticado y costoso "Hardware", tal como computadoras, sistemas de exhibición y edición de acción recíproca y mesas de dibujo automático, todo apoyado con un complicado "Software". Para que se entienda más toda la operación se esbozan a continuación las fases típicas de un sistema cartográfico basado en computadoras.

1.- Recolección de datos cartográficos en una forma compatible con las computadoras. Estos datos pueden provenir de levantamientos sobre el terreno o de operaciones fotogramétricas de restitución. La planeación cuidadosa de toda la operación cartográfica desde sus comienzos, considerando los mínimos detalles, es un requisito indispensable y constituye una de los más grandes dificultades al poner en marcha un sistema cartográfico basado en computadoras.

2.- Los datos iniciales almacenados de manera compatible con las computadoras deben verificarse contra toda clase de errores, duplicaciones, vacíos y compatibilidad mutua. Estos datos se transfieren

a un archivo de datos básicos que se usará también para llenar posteriores requerimientos. El proceso de edición llevado a cabo en una computadora requiere un complicado software que cubre la edición, almacenaje y manipulación de datos. Todo cambio en el terreno que afecte el contenido cartográfico debe introducirse en el archivo de datos básicos, de manera que éste represente la situación actual de terreno.

3.-Como resultado del proceso de edición, se genera una cinta de trazado. La preparación de estas cintas requiere subrutinas especiales para optimizar el procesamiento de datos por computadora. Dependiendo de la organización del sistema, puede usarse un "Hardware" interactivo en los procesos de edición y verificación. Estos sistemas contienen un tubo de rayos catódicos en el cual puede exhibirse instantáneamente la información seleccionada y modificada.

Con estos sistemas, no solamente puede ejercerse un control visual rápido con la modificación del contenido de la cinta magnética, sino que también puede producirse una copia de la situación actual del terreno dentro de un área limitada, sin entrar en el dibujo automático, mucho más riguroso, tardado y costoso.

4.-La cinta de trazado se carga en el sistema de dibujo automático, generalmente un trazador electromecánico. Hay trazadores de tambor y trazadores de precisión sobre rotadores. Pueden estar equipados con plumas a tinta, puntillos o cabezas luminosas; éstos últimos brindan trazado de excelente calidad, pero desafortunadamente la película sensible a la luz usada para el trazo, no tolera la exposición general y el trazado no puede ser inspeccionado durante la operación.

La estructura real depende del propósito del sistema y del grado de elaboración que se busque.

La carta es el objetivo y final de los levantamientos. Para sacar plena ventaja de la automatización basada en el moderno procesamiento de los datos en computadora, toda la operación de levantamiento y cartografía debe diseñarse como una entidad totalmente integrada.

BASE DE DATOS.-Una base de datos es un almacén de información archivado en forma digital y organizado de tal manera que pueda ser recuperado mediante algunos dispositivos. La preparación del archivo para la base de datos implica una clasificación en cuanto a la finalidad de la base de datos y a los medios de compilación que se tengan, además de la selección de datos.

Al ingresar una base de datos se toman en cuenta dos consideraciones importantes:

- 1.-Escala y exactitud de la entrada.
- 2.-Escala y resolución de salida.

El archivo de datos base se codifica a la escala más grande que pueda utilizarse, ya que la compilación se realiza de las escalas más grandes a las más pequeñas. Esto en razón de que la precisión que se desea en la salida debe ser proporcionada a la entrada. Las bases de datos a almacenar pueden ser: litorales, límites políticos, límites estatales, municipales, secciones de estados señalando: hidrografía, carreteras, climas, uso de suelos, etc.

Al conjunto de estas bases de datos conformados por diversos aspectos pero asociados por poseer una finalidad común y almacenados en discos dan como resultado lo que se conoce como un banco de datos, que podrán enlazarse con otros datos por medio de un algoritmo que permita la manipulación de ambos.

ESTRUCTURA DE DATOS.- En la relación de la estructura de datos existe un notable desarrollo y se contemplan cuatro generaciones. En la primera generación los tipos de elemento geográfico son: puntos, líneas y líneas que encierran áreas o polígonos; se codifican entidad por entidad. Esto es, un punto se define por un par de coordenadas ( X, Y ). Una línea puede ser un arco o cadena y está definida por una lista secuencial de pares de coordenadas. Los resultados son confusos ya que algunos puntos terminan siendo de doble digitalización y otros pueden ser digitalizados tres o más veces, teniendo serios problemas, generando ciertas desventajas.

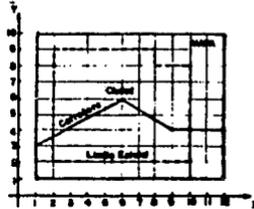
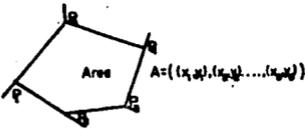
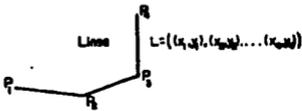
Estas desventajas se pueden reducir si en lugar de usar el formato de la lista de secuencias se usa un diccionario de localización. Así cada punto tiene una etiqueta de identificación y entra una sola vez a la computadora.

Para lograr una aplicación de las bases de datos más flexible y eficiente se encontró necesario incorporar la estructura topológica explícita dentro de la serie de datos; esto nos lleva a una segunda generación de estructura de datos que fija su enfoque en elementos geográficos tales como: segmentos lineales definidos por dos puntos extremos, principio y fin de líneas formadas por puntos comunes, códigos de los polígonos que se encuentran a cada lado de las regiones cercanas a las zonas colindantes; donde cada polígono debe incluir la identificación de cualquier polígono interior o exterior.

El deseo por tener un mejor acceso a los elementos en la base de datos trajo consigo a la tercera generación de estructuras, en donde las redes, el ordenamiento de datos y los rasgos naturales son características básicas. Cuando los detalles naturales del medio

**II GENERACION**  
**Entidad por Entidad**

• Punto  $P = (x, y)$

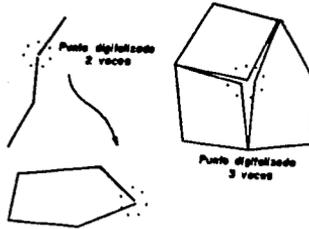


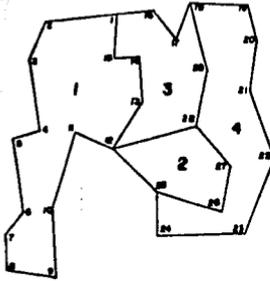
Punto (Chalder) = (6, 6)

Linea (Carretero) = (1, 5), (6, 5), (6, 6), (6, 5), (6, 5), (6, 5)

Area (Limbo Escolar) = (5, 5), (6, 5), (6, 6), (6, 5), (6, 5), (10, 5), (10, 5), (10, 6)

**Errores al digitalizar**





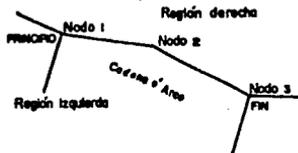
DICCIONARIO DE PUNTOS

PUNTO	S: P
1	2: 2
2	2: 2
3	2: 2
...	...
28	2: 2

POLIGONO	S: P
1	12, 09, 06, 07, 20, 12
2	1, 06, 04, 12, 15, 08, 28, 20, 17, 01, 1

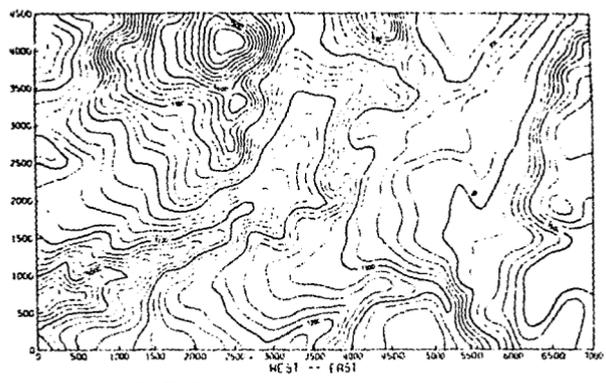
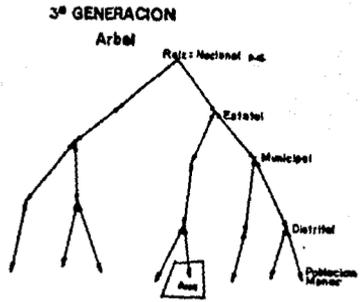
2ª GENERACION  
Topología



ambiente son variados es necesario darles jerarquías, para ello se utiliza una estructura en forma de árbol, y que en la cual una ruta es trazada desde la raíz pasando por diferentes niveles hasta llegar a las regiones más simples que serían las ramas extremas. Actualmente en que las redes y circuitos se vuelven más complicados y los requerimientos son mayores para lograr establecer relaciones directas entre un gran número de elementos de la base de datos, todos ellos dentro de un entorno jerárquico surge la cuarta generación, la estructura relacional, y representa la más sofisticada y poderosa clase de estructura de datos desarrollada hasta ahora. La manera para tener acceso a la eficiencia en una base de datos en forma de redes, es el uso de listas de elementos interrelacionados que especifican la trayectoria entre los elementos del dato.

COMPILACION.- En cartografía la compilación se refiere a la conjunción adecuada de los diversos datos geográficos que van a ser incluidos en el mapa, esta conjunción significa que todos los datos deben ser ubicados en posiciones horizontales relativos, de acuerdo con el sistema de proyección y la escala que serán utilizados. La finalidad de este proceso es preparar la información ya existente en bases de datos estructuradas, así como los letreros y distribuciones geográficas que ayudaron en la construcción del mapa ya sea por el método manual, dibujo entintado o por métodos automáticos con las impresoras o trazadores en diferentes medios para su dibujo.

Los datos que se requieren para la compilación se clasifican en: datos directos que son los que se obtienen de levantamientos topográficos ó de fotografías aéreas; en datos estadísticos o censales.



**El mapeo de contornos permite obtener mediciones precisas de distancias, ángulos y elevaciones.**

Los datos ya conjuntados deberán ser seleccionados, modificados, ordenados y agrupados para ser usados en la elaboración del mapa.

El resultado de los procesos de compilación es la llamada hoja de trabajo, que puede ser construida manualmente o con equipos mecánicos o electrónicos. Sobre una hoja de dibujo o material dimensionalmente estable o bien puede ser una imagen mostrada sobre una pantalla. La hoja de trabajo contiene todos los datos recopilados, que posteriormente formaran la base de datos, de tal manera que permite seleccionar sólo los datos necesarios para algún mapa en especial como por ejemplo: hidrología, geología, uso de suelos, vías de comunicación, etc.

La compilación analógica se da cuando el mapa es elaborado por los métodos "tradicionales" manuales o fotomecánicos; la hoja de trabajo para la compilación es preparada antes de iniciar cualquier proceso en la hoja final, y es considerada como un documento de proyecto, el cual sirve de guía al cartógrafo en la producción subsecuente y los procesos de reproducción.

Para que la compilación sea efectiva y conveniente deben cuidarse los siguientes factores:

- a) Transparencia y estabilidad dimensional del material base para la hoja de trabajo.
- b) Preparación de la imagen.
- c) Separación de imágenes.
- d) Registro de la hoja de trabajo.
- e) Escala y proyección de la imagen.
- f) Uso potencial de la hoja de trabajo.

La compilación digital ofrece mayor flexibilidad, que los métodos analógicos, dando la opción de realizar la combinación de datos

compilados de diversas fuentes (datos directos, derivados y estadísticos o censales), cambios de escala y de proyección de la hoja de trabajo, sin los procesos tan complicados para estas tareas de la compilación analógica.

Así algunos de los pasos realizados en la tecnología manual o foto-química para producir un mapa se eliminan, como por ejemplo la necesidad de que la hoja de trabajo sea en un material translúcido y dimensionalmente estable, así como el almacenamiento de la misma, etc.

Una de las más importantes diferencias en la elaboración de mapas, son los métodos y técnicas existentes para producir mapas a gran escala para referencias espaciales (proyecciones), y los empleados para producir planos cartográficos especializados o generales a pequeña escala.

En la compilación para mapas a grandes escalas se consideran de 1:75,000 o mayores, se obtienen por los métodos fotogramétricos y/o por levantamientos directos.

Los mapas a mediana escala está considerada entre 1:75,000 y 1:1'000,000. La compilación de estos mapas se realizará a través de procesos manuales, mecánicos, fotomecánicos o electrónicos en donde el grado de generalización e interpretación varía de acuerdo a cada método.

La compilación de mapas a pequeña escala considerados como los de escala menor de 1:1'000,000 y que abarcan grandes áreas. Los datos recopilados de mapas a pequeña escala son registrados y almacenados como una base de datos, consistiendo generalmente en límites fronterizos, políticos, costas y otras características hidrológicas (lagos, ríos, etc.)

**DIGITALIZACION.-** La digitalización es el procedimiento empleado para codificar la información cartográfica de una forma adecuada para ser registrada por la computadora.

Fundamentalmente se capturan los datos de mapas, fotografías aéreas o fotomapas, mediante el equipo de compilación, que son digitalizadores. Antes de digitalizar es muy importante seleccionar los elementos con que se desea formar la base de datos, ya que dependiendo de su geometría o características se determinará el modo de digitalización.

Básicamente existen dos formas de capturar la información, las cuales pueden ser usadas para representar datos espaciales tales como líneas, puntos y áreas. El primer tipo, el formato Vector representa esas características geográficas a través del uso de pares de coordenadas geográficas (X,Y). Los límites de un polígono por ejemplo, pueden consistir en tales coordenadas (X,Y) los cuales delimitan los perímetros de las características de áreas. Las líneas están compuestas de series de puntos cada uno representado por un par de coordenadas (X,Y).

El segundo tipo conocido como formato Raster o formato Reticular, se caracteriza, por sobreponer una matriz a la imagen de los datos espaciales de interés, a cada elemento matricial se le asigna un valor de pixel, definido por una determinada tonalidad de color, un ejemplo de este formato son los datos obtenidos de instrumentos de percepción remota.

Existen dos sistemas de digitalización: sistema fuera de línea y sistema en línea. La digitalización fuera de línea, almacena las coordenadas explícitas y algunos códigos en cinta. Se le denomina fuera de línea por no estar conectada la digitalizadora a una computadora,

teniendo la ventaja de no verse afectada por las fallas o averías que pudiera tener ésta, además de ser económica, sin embargo los datos erróneos no pueden ser modificados ni detectados, sino hasta después de haberse leído y pasado a procesos subsecuentes, por lo cual este sistema se vuelve poco conveniente y limitado.

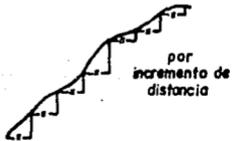
En la digitalización en línea al estar conectada a la computadora la digitalizadora y a su vez contar con equipos periféricos, permiten la detección, modificación y corrección de errores en cualquier momento, por medio de sofisticados programas llamados interactivos; almacenando la base de datos directamente o en una memoria intermedia, hasta que todos los datos sean correctos.

Existen dos clases de datos de información: unos son los datos estadísticos o censales, que se compilan por medio del teclado, y otros que se refieren a los elementos geométricos que se compilan por medio de la digitalizadora, este tipo de datos son los mas importantes y de mayor volumen.

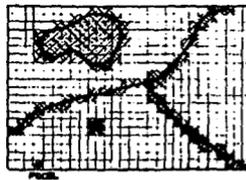
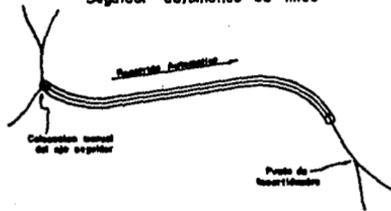
Para los elementos geométricos hay dos formas esenciales de digitalización por medio del modelo Vector y el modelo Raster. Estos modelos se basan en un sistema bidimensional de coordenadas polares, esféricas o cartesianas, siendo éstas últimas las más comunes. La tercera dimensión es generalmente expresada como un atributo o referencia especial, ahorrando espacio de almacenamiento para el modelo Vector, en tanto que el modelo Raster las coordenadas se expresan implícitamente.

PROCESO DE INFORMACION.- Debido a la gran cantidad de datos que son manejados en los sistemas cartográficos automatizados, se hace necesario el tener un control adecuado sobre ellos, por medio de

### Registro automatico de coordenadas



### Seguidor automatico de linea



Ejemplo de la digitalizacion en modelo raster, en donde se observa que al reducir el tamaño del pixel aumenta la resolución de la imagen.

algoritmos; esto es una serie de instrucciones encaminadas a proporcionar flexibilidad y un manejo adecuado de la información almacenada en bancos de datos. Sin embargo es importante mencionar que los dispositivos de entrada y salida (cursor, mesa digitalizadora, teclado, monitor, etc.) son los que permiten la comunicación entre la computadora y el usuario.

Los algoritmos más comúnmente usados por los cartógrafos han sido traducido a lenguajes de alto nivel como son el Fortran y el Pascal. Estos programas tienen gran relevancia en la producción de mapas que facilitan el manejo de datos desde la entrada, procesamiento y finalmente la salida en donde se obtiene el mapa deseado.

Un modo de trabajo en diálogo constante con un programa de computadora se llama interactivo, por ende los programas generados en este modo de trabajo se llaman programas interactivos, los cuales emiten mensajes al operador si algo anda mal y le permiten hacer correcciones y detectar algún error que de otra manera no se hubiera podido encontrar con un programa no interactivo.

Entre los programas interactivos podemos mencionar a los que se encargan de la conversión del formato o transformación de coordenadas del modelo digitalizado a coordenadas del sistema global de la carta por medio de los puntos de control ubicados al inicio de la digitalización. Otros programas interactivos son aquellos que efectúan corrección geométrica que permiten la rotación y transformación de las coordenadas del modelo digital así como también el cálculo de errores lineales y angulares de dicho modelo causado por la distorsión de la hoja de trabajo; y finalmente llevan a cabo la rectificación del mapa.

La etapa final de la cartografía automatizada es la producción de mapas o negativos para impresión fotográfica de una manera automatizada; para lo cual se cuenta con varios dispositivos de salida, como impresoras de línea, plotter, trazadores, etc. Estos dispositivos pueden generar productos de representación momentánea (display monitor) o de representación permanente como las impresiones en papel o película, por medio de plotter, impresoras de líneas o graficadores.

Los dispositivos que muestran la representación momentánea permiten observar la información requerida durante el tiempo necesario, los más usados en cartografía son dos: uno para sistemas basados en el Raster y otro para gráficos de Vector.

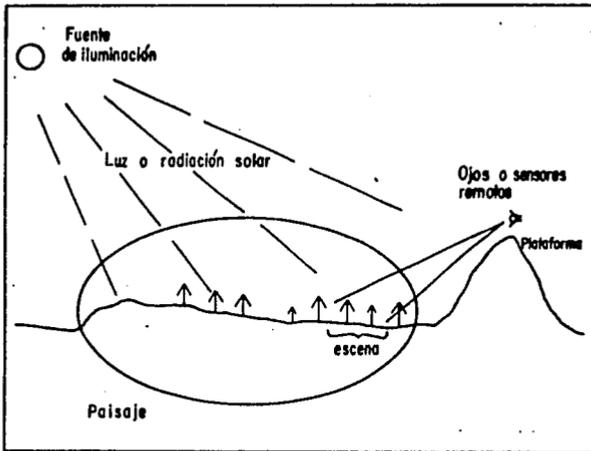
### III.2.- PERCEPCION REMOTA.

Con el desarrollo moderno de la ciencia de la computación se ha dado un importante desarrollo a la Percepción Remota, pues la utilización de estas herramientas permite la evaluación cuantitativa de un gran volumen de datos. De esta forma con la relación que guardan las ciencias computacionales y la Percepción Remota, ésta a su vez ha generado nuevos sistemas de procesamiento digital con propósitos específicos.

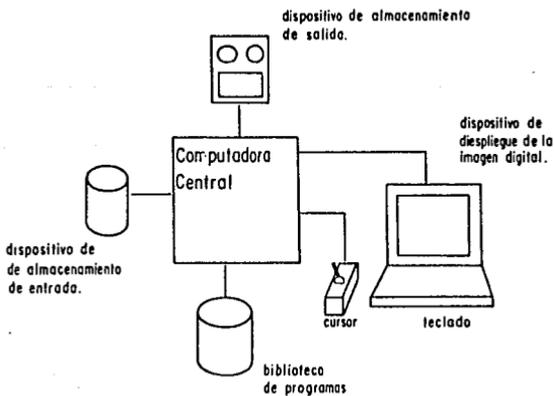
Al mismo tiempo, el desarrollo de la ciencia y la tecnología ha permitido incorporar nuevos métodos y dispositivos de captura de datos a distancia, lo que ha hecho que la Percepción Remota extienda su campo de aplicación a fenómenos muy diversos, no sólo en el mundo macroscópico sino también en el microscópico.

A la técnica o disciplina que permite obtener información de los objetos a distancia se le conoce como Percepción Remota, y agrupa todos los métodos de estudio y técnicas que emplean información captada a distancia, principalmente mediante instrumentos montados en aviones y satélites. Se considera esencial el procesamiento y análisis de los datos capturados.

Los elementos básicos que componen a la Percepción Remota son: La Fuente de Iluminación; hay sistemas en Percepción Remota que utilizan una fuente de iluminación externa, sobre la cual no se puede tener control. Estos sistemas llamados "Sistemas Pasivos", pueden utilizar al Sol o bien a una Estrella lejana como fuente de iluminación, es decir



. Representación de los elementos básicos de la percepción remota.



Representación de un sistema computacional acoplado a una pantalla de despliegue para el análisis interactivo de imágenes digitales en actividad de percepción remota.

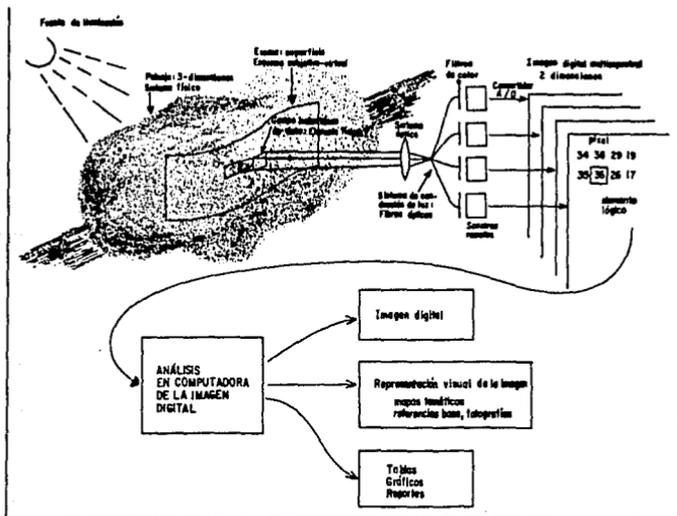
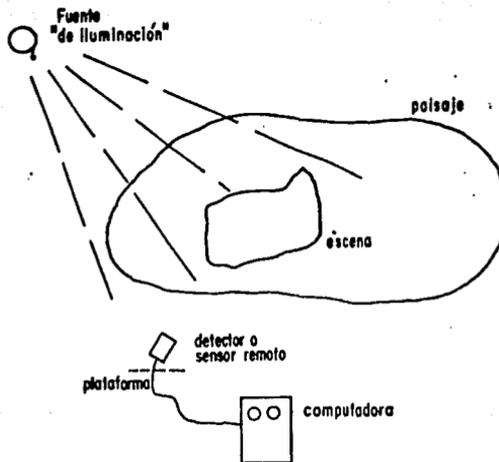


Diagrama lógico de la captura, registro y análisis de imágenes en la percepción remota.

solo se podrá hacer uso de las características regulares y conocidas de estas; esto es, que en forma pasiva habrá necesidad de "esperar" a que las condiciones de iluminación sean las adecuadas para efectuar la observación correspondientes de la escena.

Por otro lado hay sistemas que utilizan su propia fuente de iluminación de la que, por lo tanto, se tiene control. Estos sistemas, llamados "Sistemas Activos", son los que han permitido extender el campo de estudio de la Percepción Remota a una diversidad de fenómenos donde la fuente de iluminación ya no emite luz visible para "iluminar" la escena. En estos casos la fuente puede ser luz Ultravioleta o Infrarroja, Rayos Gamma o Rayos X, o bien un haz de partículas como Protones o Neutrones. Con esta diversidad en fuentes de iluminación es posible aplicar las técnicas de Percepción Remota a otras disciplinas como la Medicina, la Biología, la Física Nuclear y la Industria; El Paisaje, configurado por todos los objetos presentes en el territorio explorado por el hombre, tales como ríos, colinas, vegetación o rocas; La Escena, o sea aquella sección o superficie del paisaje donde enfoca su interés; El Sensor Remoto, con el que se captura la luz proveniente de la escena; La Plataforma, es el lugar donde se coloca o monta el sensor remoto; El Sistema de Procesamiento, compuesto por el dispositivo para procesar cualitativamente o cuantitativamente los datos proporcionados por el sensor remoto de la escena, y el Apoyo de Campo, que consiste en la inspección directa, en varios puntos de importancia de la escena, de los diferentes atributos de los objetos que se encuentran en el terreno, con el fin de evaluar los datos obtenidos previamente a distancia.



**Diagrama esquemático de los componentes básicos de la percepción remota representados según la investigación experimental moderna.**

### Diversos detectores o sensores remotos en función de su uso

<i>Región espectral y tipo de sensor</i>	<i>Intervalo de longitud de onda (<math>\mu\text{m}</math>)<sup>a</sup></i>	<i>Máxima resolución espacial (miliradiantes)<sup>b</sup></i>	<i>Capacidad de penetración atmosférica</i>	<i>Capacidad de operación</i>
*Rayos gamma contadores de centelleo, fotomultiplicadores acoplados a cristales como NaI y LiGe.	$10^{-16}$ a $10^{-3}$	< 0.01	utilizable sólo en medios de muy baja densidad o a muy corta distancia de la escena.	día y noche
*Rayos x contadores de centelleo y Geiger.	$10^{-3}$ a 0.004	< 0.01	igual que el caso anterior.	día y noche
*Ultravioleta película fotográfica con lentes de cuarzo, fotomultiplicadores.	0.004 a 0.38	0.01 a 0.1	la atmósfera reduce sensiblemente la penetración, se puede utilizar desde avión.	día
*Visible televisión, cámaras convencionales, fotomultiplicadores, detectores de estado sólido.	0.38 a 0.78	0.01 a 0.001	la neblina y los contaminantes reducen la penetración, se pueden hacer observaciones desde satélite.	día
*Infrarrojo fotomultiplicadores, detectores de estado sólido, película sensible al infrarrojo.	0.78 a $10^3$	0.01 a 1.0	influyen poco la neblina y los contaminantes, se pueden hacer observaciones desde satélite.	día y noche
*Microondas radar con antenas emisoras y barredoras.	$10^3$ a $10^6$	0.01 a 10.0	casi no influyen la neblina y los contaminantes, se pueden hacer observaciones desde satélite.	día y noche

<sup>a</sup> La longitud de onda es la distancia entre crestas, considerando la luz como un fenómeno ondulatorio;  $1\mu = 10^{-6}$  m.

<sup>b</sup> Un radián es aproximadamente igual a 57°; y un miliradián es igual a  $10^{-3}$  radianes.

Las disciplinas relacionadas con la Percepción Remota son la Fotoidentificación, que es la habilidad de reconocer los objetos en las fotografías. Fotointerpretación, se define como el arte y técnica de obtener información a partir de fotografías. Fotogrametría, arte y técnica de obtener mediciones a partir de fotografías.

El medio o herramienta de trabajo de la Percepción Remota no es solamente la fotografía, sino algo mucho más general: la Imagen. Una imagen es una representación a escala del objeto captada mediante cualquiera de los sensores montados en las plataformas de toma.

Usualmente una imagen esta compuesta de líneas y las líneas de elementos; los elementos llamados pixeles son las intercepciones sobre el terreno del ángulo mínimo de toma del instrumento. A cada elemento corresponden valores numéricos sobre los que se efectúan diferentes procesos.

El fenómeno físico que da la obtención de información a distancia supone su transmisión a través del espacio, que se efectúa por medio de campos de influencia. Los campos de influencia son el Eléctrico, el Magnético, el Gravitatorio y el Electromagnético. La Percepción Remota emplea principalmente el campo Electromagnético, por la gran cantidad de recursos que presenta.

ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.- La radiación o campo electromagnético tiene un amplio espectro, abarca desde las radiaciones de frecuencia o longitud de onda de varios kilómetros (ondas de radio) hasta la de unas fracciones de micra. A esta secuencia ordenada de longitudes de onda o frecuencias se le denomina por ello Espectro Electromagnético. Al conjunto de radiaciones comprendidas entre dos

valores determinados del espectro electromagnético, que es continuo, se le denomina banda.

El origen de las radiaciones del espectro electromagnético se encuentra en la naturaleza de la materia. Los procesos que generan las bandas del espectro electromagnético son de índole atómica: emisión de partículas, en las radiaciones más cortas, movimiento de los electrones debidos a vibraciones y rotaciones de las moléculas en la banda térmica y movimientos de electrones en campos eléctricos en las longitudes de onda más larga.

La principal información usada en Percepción Remota es derivada de la medición cuantitativa de propiedades del espectro electromagnético que inciden sobre un sensor, cuya función es realizar dicha detección para efectuar las mediciones mencionadas. La Radiación transporta alguna información sobre el cuerpo emisor primario, pues se ha generado en su estructura atómica o molecular pero sobre todo procede de la reflexión en la superficie del cuerpo en estudio (secundario), que a su vez es también emisor.

La porción del espectro más aprovechada es la visible, en la que ocurre la mayor parte de la radiación emitida por el Sol (46 %). En esta porción del espectro tuvieron su aparición, los primeros instrumentos de observación: los Telescopios, luego los Microscopios y varios siglos después, para fijar las imágenes observadas, se inventaron las películas y las cámaras fotográficas.

DESCRIPCION DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.- Hacia las radiaciones de longitud de onda mas corta que el visible se encuentra primero las Ultravioletas y las Radiaciones Asociadas a las Particulas Elementales. La radiación Ultravioleta (UV) es captada por películas y

por sensores del tipo de cámaras de televisión. En esta banda se capta principalmente información relativa a la presencia de grasas e hidrocarburos. Las partículas elementales más comunes son los rayos Beta (electrones), las partículas Alfa (dos protones y dos electrones). Estas radiaciones son detectadas mediante cámaras de vacío, tubos Geiger y algunos cristales específicos.

En las radiaciones de longitud de onda mas larga que el visible se hallan en primer lugar las del Infrarrojo, que abarca desde las longitudes de onda de 0.7 $\mu$ m hasta 300 $\mu$ m. Al Infrarrojo suele dividirse en cercano, medio y lejano. El cercano es captado mediante películas similares a las usadas en el visible, por lo que se le denomina también fotografico; el medio y lejano son captados mediante instrumentos que emplean transductores, o sea elementos que transforman una señal de un tipo en otra diferente, en este caso transforma energía de radiación a señal eléctrica.

El Infrarrojo cercano tiene una gran importancia en Percepción Remota por su capacidad de detectar características de vegetación. Las hojas de las plantas absorben radiación visible y reflejan en el cercano Infrarrojo. Las bandas de Infrarrojo medio y lejano son empleados en varios estudios de Recursos Naturales; es especialmente importante la banda del lejano, con cuyo dato es posible detectar la temperatura de los cuerpos. Avanzando el espectro electromagnético se encuentra las Microondas, que con radiaciones de longitud de onda más larga; son captadas por cristales colocados en el foco de antenas con forma de parábola; suministran información de tipo atmosférico principalmente. De mayor longitud de onda son las radiaciones de Radar y mas aún las de Radio. El Radar tiene muchas aplicaciones en Recursos Naturales; las

radiaciones de las bandas de las longitudes de onda de Radio tienen aplicación principalmente en la detección de Recursos Minerales.

**INSTRUMENTOS:** Los instrumentos de Percepción Remota pueden clasificarse en:

- a) Instrumentos de campo, empleados en las tareas de verificación sobre el terreno.
- b) Instrumentos montados en las plataformas.

**LA CAMARA FOTOGRAFICA.-** Es uno de los instrumentos mas empleados en el terreno. Se emplean en este una gran variedad de Radiómetros. Los Radiómetros miden la radiación en la porción en que es mayor la energía reflejada por el sol. Ambos instrumentos suelen ser empleados además con el auxilio de tableros pintados con colores conocidos (el blanco de sulfato de bario, es casi un reflector perfecto) y otros instrumentos que miden parámetros ambientales tales como temperatura, humedad, viento y algunas propiedades del cuerpo en estudio. La cámara fotográfica es el instrumento en Percepción Remota mas antiguo y el mas empleado.

Las cámaras varían según los parámetros de calidad; como velocidades y luminosidades de los objetos, carencia de distorsión de sus lentes, materiales que las componen, versatilidad de uso y sustitución de componentes.

Dada la inversión que se hace para la toma de fotografía aérea, usualmente tienen obturadores y sistemas de aplanado de la película complejos. En estas cámaras se dispone también de un motor para el transporte de la película, un intervalometro para espaciar adecuadamente el disparo de la cámara (necesario para tomas estereoscópicas) y fotómetro integrado. En las cámaras modernas las

operaciones de regulación de tiempos y apertura es controlada por un procesador digital. Otra característica importante es el formato de la película que acepta la cámara; los formatos o tamaños mas comunes son 35mm (24x35mm), 70mm (56x36mm) y 23.5mm (23.5x23.5mm) que es el formato mas usado en fotografía aérea fotogramétrica.

En la actualidad ha ocurrido una importante tendencia a la supresión de películas en las cámaras, sustituyendola por diferentes sistemas electrónicos de almacenamiento y reproducción. Un ejemplo es la RC-701 de Cannon, en la que las imágenes son enfocadas sobre un semiconductor que esta dividido en 380,000 elementos, cuyas señales eléctricas son grabadas magnéticamente en discos de unos 4cm<sup>2</sup>, que se carga en la cámara de una manera similar a la antigua de 35mm. Ya que fueron tomadas las 50 fotos del disco, las imágenes pueden ser desplegadas en televisión, impresas o transmitidas mediante línea telefónica a las plantas donde se efectúan las impresiones. Así como una diversidad de películas para las diferentes aplicaciones.

CÁMARAS DE TELEVISION.- Operan mediante la toma a través de lentes que forman la imagen sobre láminas situadas en tubos electrónicos; en estas laminas se lee la imagen mediante un barrido de alta frecuencia.

La información puede almacenarse y reproducirse en videograbadoras, lo que puede significar un bajo costo de equipo y operación. Los sistemas de TV tienen la ventaja de que la imagen puede ser analizada en cuanto termina el vuelo y a su vez la toma no tiene la incertidumbre de un vuelo fotográfico, pues la imagen que se observa en monitor adosado a la cámara es la que se graba. La imagen grabada puede también ser mejorada por métodos electrónicos.

El Vidicon es el tubo fotoconductor más empleado en la actualidad en las cámaras de televisión. Consiste en componentes del tipo de películas delgadas semiconductoras, materiales como silicio u óxido de plomo. La REC (return beam vidicon) del Landsat es una modificación de la anterior que alcanza una resolución de 100 l/mm.

Existen cámaras de televisión que captan información en el UV y en el IR, dando como resultado una imagen blanco y negro, pero en la actualidad se ofrecen sistemas como Bicvisión, que en una cámara de 3.5Kg., facilita una cámara que toma en color azul la banda de 0.5-0.6, en verde la de 0.6-0.7 y en rojo la de 0.7-1.1 o sea una imagen de infrarrojo color sin la complicación del manejo de la película de IR.

**BARREDOR.**- Es un instrumento que capta información del terreno mediante un barrido sucesivo del mismo. Este barrido forma las sucesivas líneas que conforman una imagen. Para que la imagen sea coherente debe de existir una sincronía entre la altura, la velocidad de la nave y el barrido. De no existir esta sincronía la imagen tendría redundancia de líneas o claros (separación) entre las mismas. Dado que en estos aparatos el giro es mecánico, se les denomina scanners electromecánicos. En algunos de los scanner el barrido se logra mediante la rotación de 360 grados del espejo, en otros consiste en un desplazamiento de vaivén, como ocurre en los scanner de los primeros satélites Landsat (MSS). En los instrumentos más modernos, no existe movimiento.

La óptica reflectiva que opera en los scanner señala su principal ventaja que consiste: en captar la información electromagnética sin ninguna interferencia. Los scanner permiten, además de las bandas de ultravioleta y del infrarrojo, la captación de información del espectro visible, en el número y separación de bandas

que se necesite. Se han empleado instrumentos de mesa para leer fotografías con el fin de procesarlas en una computadora; a estos se les llama barredores ópticos.

**BARREDOR O SCANNER TERMICO.-** Es el que toma las respuestas de los objetos de las bandas térmicas, que de acuerdo con la ley de Wien, para los objetos a la temperatura normal de la Tierra se encuentra entre los 10 y 14 micras. Estos instrumentos suelen contener para la calibración de la banda térmica dos cuerpos negros a diferentes temperaturas.

**BARREDOR MULTIESPECTRAL.-** Es el instrumento que separa las respuestas de diferentes porciones del espectro electromagnético y los graba cada una como imágenes individuales.

**CAMARAS ELECTRONICAS.-** Son barredores de reciente aparición (satélite Landsat 5, Spot), que consisten en un arreglo plano de detectores que reciben la imagen del terreno en la banda deseada y son muestreadas de manera similar al proceso de barrido, pero electrónicamente.

**RADAR.-** Consiste en un sensor activo, es decir está provisto de su propio sistema de iluminación. El Radar opera en las longitudes de onda de 0.5mm a 1m. La emisión se efectúa en pulsos, de una duración suficientemente larga con el fin de que retorne una energía reflejada de los objetos del terreno que sea detectable; a su vez los pulsos deben estar espaciados en el tiempo con el fin de que se permita el regreso al receptor de la señal en un momento en que no hay emisión; la misma antena sirve como emisor y receptor.

**RADAR DE VISTA LATERAL.-** (SLAR: Side Looking Airborne Radar), consiste en el sensor montado en aviones; su principal característica es

que su antena es alargada y es colocada con su eje longitudinal paralelo al del avión. Dadas las características el SLAR puede operar en cualquier condición atmosférica, durante el día o la noche. La colocación de la antena a lo largo del cuerpo del avión permite que el haz de emisión sea de manera similar a un barrido. La emisión consiste en pulsos de radiofrecuencia que van desde la antena hasta el objeto en el terreno y son reflejados de nuevo hacia ella. La ubicación de los objetos es diferenciada en base a los tiempos de llegadas.

Existen dos tipos principales de radares laterales: de apertura real y de apertura sintética. La apertura real opera almacenando y reproduciendo la información con un procesado sencillo.

La apertura sintética los datos recibidos se procesan de forma que se toma en cuenta el efecto Doppler provocado por el desplazamiento del objeto a través de los sucesivos haces (líneas de barrido) del Radar. Este efecto Doppler permite definir el objeto con precisión como si se dispusiese de un haz o líneas de barrido de anchura menor y por lo tanto se incrementa la resolución.

LASER.- Se basa en la emisión estimulada, donde los átomos de una sustancia son energizados, mediante una fuente, que suele ser una lámpara, a su nivel máximo de energía, para después decaer simultáneamente, generando con ello un estrecho haz de radiación monocromática y coherente, es decir que se encuentra en fase. La transmisión de un estrecho haz provoca una escasa dispersión, con una gran concentración de la energía. Dependiendo de la sustancia empleada existen láseres de cristales como rubí, de líquidos y de gases, como helio-neón, dióxido de carbono. La radiación del láser ocurre en la banda del visible y en las bandas cercanas. El Láser tiene aplicaciones

en Percepción Remota en mediciones de distancias. LIDAR, es un instrumento basado en el Laser. El LIDAR es empleado para medir la altura de la nave, así como la de diferentes obstáculos que encuentra la radiación en su viaje de ida y regreso. Estos obstáculos pueden ser la tropopausa atmosférica o la copa y base de los árboles, lo que facilita el dato de la altura de la vegetación.

SONAR.- Son instrumentos para la toma de información del fondo marino; se basan en la emisión-recepción de señales acústicas.

SONDEADORES.- Son esencialmente radiómetros que toman información en bandas estrechas, sobre todo en la región del infrarrojo en las bandas de absorción del CO<sub>2</sub>, con las que captan datos de temperatura y altura de la atmósfera. En algunas bandas capta también información de la temperatura del terreno y del contenido de humedad de la atmósfera.

MAPEADOR TEMÁTICO.- consiste en el scanner de arreglos, cámara electrónica, que tiene instalada la serie Landsat a partir del quinto satélite. El Mapeador Temático tiene un ángulo mínimo de visión de 42.5 miliradianes, lo que da un elemento del terreno de 30m debido a la altura de 710 Km de estos satélites. Con la instalación de estos instrumentos modernos se persigue: facilitar la extracción de información, incrementar el nivel de información de detalle y mejorar la precisión espacial y de posición. La información del Mapeador Temático se consigue en tres formatos: en Bruto (B-data), corregida radiométricamente (A-data) y totalmente (P-data).

PLATAFORMAS: Son los vehículos en los que se instalan los instrumentos utilizados en Percepción Remota. Su variedad es amplia, abarcando desde canastillas con brazos telescópicos, globos, una gran

variedad de aviones, helicópteros y satélites. Cada uno presenta ventajas y desventajas sobre los otros. La utilidad es función del objetivo del estudio, la disponibilidad de presupuesto, la escala, etc.

GLOBOS.- Vehículos que se remontan y flotan en la atmósfera en función de su menor peso. Los globos son en la actualidad de polietileno o materiales similares llenados con un gas con el fin de que su menor densidad los eleve en la atmósfera. Pueden alcanzar alturas hasta de 49 Km, su uso es atractivo por su costo y la estabilidad que tienen. Los globos pueden dividirse en: Cautivos, los cuales son instrumentados con el objetivo de observar determinado experimento, para lo cual se les hace permanecer fijos mediante algún cable. El accionar de sus instrumentos o es programado previamente o se efectúa mediante radio; Libres, que fueron empleados en meteorología para medir algunos parámetros en altura: son los globos sonda; que miden parámetros diversos en la atmósfera.

DIRIGIBLES.- Vehículo provisto de medios de propulsión. Por su estabilidad y economía es un vehículo adecuado para la toma de información a distancia.

HELICOPTEROS.- Por su posibilidad de vuelo lento y bajo han tenido mucho uso en Percepción Remota. Dada su estabilidad los instrumentos pueden ser colocados en la base de la nave. La principal desventaja es su alcance, que es solamente de unos cuantos cientos de kilómetros. En la actualidad existe una gran variedad de helicópteros para esta disciplina.

AVIONES.- Prácticamente todo tipo de avión es posible usarlo para tareas de Percepción Remota. Además de las consideraciones de tipo económico, costo, mantenimiento, requerimientos de tripulación, consumo

de combustible, velocidad de traslado, deben tomarse en cuenta las de estabilidad, ausencia de vibraciones y tiempos de ascenso. Consideración importante es también la velocidad mínima (de desplome) para que sea compatible con el tiempo del obturador de las cámaras disponibles y la altura que alcance la nave, para los efectos de escala.

COHETES.- Son sistemas de masa variable que pueden ser usados como vehículos de toma de información directa o como medios para colocar plataformas en el espacio.

SONDAS ESPACIALES.- Son vehículos lanzados con diverso instrumental para estudiar los planetas del sistema solar.

SATELITES.- Los satélites son naves instaladas en órbita alrededor de la tierra. La colocación de estos se realiza mediante cohetes y sistemas de etapas de cohetes. Por otro lado tienen otros problemas, tales como los de navegación y control. Esto se resuelve mediante giróscopos de desplazamiento, fuentes externas de radiación electromagnética y el aprovechamiento del gradiente del campo de atracción de la tierra.

Debido a todas las tecnologías que involucran en su desarrollo los satélites provocaron toda una revolución, en la ciencia y la tecnología, que abarca desde la fabricación de nuevos materiales, los diversos avances en la electrónica y la gran innovación que se ha tenido en el campo de la instrumentación.

Los satélites pueden dividirse, de acuerdo a su aplicación en: satélites Militares y de fines pacíficos, estos a su vez en: Meteorológicos, de Comunicaciones, Geodésicos, de Recursos Naturales, etc. De acuerdo con su finalidad se los divide en satélites de investigación y satélites operativos u operacionales. Dependiendo de su

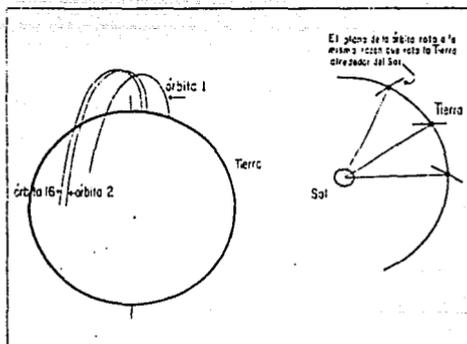
tipo de órbita se les denomina: de Órbita Polar, Heliosíncronos, Geosíncronos y Geostacionarios.

En la órbita Polar el plano de la órbita del satélite forma un cierto ángulo con el eje de rotación de la Tierra, de manera que el satélite pasa dos veces al día sobre el mismo lugar de la Tierra. El plano de la órbita del Heliosíncrono requiere un año para hacer una revolución completa. Los satélites Geosíncronos tienen un periodo que es el de la rotación de la Tierra. El Geostacionario es el que tiene una órbita con 0 grados de inclinación. Al estar exactamente en el plano ecuatorial de la Tierra el satélite parece estar inmóvil sobre un determinado meridiano sobre el ecuador.

Existen una gran variedad de satélites, así como una funcionalidad específica para las diversas tareas de la Percepción Remota y con características propias que marcan las ventajas y desventajas entre cada uno. De estos satélites los de mayor interés o uso en esta disciplina son la serie de los Landsat y Spot.

CARACTERISTICAS.- LANDSAT: Fue el primer satélite de recursos naturales. La serie Landsat tiene ya seis satélites lanzados. Los tres primeros satélites de este tipo estaban montados sobre una plataforma tipo Nimbus3. Llevaron tres cámaras Vidicon (RBV), un barredor multiespectral de cuatro bandas (MSS). El Landsat 2 fue lanzado en enero de 1975, desfasándolo 9 días con respecto al primero, que pasaba por cada lugar de la Tierra cada 18 días. El Landsat 3 fue lanzado en marzo de 1978. El RBV fue desconectado en los primeros satélites, por problemas de potencia; consiste en tres cámaras de televisión con:

BANDA	ANCHURA (en micras)
1	0.475-0.575



**Esquema del cubrimiento terrestre por un satélite de percepción remota con órbita polar.**

2 0.580-0.680

3 0.690-0.830

cuya finalidad es la de recomponer imágenes de color de la Tierra.

El MSS ha sido el sensor más utilizado en estudios, tiene un ancho de cubrimiento, sobre el terreno de 185 por 185 km y un ángulo mínimo de 0.086 mrad, consta de cuatro bandas, 4, 5, 6 y 7.

BANDAS	ANCHURA	UTILIDAD
4	0.5-0.6	detección de formas culturales, turbidez de agua, clasificación de vegetación.
5	0.6-0.7	tipos de vegetación.
6	0.7-0.8	detección de agua, bosques.
7	0.8-1.1	detección de agua, manglar y suelos mojados, plagas en vegetación.

A partir del segundo Landsat se incluyó una quinta banda (IR Térmico) entre 10.4-12.6 micras que no llegó a funcionar satisfactoriamente.

El elemento del MSS es 76x76 metros. La resolución espacial de las RBV es de 45m. El satélite estaba provisto de un sistema de control de posición que mantenía una alineación con las direcciones de la vertical local y su velocidad; la precisión obtenida de los ejes: de 0.4 grados con la vertical y 0.6 grados con la velocidad. Las correcciones geométricas de las imágenes son obtenidas mediante un sensor específico (Attitude Measurement Sensor) que determina las posiciones precisas de balanceo y cabeceo de la nave (dentro de 0.07 de grado).

Los Landsat 4 y 5 (lanzados respectivamente en julio de 1982 y en marzo de 1984) pertenecen a una generación de satélites más

Sensor	Banda	Long. de Onda en $\mu$	Resolución (m)
Landsat MS	4	0.5-0.6 (verde)	79
	5	0.6-0.7 (rojo)	79
	6	0.7-0.8 (infrarrojo cercano)	79
	7	0.8-1.1 (infrarrojo cercano)	79
Landsat Mapeador Temático	1	0.45-0.52 (azul)	30
	2	0.52-0.60 (verde)	30
	3	0.63-0.69 (rojo)	30
	4	0.76-0.88 (infrarrojo cercano)	30
	5	1.55-1.75 (infrarrojo medio)	30
	6	10.4-12.5 (infrarrojo térmico)	120
	7	2.08-2.35 (infrarrojo medio)	30
SPOT MS	1	0.50-0.59 (verde)	20
	2	0.61-0.68 (rojo)	20
	3	0.79-0.89 (infrarrojo cercano)	20
SPOT Pancromático	1	0.51-0.73 (visible)	10

Principales características de algunos sensores remotos

Comparación de algunos datos de plataformas espaciales y sus respectivos sensores

Plataforma Dato	Skylab	Landsat 1 y 2	Landsat 3	Landsat 4 y 5	Saros	Nimbus 7	Saros 6
Fecha de lanzamiento	febrero, 1973	julio, 1972 y enero, 1975	marzo, 1975	julio, 1982 y marzo, 1984	Noviembre 1985	Octubre, 1978	Abril, 1985
Altura sobre la tierra	435 km	920 km ambos	912 km	700 km ambas	822 km	955 km	36 000 km
Periodo de la órbita	93 minutos	103 minutos ambos	103 minutos	99 minutos ambos	101 minutos	107 minutos	21 horas
Tamaño del elemento de resolución	variable y comparable a los Landsat 1 y 2	57 × 78 m <sup>2</sup>	57 × 78 m <sup>2</sup> , 238 × 238 m <sup>2</sup> para la 5a. banda.	30 × 30 m <sup>2</sup> , 120 × 120 m <sup>2</sup> para la 6a. banda.	20 × 20 m <sup>2</sup> , 10 × 10 m <sup>2</sup> para la 4a. banda.	800 × 800 m <sup>2</sup>	11 × 11 km <sup>2</sup> para la 1a. banda, 8 × 8 km <sup>2</sup> para la 2a. banda.
Tamaño de la imagen	variable	185 × 185 km <sup>2</sup>	185 × 185 km <sup>2</sup>	185 × 185 km <sup>2</sup>	60 × 60 km <sup>2</sup>	16 000 × 16 000 km <sup>2</sup>	18 000 × 20 000 km <sup>2</sup>
Bandas espectrales	13 bandas espectrales entre 0.4 y 12.5 $\mu$ m.	1) 0.5-0.6 $\mu$ m 2) 0.6-0.7 3) 0.7-0.8 4) 0.8-1.1	1) 0.5-0.6 $\mu$ m 2) 0.6-0.7 3) 0.7-0.8 4) 0.8-1.1 5) 10.4-12.6	1) 0.45-0.52 $\mu$ m 2) 0.52-0.60 3) 0.65-0.69 4) 0.76-0.90 5) 1.55-1.75 6) 10.4-12.5 7) 2.08-2.35	1) 0.50-0.59 $\mu$ m 2) 0.61-0.69 3) 0.79-0.90 4) 0.51-0.75	1) 0.45-0.45 $\mu$ m 2) 0.48-0.50 3) 0.51-0.53 4) 0.55-0.57 5) 0.58-0.60 6) 0.66-0.68 7) 0.75-0.79 8) 0.81-0.89	1) 0.55-0.75 $\mu$ m 2) 10.5-12.5

Nota: la correspondencia aproximada "colores" y longitudes de onda es la siguiente:

Violeta	0.40-0.45 $\mu$ m	Amarillo	0.56-0.59 $\mu$ m	Infrarrojo cercano	0.70-3.0 $\mu$ m
Azul	0.45-0.51	Anaranjado	0.59-0.63	Infrarrojo térmico	3.0-14.0
Verde	0.51-0.56	Rojo	0.63-0.70		

Aplicaciones regionales de la percepción remota en relación a los indicadores relevantes en la escena y el sensor satelitario requerido

<i>Aplicación regional</i>	<i>Indicadores relevantes</i>	<i>Sensor satelitario* u aerotransportado</i>
Producción de información geográfica y cartográfica	Topoformas, modelos numéricos del terreno, unidades integradas del terreno.	Landsat 4 y 5 SPOT
Prospección minera y petrolera	Geoformas, lineamientos, patrones de textura, litologías, Unidades integradas del terreno. Anomalías magnéticas y gravimétricas, anomalías en la distribución de la vegetación.	Landsat 4 y 5 SPOT Sensores magnéticos y gravimétricos aerotransportados.
Geohidrología	Patrones de textura de drenaje, geoformas, unidades integradas del terreno, litologías, anomalías en la distribución de la vegetación, anomalías magnéticas y gravimétricas, topografías, lineamientos, biomasa de la vegetación.	Landsat 4 y 5 SPOT Sensores magnéticos y gravimétricos aerotransportados.
Geotermia	Distribución de temperaturas superficiales, distribución de capacidad térmica del suelo, extensión y localización de alteración hidrotermal, anomalías magnéticas y gravimétricas.	Mapeador de capacidad térmica Landsat 4 y 5 Sensores magnéticos y gravimétricos aerotransportados.
Silvicultura y agricultura	Área foliar y biomasa de la vegetación, unidades integradas del terreno, anomalías en la distribución de la vegetación, litologías.	Landsat 4 y 5 SPOT
Meteorología	Patrón de nubes, patrón de vientos.	Nimbus 7 cosas 6
Oceanografía y estudios	Distribución de temperaturas del océano, concentración de clorofila, patrón de corrientes marinas.	Landsat 4 y 5 Nimbus 7 Radar

avanzados. Situados a una altura de 705.3 Km. Disponen de mas bandas con una tecnologia diferente, la de barredor mediante arreglo de detectores electronicos (Cámara Electrónica). Estos satélites contienen un nuevo sensor, Mapeador Temático, con 256 niveles de radiancia y 30m de tamaño de elemento. Las bandas del NT son:

BANDA	ANCHURA	UTILIDA (VEGETACION) Sensible a:
1	0.45-0.52	concentraciones de clorofila y carotinoides.
2	0.52-0.60	clorofila y a la reflectancia del verde.
3	0.63-0.69	la concentración de clorofila.
4	0.76-0.90	la biomasa (densidad de vegetación).
5	1.55-1.75	la masa de agua en las hojas.
6	2.08-2.35	agua en las hojas.
7	10.40-12.50	temperatura de la superficie.

El Landsat 6 programado en diciembre de 1988 así como los posteriores consistirán en la OMNistar-Plataform, y uno de los sensores proyectados es el ETM (Enhanced Tematic Mapper) que se espera tenga un elemento de 15 m. de lado. De acuerdo con EOSAT5 los objetivos serán la toma de información de amplio espectro y de color sobre los océanos.

SPOT.- Son satélites franceses. El primer Spot fue lanzado de Guyana el 21 de febrero de 1985. Contiene dos instrumentos (HRV) idénticos en el visible, de alta resolución, dos grabadoras magnéticas y un transmisor. El HRV fue diseñado para operar en modo Multiespectral o Pancromático, de acuerdo con estas bandas:

MULTIESPECTRAL		PANCROMATICO	
0.5	0.59	0.51	0.73
0.61	0.68		

Los elementos en el primer caso tienen un tamaño de 20 por 20 m. y en el segundo de 10 por 10 m. El ancho del barrido es de 60 Km, es decir un ángulo de cubrimiento de 4.13. Una particularidad de este satélite es que tiene capacidad de observar fuera de su órbita mediante el movimiento de un espejo, esta característica permite que un punto puede ser observado en 7 pases diferentes si se encuentra cerca del ecuador o en 11 si se encuentra en una latitud de 45 grados, además de permitir la generación de pares estereoscópicos.

### III.3.- PROCESAMIENTO DE IMAGENES DE SATELITE.

La obtención de imágenes por satélite son muy diversas y con características particulares, dependiendo de los instrumentos utilizados, como lo pueden ser los sensores remotos: Barredor Multiespectral (MSS) y Mapeador Temático (MT).

Estos sensores remotos actuales son capaces de producir imágenes de alta calidad en forma analógica o digital, es decir pueden proporcionar una representación continua o discreta de la escena.

Una imagen continua es aquella donde la variación de tonos de gris o color se presentan sin discontinuidades, sin líneas, o fronteras, aparte de las que pudiera tener la escena misma. Una imagen Discreta, es la que está compuesta por elementos definidos y diferenciados como puntos o cuadros. En general podemos decir que una imagen será catalogada continua o discreta dependiendo del grado de resolución que tenga el sensor y el detalle que se desee discernir.

En formato digital, una imagen de satélite puede concebirse como una matriz de números que refieren un valor de reflectancia; una vez transformados, estos valores permiten generar una imagen. Cada número es adjudicado a una celda o elemento de escena, llamado pixel, cuyas dimensiones en el terreno definen la resolución espacial de la imagen, es decir el grado de detalle que puede discernir de la escena. Así el valor de cada celda en una imagen de satélite representa la cantidad de radiación que llega al sensor, desde los objetos presentes en la superficie terrestre. La cual en forma general está cubierta por

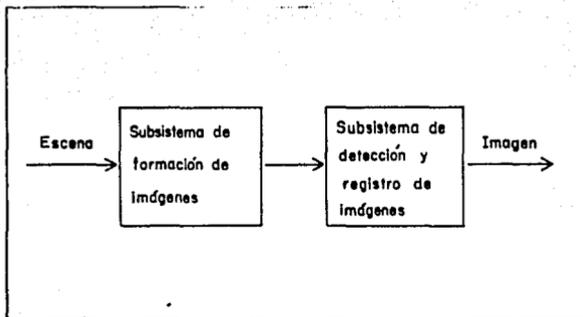
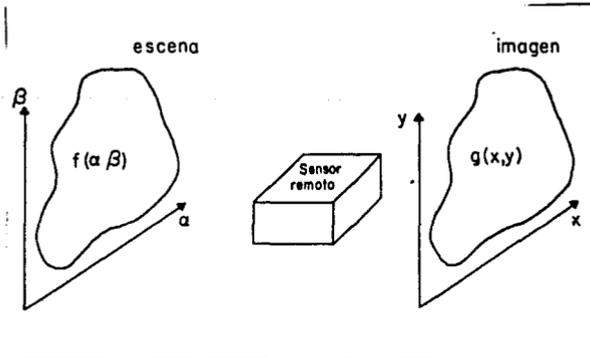


Diagrama de bloques que muestra el proceso de captura de una imagen por medios artificiales.



Subsistema de formación de imágenes.

tres elementos fundamentales: vegetación, suelo, agua y sus combinaciones.

Por lo tanto, una imagen digital es aquella imagen discreta donde cada punto que la compone está dado no por una tonalidad sino por un número, esto es, asignando por ejemplo el 0 al tono más oscuro y 127 al más claro. Es precisamente debido a esta representación numérica de una escena que es posible el manejo por computadora de la imagen digital correspondiente, con la consecuente rapidez y volumen en el análisis de una gran variedad de éstas. Estos sistemas cuentan con un rango muy amplio de algoritmos para el análisis de imágenes, los que a través de sistemas de despliegue de color de alta resolución permiten desplegar la imagen digital y proporcionan al usuario una comunicación de tipo interactivo con la computadora.

El procesamiento de imágenes consiste en manipular los valores de reflectancia en tres etapas relacionadas entre sí: el procesamiento; que implica las correcciones radiométricas y geométricas, el realce o mejoramiento y la clasificación.

Una parte importante del procesamiento es la Georreferenciación o asignación de Coordenadas a la imagen.

El realce de imágenes consiste en aplicar una serie de técnicas para mejorar la apariencia visual de la imagen y facilitar tanto la interpretación visual cuanto la toma de muestras para la clasificación espectral. Dos de los procesos de realce más comunes son el estiramiento del histograma y el filtrado de imágenes. También es posible realizar operaciones aritméticas de los valores contenidos en diferentes bandas espectrales; sumas, restas, y cocientes se utilizan

comúnmente para la obtención de información específica, por ejemplo, los índices de vegetación.

La clasificación multispectral consiste en el agrupamiento de objetos con similares respuestas espectrales. Una clasificación espectral implica la segmentación del paisaje con base en la respuesta espectral de su cobertura. Esta extracción de información temática es comúnmente el objetivo central cuando se analizan imágenes de satélite para estudios del ambiente. Una clasificación espectral puede realizarse tanto en forma manual como automática asistida por computadora; generalmente referidas como clasificación visual y digital, respectivamente. En el ámbito digital, y de acuerdo con la forma en que se construyan las clases espectrales, pueden realizarse clasificaciones supervisadas, no supervisadas o una combinación de ambas, denominada híbrida.

En el primer caso, se toman muestras representativas de objetos conocidos (según pruebas de campo o fotografías aéreas) presentes en la imagen, tratando de cubrir toda la variabilidad espectral de la escena. En el segundo caso, las muestras se generan en forma automática, mediante técnicas de agrupamiento (clustering). En esta estancia, los atributos de las clases (es decir, su contenido informativo) son designados a posteriori. Una vez definidas las clases espectrales se realiza la clasificación propiamente dicha, es decir, cada elemento de escena (pixel) es adjudicado a la clase probablemente más afín. La disponibilidad de información de campo es crítica en la elaboración y evaluación de la clasificación.

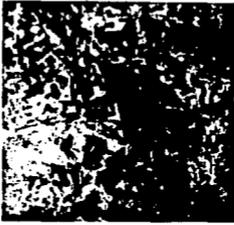


Imagen original MT banda núm. 6

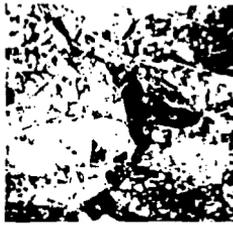
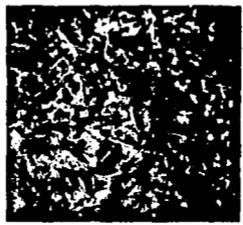


Imagen MT con estiramiento de histograma



Primer componente principal

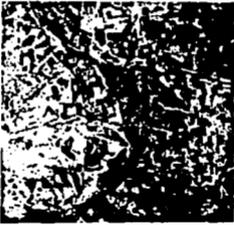
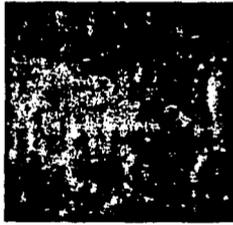


Imagen MT filtrada



Índice de vegetación

Algunos resultados  
del procesamiento  
digital  
de imágenes

Las clasificaciones espectrales arrojan diferentes resultados en cuanto a la exactitud con que consiguen reproducir la realidad que modelan.

Al realizar estas operaciones por medio de computadoras y utilizando algún sistema para procesarlas, producen información, resultado de dicho análisis, que puede ser canalizada a bancos de datos en la misma computadora, de donde puede ser extraída, representada o manipulada lo más adecuadamente para la toma de decisiones acerca de uno o varios aspectos del paisaje. A esto último se le llama Sistema de Información y convierte a la toma de decisiones en un proceso cuantitativo y por lo tanto de rápido apoyo al análisis de un recurso específico.

#### III.4.- SISTEMAS DE INFORMACION.

Desde los inicios de la civilización, la humanidad ha necesitado información como una ayuda en la lucha por la supervivencia, así como en los intentos para administrar las organizaciones. La creciente complejidad de la sociedad, sobre todo en la forma en que se manifiesta en las organizaciones sociales, políticas y económicas, ha aumentado en gran medida la necesidad de tener información más conveniente y oportuna.

##### PANORAMA HISTORICO DEL PROCESAMIENTO DE DATOS E INFORMACION.-

Desde hace pocos años los términos "Procesamientos de Datos" y "Procesamientos por Computadora" se emplean casi como sinónimos. Es muy cierto que en la mayoría de las organizaciones la computadora es esencial para satisfacer gran parte de las necesidades de procesamiento de datos. Sin embargo, desde un punto de vista histórico, la computadora sólo se puede considerar como la última "revolución" dentro de la evolución de la teoría y la tecnología del procesamiento de datos.

La primera y más importante "revolución" fue el desarrollo del lenguaje y de la notación matemática. Aun cuando los historiadores no pueden estar seguros de la época en que se originaron los lenguajes hablados, se han encontrado formas de escritura ideográfica que se remontan a la cultura babilónica del año 3,500 a.C. aproximadamente, y que consisten en registros impresos en tablas de arcilla. Sin embargo, sólo a los fenicios de 2,000 años después se les puede dar crédito por haber inventado el alfabeto, también los primeros matemáticos se

remontan hasta el año 3,000 a.C. Todo desarrollo del procesamiento de datos e información se basa en estos dos avances.

Utilizando el lenguaje y las matemáticas, la humanidad ha enriquecido y difundido continuamente el conocimiento y la comprensión de sí misma y de su medio ambiente. Además, la cantidad de conocimiento e información disponible ha llegado a ser tan extensa que ninguna persona es capaz de obtenerlos todos. Debido a lo anterior, existe la tendencia a recopilar información en campos especializados tales como la Física, Biología, Economía, Psicología, Contabilidad, etc. Aun cuando es cierto que cada nuevo concepto o idea que se descubre en uno de estos campos especializados, determina directamente la selección de los datos que se deben procesar, la manera en que se van a manejar, y la información que se produce. Por ejemplo la humanidad se ha valido de diferentes medios para registrar sus pensamientos y conceptos. Algunas veces se conservaron registros en piedra, madera, metales, pieles de animales, papiro, papel, y en la actualidad se emplean dispositivos magnetizados.

Para poder procesar datos numéricos de manera más eficiente, la tecnología se ha desarrollado continuamente. El ábaco, que tal vez sea el más antiguo dispositivo de cálculo, ha estado en uso desde el año 3,000 a.C. En el siglo XVII se produjeron tres avances básicos en el desarrollo de la tecnología del procesamiento de datos: J. Napier construyó un conjunto de barras numeradas (huesos de Napier) que simplificaban las operaciones de la multiplicación y la división; Blas Pascal proyectó y construyó la primera máquina sumadora; y, por último, G. Leibniz construyó una calculadora que podía sumar, restar, multiplicar y dividir. En el siglo XIX se produjeron todavía otros

avances en la tecnología del procesamiento de datos. Entre éstos se encuentra el telar con tarjetas perforadas de J. Jacquard, la "máquina diferencial" y la "máquina analítica" de Charles Babbage, y las máquinas de tarjetas perforadas de Herman Hollerith.

Si bien cada uno de estos desarrollos tecnológicos es importante en el desarrollo del procesamiento de datos e información, es necesario regresar al siglo XV para localizar la segunda "revolución". Esta se debió a la invención de la Imprenta. La imprenta dio a la humanidad la posibilidad de registrar, almacenar, recabar, informar y transmitir datos e información más que cualquier otro invento anterior en un lapso de casi 500 años después.

No es sino hasta el siglo XX cuando se encuentra la tercera "revolución" en el procesamiento de datos e información, asociada con una serie de avances que se pueden clasificar con el nombre de "Medios de Comunicación Masiva". En este siglo y antes de que finalizara la tercera "revolución", el procesamiento de datos e información comenzó a experimentar una cuarta "revolución" al aparecer la computadora digital.

Al combinar la computadora y la tecnología relacionada con ella, junto con las técnicas de los medios de comunicación masiva, para producir información más conveniente en las organizaciones modernas, da como resultado un nuevo campo en el procesamiento de datos e información llamado Sistemas de Información.

En la actualidad los sistemas de información son un campo relativamente nuevo de estudio, cuyos primeros desarrollos aparecieron hacia 1950, seguido en 1962 por trabajos administrativos. El aspecto del manejo de los sistemas de información comenzó unos ochos años más tarde, y desde 1977 los sistemas de apoyo de decisiones se han convertido en

una poderosa herramienta para los planificadores y para los que tienen en sus manos la toma de decisiones.

Los más recientes conceptos que se están vislumbrando son los relacionados con sistemas expertos, derivados del campo de la inteligencia artificial.

MODELOS LOGICOS Y MATEMATICOS.- A medida que aumenta el tamaño, la complejidad y la especialización de las organizaciones, se vuelve cada vez más difícil para los responsables de las decisiones asignar a diferentes actividades los recursos disponibles de la manera más eficaz y óptima para la organización. La planeación y la implantación de modelos lógicos y matemáticos, pueden ayudar a resolver los problemas que origina la complejidad de las organizaciones modernas actuales. Por consiguiente, además de elaborar informes y métodos para el mantenimiento de registros históricos y satisfacer necesidades operativas y gubernamentales, los sistemas modernos de información deben incluir modelos lógicos-matemáticos para suministrar información alternativa, predictiva, de optimización y de control.

La esencia fundamental del sistema de información es la formulación y el manejo de modelos. Este enfoque se relaciona con modelos lógicos-matemáticos que se emplean para estudiar los aspectos cuantitativos de los problemas. El empleo de dichos modelos se basa en una actitud científica frente a los fenómenos. Esta actitud se suele denominar método científico, que se basa en una secuencia lógica de etapas que se aplican en cualquier investigación científica.

LA FILOSOFIA DEL ENFOQUE DE SISTEMAS.- El enfoque de sistemas es una filosofía, o una manera de concebir una estructura, que coordina de manera eficaz y óptima las actividades y operaciones dentro de una

organización o sistema. Un sistema se puede definir como un conjunto articulado de componentes o subsistemas ideados para alcanzar un objetivo.

La definición de sistemas es una diferenciación lógica que se puede relacionar o no con diferenciaciones reales que se encuentren en el mundo físico. El enfoque de sistemas se interesa por la componente individual y hace énfasis en la función que cumple dentro del sistema, más que en la función que cumple como entidad individual. El empleo del enfoque de sistemas para describir la realidad puede reportarle grandes ventajas al usuario. La eficacia de los componentes, considerados colectivamente como un sistema, puede ser mayor que la suma de los rendimientos de cada componente considerados por separado. Los componentes de una organización tienden a evolucionar en grupos relativamente autónomos. Cada grupo tiene sus propios objetivos y sistemas de valores, por lo que se puede perder de vista la manera en que se interrelacionan sus actividades y objetivos con los de la organización en general. La implantación del enfoque de sistemas rompe de manera radical las líneas funcionales tradicionales de la organización para lograr una optimización de la organización completa.

Existen algunas directrices que se puedan aplicar para utilizar este concepto en general, así como para desarrollar sistemas de información:

1.- INTEGRACION: los diferentes subsistemas del sistema se deben integrar de tal manera que se aprovechen las interrelaciones y la independencia entre los elementos.

2.- COMUNICACION: los canales de comunicación entre los subsistemas deben estar abiertos todo el tiempo.

3.- METODO CIENTIFICO: el método científico se debe aplicar utilizando las diferentes técnicas de la ciencia, en el campo de estudio respectivo.

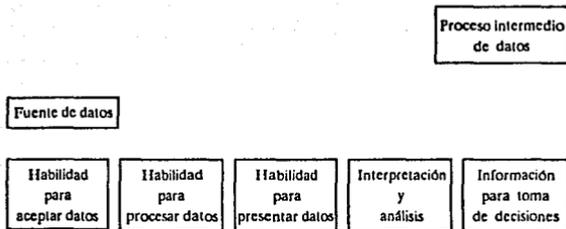
4.- ORIENTACION HACIA LAS DECISIONES: A fin de hacer más eficaz la planeación y control, la toma de decisiones programada se desarrolla cuando es conveniente. El objetivo radica en programar sistemas de decisiones bien definidos.

5.- TECNOLOGIA: Se deberá utilizar la tecnología moderna como un auxiliar en la implantación de las técnicas que se originen a partir de las cuatro directrices anteriores, en este caso la computadora y la tecnología relacionada con ella.

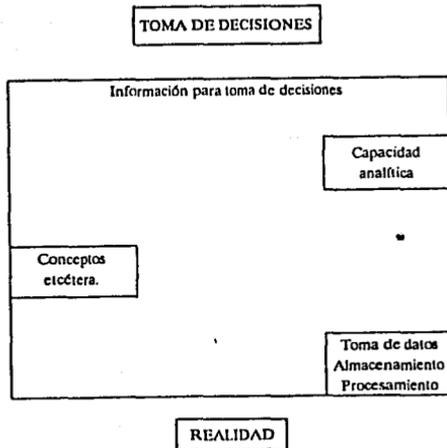
DEFINICION DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION.- Todas las organizaciones cuentan con alguna clase de sistema de información, aunque no se trate más que de un archivador, de un pequeño número de cuentas en un libro mayor, registros con datos de interés o relevantes, etc. Sin embargo, para contar con un sistema funcional de información que satisfaga diversas necesidades, todos los datos medibles deben ser organizados de manera que sea fácil registrarlos, almacenarlos, procesarlos, recuperarlos y comunicarlos según lo requieran los usuarios.

Se puede definir formalmente un sistema de información como una combinación de recursos humanos y técnicos, en concordancia con una serie de procedimientos organizacionales que prevén información con el fin de apoyar las gestiones directivas.

Por lo general, en estos sistemas los datos se registran en documentos fuentes que representan las actividades y acontecimientos ocurridos durante el flujo de operaciones de la organización. Estos



Secuencia de funciones de un sistema de información



sistemas pueden pasar por un flujo que permite su procesamiento electrónico y con ello tratar de satisfacer las necesidades de información de la organización. Estos sistemas normalmente están relacionados unos con otros: las salidas de un sistema pueden ser transacciones de entrada de otro sistema y durante el diseño de sistemas es de vital importancia identificar estas relaciones. Los sistemas, según su naturaleza, se clasifican en los grupos siguientes:

- \* Determinísticos.
- \* Probabilísticos.
- \* Abiertos.
- \* Cerrados.

La clasificación no tiene mayor importancia, pero es imperativo que dentro de los sistemas exista la dinámica suficiente para responder a los cambios que emanan, ya sea de forma externa y/o interna. Esto es esencial en las organizaciones modernas, pues en la época actual se registran cambios sustanciales, ya sean sociológicos, técnicos, económicos o legales, que modifican las políticas y funciones de las organizaciones.

**ESTRUCTURAS DE INFORMACION.-** Los datos son la materia de los sistemas de información, estos pasan por varios procesos para obtener información con el fin de resolver los problemas operacionales y de control, así como soportar la toma de decisiones.

Para que un sistema de información funcione en forma adecuada requiere, en primer lugar, que los datos estén correctamente almacenados y organizados en una estructura de información previamente definida. Particularmente existen cuatro tipos principales de estructuras de información:

- \* Secuencial.
- \* Random.
- \* Secuencial indexado.
- \* Listas.

Las demás estructuras se derivan realmente de estas cuatro o pueden ser producto de alguna combinación entre ellas.

**ORGANIZACION SECUENCIAL:-** Este es el método más convencional para organizar archivos de datos. Los registros se ordenan en secuencia con base en un atributo común. El campo que identifica a este atributo se llama "llave del registro": por ejemplo, un archivo de ventas que contiene para cada registro el código de área y el valor de venta de cierto producto, se organizaría secuencialmente de la siguiente forma: Esta forma de organizar los datos se utiliza tradicionalmente con dispositivos de almacenamiento que físicamente requieren leer y grabar datos en forma secuencial, como las tarjetas perforadas y las cintas magnéticas.

**ORGANIZACION SECUENCIAL INDEXADA.-** Este tipo de estructura conserva la organización secuencial de los registros; sin embargo, se mantiene un conjunto de índices para acechar en forma más directa dichos registros.

El archivo físicamente se divide en subconjuntos que mantienen un índice para cada subconjunto; este índice tiene la dirección del primer registro y la dirección del último. Para acceder los registros primero se analizan los índices a fin de conocer en qué subconjunto se encuentra. Una vez identificado se procede a leer en forma secuencial únicamente los registros de dicho subconjunto.

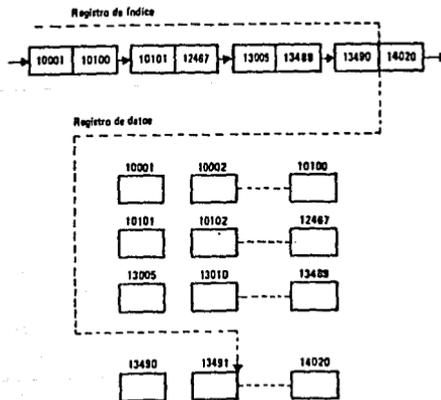
Este tipo de estructura funciona únicamente para dispositivos de almacenamiento de acceso directo, y la asignación de los índices depende de la forma física en que esté diseñado el dispositivo físico.

Área 1	Valor 1250	Área 7	Valor 3750	Área 9	Valor 2876	Área 11	Valor 950	Área 38	Valor 4256
-----------	---------------	-----------	---------------	-----------	---------------	------------	--------------	------------	---------------

Organización secuencial por código de área

Área 11	Valor 950	Área 1	Valor 1250	Área 9	Valor 2876	Área 7	Valor 3750	Área 38	Valor 4256
------------	--------------	-----------	---------------	-----------	---------------	-----------	---------------	------------	---------------

Organización secuencial por valor de venta



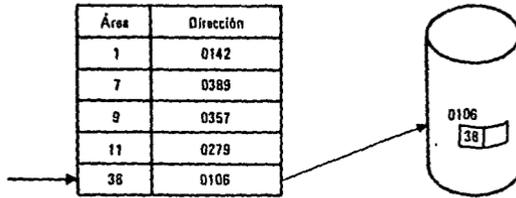
Por lo general hay varios niveles de índice para acceder primero los cilindros y después las listas. En caso de existir futuras inserciones, esta técnica de organización de archivos mantiene áreas específicas de "overflow" en las que almacenan dichos registros mientras se efectúa una nueva reorganización de la estructura.

El problema principal de la organización secuencial con índices reside en que los registros, tanto lógicos como físicamente, requieren almacenarse en secuencia bajo un cierto atributo (por cuenta, por número de parte, etc.), y si en un momento dado se requiere acceder los registros en secuencia diferente es necesario crear una nueva estructura con los mismos datos.

ORGANIZACION RANDOM.- Bajo la organización tipo random, los registros pueden estar completamente dispersos en el dispositivo de almacenamiento de acceso directo. El acceso a los registros se efectúa casi siempre mediante un diccionario o el método de cálculo. El diccionario mantiene los registros organizados en forma secuencial y proporciona la dirección física de cada registro de datos para realizar su acceso random.

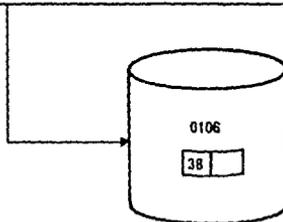
Con el método de cálculo se establece un algoritmo para determinar la dirección física de cada registro de datos, teniendo como entrada el argumento de búsqueda (llave de registro). El problema de este método es la dificultad de encontrar un algoritmo que proporcione una única dirección para cada argumento de búsqueda diferente; normalmente los algoritmos crean registros homónimos, por lo que se requieren técnicas de "overflow" para trabajar con ellos.

ESTRUCTURAS TIPO LISTAS.- En este tipo de estructura la organización física y lógica de archivos son diferentes y se utilizan



Búsqueda de un registro en una organización random por el método de diccionario

Código de área	=	38	
Conversión binaria	=	100110	
División en grupos de cinco posiciones	=	00001	00110
Conversión a decimal	=	01	06
Dirección	=	0106	



Búsqueda de un registro en una organización random por el método de cálculo

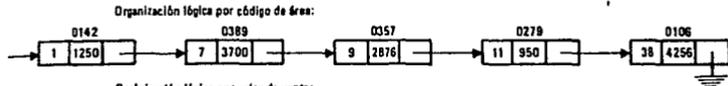
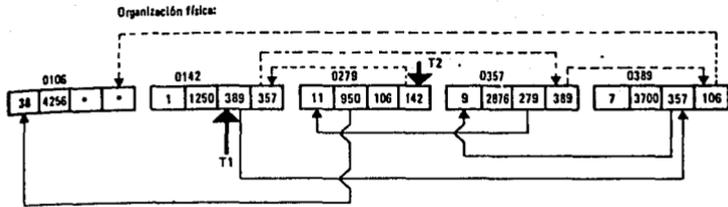
apuntadores o campos de eslabón. Cada registro físico incluye campos de eslabón para direccionarse al siguiente registro lógico y mantener la secuencia lógica del archivo. Cabe aclarar que existen diferentes estructuras tipo listas (simples, circulares, doblemente eslabonadas, invertidas, etc.); sin embargo, la estructura básica la constituyen las llamadas "múltiples listas", que generan un solo archivo físico de datos y requieren únicamente campos de eslabón para definir archivos lógicos.

Estas estructuras básicas de información presentan una serie de ventajas y desventajas entre cada una, existen otros factores que se deben de considerar al seleccionar alguna de las estructuras de información indicadas, conforme al objetivo del que se trate. Estos factores son :

El medio de almacenamiento disponible, la flexibilidad del software, el tamaño de archivos, la frecuencia de actualización y volumen, los requerimientos en tiempos de respuesta y las consideraciones de seguridad.

CONFORMACION DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION.- Dentro del desarrollo de nuevas ciencias, los sistemas de información están alcanzando uno de los primeros lugares en la tecnología moderna porque con el acelerado desarrollo de las computadoras, cada día es más seguro y rápido el almacenamiento, procesamiento y manipulación de datos.

Los sistemas de información están constituidos por una colección de componentes, que se interrelacionan con la finalidad de soportar las operaciones y toma de decisiones. La cual consta de: Hardwares, Softwares, Datos, Procedimientos, que junto con Especialistas conforman un sistema de información adecuado a las diferentes



actividades del desarrollo humano y que cubra todas las necesidades de información de la manera más rápida y segura.

APLICACIONES.- Al pensar en la clase de sistema que conviene aplicar, hay que tener presente las ventajas y desventajas de cada uno. Además, puesto que ningún sistema aislado es perfecto para toda clase de aplicaciones, el diseñador debe tomar en cuenta también los objetivos y a la clase de organización a la que servirá el sistema de información. Estos sistemas se emplean en escuelas, en la ciencia, la ingeniería, los negocios, el gobierno y en las ciencias sociales.

### III.5.- SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA.

INTRODUCCION.- En un principio, los mapas se usaban para describir lugares lejanos, como ayuda para la navegación y las estrategias militares. En la época de los romanos los agrimensores o topógrafos formaban una parte importante del gobierno, y los resultados de su trabajo pueden verse aún en forma de vestigios en los paisajes de la Europa de hoy. La caída del Imperio Romano trajo consigo la decadencia de la topografía y la cartografía. Sólo en el siglo XVIII Europa alcanzó una vez más un estado de organización tal que muchos gobiernos se percataron del valor del trazo sistemático de sus territorios. Organismos del Gobierno Nacional fueron comisionado para producir mapas topográficos de países enteros. Estos organismos altamente disciplinados han continuado hasta nuestros días a dar una distribución espacial a las formas de la superficie terrestre o descripción en forma de mapa. Durante los últimos doscientos años muchos estilos de mapas han sido desarrollados; sin embargo, ha existido una larga y firme tradición de modelos cartográficos de calidad que ha continuado hasta el presente.

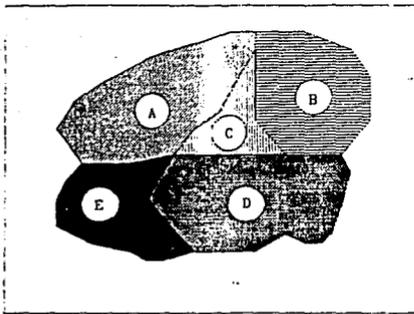
Tan pronto como el poderío europeo aumentó su influencia en el globo, expandieron con ellos sus ideas y métodos de cartografía a los países que cayeron bajo su dominio.

Los mapas topográficos pueden considerarse de interés general, ya que no se disponen a realizar ningún objetivo específico (ej. pueden interpretarse para realizar propósitos múltiples), los mapas de distribución de los tipos de rocas, variación de suelos o uso del suelo se hacen con intereses más específicos. Estos mapas de interés

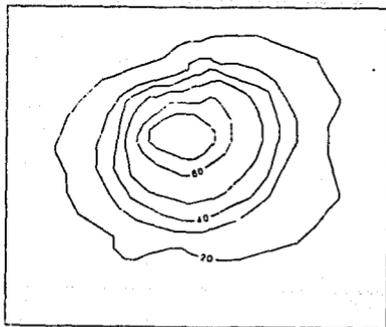
especifico se conocen con el nombre de mapas "temáticos" ya que contienen información sobre un sólo tema o motivo. Con la finalidad de hacer los datos temáticos fáciles de entender, los mapas temáticos se dibujan comunmente sobre una base topográfica simplificada por lo que los usuarios puedan orientarse.

El término "mapa temático" es usado ampliamente y aplicado de una forma vaga y no solo se usa para mapas que muestran temas de interés general como "suelo" o "formación de la tierra", sino para propiedades mucho más específicas tales como distribución del valor del suelo pH sobre un campo experimental, la variación de la incidencia de una enfermedad dada en una ciudad, o la variación de la presión del aire representada en una tabla meteorológica. El tema puede ser cualitativo (como en el caso de las clases de uso de la tierra) o cuantitativas (como el caso de la variación de profundidad a la zona freática). Tanto la información cuantitativa como la cualitativa pueden expresarse en un mapa Coroplético; esto es, áreas de igual valor separadas por fronteras; y ejemplos típicos son los mapas de suelo, los de uso de suelo o los mapas que muestran los resultados de los censos. Los datos cuantitativos también pueden trazarse suponiendo que los datos pueden moldearse bajo una superficie continua que puede describirse matemáticamente. Las variaciones se presentan mediante isohneas o curvas de nivel; esto es líneas que unen puntos de igual valor. Ejemplos típicos son la elevación de curvas de nivel en un mapa topográfico, líneas de igual nivel de agua subterránea y las isobaras en una tabla sobre el clima.

En el siglo XX, la demanda de los mapas de topografía y temas específicos de la superficie de la tierra, tales como recursos naturales, se ha incrementado grandemente. La fotografía estereo aérea y



MAPA COROPLETICO



MAPA TOPOGRAFICO

las imágenes de percepción a distancia han permitido a los fotogrametristas trazar grandes áreas con gran precisión. La misma tecnología ha dado a los científicos de los recursos de la tierra: el geólogo, el científico del suelo, el ecologista, el especialista del uso del suelo; enormes ventajas para el reconocimiento y trazo semidetallado de la superficie terrestre. Los mapas temáticos resultantes han sido fuente de información útil para la explotación y administración de los recursos. El estudio de la evaluación de la tierra surgió a través de la necesidad de confrontar los requerimientos de la tierra para producir alimentos y apoyar a la población con los recursos del clima, suelo, agua y tecnología disponible.

El estudio de la distribución de espacio de las rccas y del suelo de las comunidades de plantas o personas comenzó en forma cualitativa. Como en muchas ciencias, el primer objetivo de los topógrafos era inventariar: observar, clasificar y registrar. Los métodos cualitativos de clasificación y trazo eran inevitables, dadas las grandes cantidades de datos complejos que la mayoría de las mediciones generó. La descripción cuantitativa fue entorpecida no sólo por el volumen de datos, sino también por la falta de observación cuantitativa. Más tarde hubo falta de herramientas matemáticas adecuadas para describir la variación de espacio cuantitativamente. Los primeros avances en matemáticas apropiadas para problemas de espacio empezaron a ser desarrollados desde los treinta y cuarentas paralelamente con los avances en los métodos estadísticos y los análisis de serie de tiempo. El progreso práctico efectivo estaba completamente obstaculizado por la falta de instrumentos computarizados adecuados. Es sólo desde los sesentas, con la disponibilidad de la computadora digital, que tanto los

métodos conceptuales de análisis de espacio, como las posibilidades reales de trazo temático cuantitativo y análisis de espacio han podido florecer.

La necesidad de datos de análisis de espacio no ha quedado restringida para los científicos del estudio de la tierra. Los constructores urbanos y las agencias catastrales necesitan información detallada sobre la distribución de la tierra y los recursos en pueblos y ciudades. Los ingenieros civiles necesitan planear las rutas de las carreteras y canales así como estimar los costos de producción; incluyendo aquellos de cortes de praderas y extensión de valles. Los departamentos de policía necesitan saber la distribución espacial de varios tipos de crímenes, las organizaciones médicas la distribución de padecimientos y enfermedades, de interés comercial, la distribución de mercado y ventas y mercados potenciales. La enorme infraestructura de lo que se conoce colectivamente como servicios : agua, gas, electricidad, líneas telefónicas, alcantarillado; todos necesitan registrarse y manejarse en forma de mapa.

Hasta que las computadoras se usaron para trazar, toda las clases de mapas tenían un punto en común. La base de datos de espacio era un dibujo sobre una pieza de papel o película. La información se codificaba en forma de puntos, líneas o áreas. Estas entidades geográficas básicas se desplegaban al usar varios artificios visuales, como diversos códigos de simbolismo, color o texto; el significado del cual era explicado en una leyenda, donde estaba disponible más información de la que podía ser imprimida en la leyenda sobre el mapa, entonces ésta se daba en una memoria adjunta.

Ya que el papel del mapa y su memoria adjunta era la base de datos, habían varias consecuencias importantes para la captura, codificación y uso de la información que contenía. Primero, los datos originales tenían que reducirse enormemente en volumen, o clasificarse para hacerlos comprensibles y representativos; consecuentemente, muchos detalles locales se escapaban con frecuencia y se perdían. Segundo, el mapa tenía que dibujarse con extremada precisión y la presentación, particularmente de los temas complejos, tenía que ser clara. Tercero, el volumen total de información quería decir que las áreas que son más grandes con respecto a la escala de mapa podría ser representada únicamente por un número de hojas de mapa. Es una experiencia común que el área de interés de uno, esté con frecuencia junto a una unión de dos, sino es que más, hojas de mapa. Cuarto, una vez que los datos se habían puesto en el mapa, no era barato ni fácil salvarlos para combinarlos con otro dato de espacio. Quinto, el mapa impreso es un documento estático, cualitativo. Es extremadamente difícil llevar a cabo un análisis de espacio cuantitativo dentro de las unidades delineadas en un mapa temático sin recurrir a la recolección de nueva información para la tarea específica en cuestión.

La recolección y compilación de datos y la publicación de un mapa impreso es un negocio largo y costoso. Por consecuencia, la extracción de temas simples para un mapa de interés general puede ser prohibitivamente cara si el mapa debe ser calcado a mano. No importaba que los costos de trazo inicial fueran largos cuando podían pensarse como de importancia para un periodo de veinte años o más. Pero ahora hay tal necesidad de información sobre cómo está cambiando la superficie de la tierra, que las técnicas de la cartografía convencional son

totalmente inadecuadas. Por ejemplo, para algunas clases de trazos, como la distribución del clima o la red de distribución de una compañía de teléfonos, puede haber una necesidad de base de datos espaciales por día o tal vez por hora, para estar actualizado, lo cual resulta simplemente imposible de hacer a mano.

Fundamentalmente, el mapa dibujado a mano o el mapa en un inventario de recurso es una copia de la situación vista a través del filtro particular de una medición dada en una disciplina determinada en un momento específico de tiempo. Más recientemente, la fotografía aérea, y en especial, la imagen de satélite, ha hecho posible ver cómo los paisajes cambian con el tiempo, para seguir la marcha lenta de desertificación o erosión, o el más rápido progreso de los incendios forestales, inundaciones o sistemas de clima. Pero los productos de sensores transportados por aire y espacio no son mapas, en el sentido literal de la palabra, sino datos de imágenes o, corrientes fotográficas o grabaciones magnéticas. Los datos digitales no aparecen en la forma familiar de puntos, líneas y áreas que representan las ya conocidas y clasificadas formas de la superficie de la tierra, sino que están codificadas en elementos de fotografía (Pixels) células en una matriz bidimensional que contiene sólo números que indican la fuerza de la radiación electromagnética reflejada en una banda dada. Se necesitaban de nuevas herramientas para convertir estas corrientes de números en fotografías e identificar modelos significativos. Los cartógrafos, inicialmente, no poseían las estrategias para usar estos nuevos instrumentos, y entonces las ciencias empíricas del sensor a distancia, análisis de imágenes y reconocimiento de modelo no fueron atendidas por expertos de los datos de espacio, sino por matemáticos, físicos y



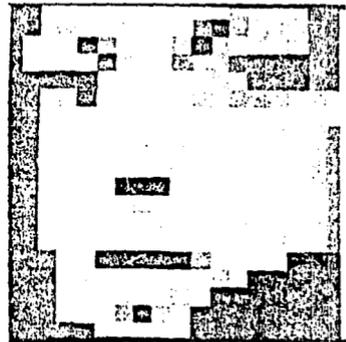
Escena representada aquí a manera de ilustración en tonos de gris.



Imagen formada de la escena a la cual se le ha sobrepuesto una rejilla para el registro permanente por dispositivos fotoeléctricos.

1	7	7	2	2	2	2	2	2	2	4	3	3	3	7	7
7	6	4	4	2	2	2	2	3	5	8	4	3	3	3	7
7	2	2	3	3	6	5	2	2	4	5	4	2	3	3	4
7	2	3	3	3	6	4	2	2	5	4	4	5	6	6	4
7	7	6	6	7	4	3	2	2	3	2	4	3	7	7	8
7	7	2	2	6	2	3	2	2	3	4	3	4	4	4	3
7	6	4	4	2	2	1	2	3	2	2	3	2	2	3	2
7	6	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	3
7	6	2	2	2	2	2	3	4	2	2	2	2	2	2	3
7	6	2	2	3	2	3	3	4	2	2	2	2	2	2	3
7	6	2	2	2	4	6	7	6	5	2	2	2	2	2	3
7	7	2	2	2	3	4	2	2	3	2	2	2	2	3	3
7	7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
7	7	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
7	7	6	2	2	6	6	7	6	5	3	2	2	2	6	6
7	7	7	2	4	3	2	2	2	2	4	3	6	7	7	7
7	7	7	2	3	4	3	4	2	6	7	7	7	7	7	7
7	7	7	2	3	5	6	5	2	6	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	2	2	2	2	6	7	7	7	7	7	7	7

Registro numérico de la imagen detectada y registrada por el sensor fotoeléctrico.



Representación visual de la imagen digital a través de una escala de niveles de gris.

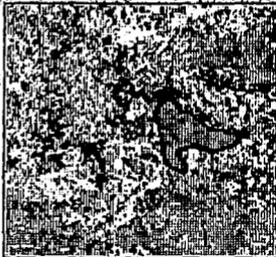
científicos de la computación (con gran apoyo de las autoridades militares). Estos nuevos practicantes del arte de hacer imágenes de la tierra han tenido un acercamiento diferente al de los científicos, topógrafos y cartógrafos del campo convencional. En un principio, hacían con frecuencia exageradas peticiones sobre las habilidades del sensor a distancia y del análisis de imagen para reconocer y trazar las propiedades de la superficie de la tierra sin mediciones caras de campo.

Gradualmente, se ha llegado a tomar en cuenta que con frecuencia las sorprendentes imágenes producidas por datos de un sensor a distancia sólo tienen un valor real si pueden estar ligadas a un terreno verdadero; una cierta cantidad de medición de campo es esencial para una apropiada interpretación. Y, para facilitar la calibración, las imágenes tienen que estar colocadas apropiadamente con respecto a una red geodésica; de otra forma, la información no puede relacionarse a un lugar determinado. La necesidad de enlace del sensor a distancia, los límites de la tierra y la cartografía surge, lo cual ha sido posible por el tipo de herramienta de trazo que proporcionan los Sistemas de Información Geográfica o S.I.G..

DEFINICION.- La demanda para el almacenamiento, análisis y muestra de información del medio ambiente, compleja y voluminosa, ha llevado, en recientes años al uso de la computadora para la manipulación de y la creación de sistemas de información sofisticados.

Un Sistema de Información Geográfica se define como un conjunto poderoso de herramientas para recopilar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y exhibir información espacial del mundo real para un conjunto particular de propósitos. Utilizando una serie de programas y equipos de computación, que permite el acopio, manipulación y

**Mejoramiento de la clasificación espectral**



Mapa A

Clasificación espectral original



Mapa B

Clasificación espectral después  
de la reclasificación

Comparación de una clasificación espectral original y después de mejorarse mediante técnicas propias del SIG

transformación de datos espaciales (mapas, imágenes de satélite) y no-espaciales (atributos) provenientes de varias fuentes, temporal y espacialmente diferentes.

Además un S.I.G. incluye la obtención y el manejo de datos espaciales; su procesamiento, almacenamiento y mantenimiento; y su recuperación, análisis y difusión. El S.I.G. debe suministrar una descripción de objetos sobre la superficie terrestre en términos del modelo de información, así:

1.- Información geográfica, o sea su posición respecto a un sistema de referencia.

2.- Información no posicional, sus atributos y datos asociados.

3.- Información relacional, o sea las relaciones topológicas que describen su entrelazamiento.

Muchas técnicas desarrolladas para sistemas de información no geográfica son también aplicables a los S.I.G.. El manejo de los datos espaciales requiere, sin embargo, instrumentos especializados y complejos para obtener, almacenar, recuperar y representar información. Además, el origen de distintas fuentes de datos espaciales representa un reto para integrarlos y hacer un efectivo uso de ellos.

La estructuración espacial de datos (spatial data structuring) es un término que indica los métodos utilizados para identificar, representar y por su puesto relacionar todas la unidades geográficas en un Sistema de Información Geográfica.

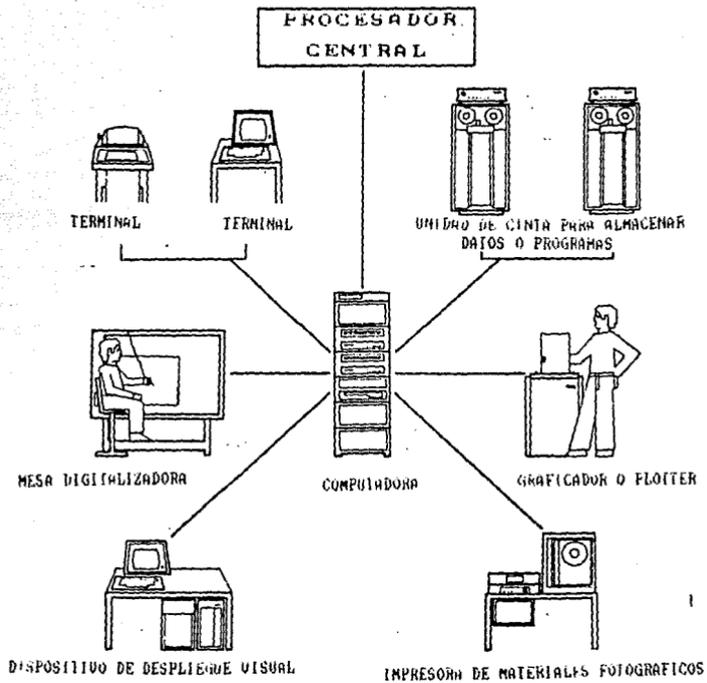
Los S.I.G. son una nueva tecnología que se están convirtiendo en herramientas esenciales para analizar y transferir gráficamente conocimientos acerca del mundo. Están siendo usados para ayudar a los planificadores y para los que tienen en sus manos la toma de decisiones,

indicando diversas alternativas en planeación de desarrollo, conservación y modelación de los resultados, a partir de una serie de datos.

OBJETIVO.- El conocimiento básico en la ubicación, cantidad y disponibilidad de riquezas naturales es indispensable para una planeación más adecuada. El objetivo de un Sistema de Información Geográfica es el de contribuir con información para la toma de decisiones y puede considerarse como una fuente para la conformación de sistemas expertos.

LOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA.- Los sistemas de información geográfica tienen tres componentes importantes: los equipos mecánicos, electromecánicos y electrónicos forman la estructura física de la computadora (hardware), equipos de módulos de aplicación de programación almacenada en una computadora (software) y un apropiado contexto organizacional. Estos tres componentes necesitan estar en balance si se quiere que el sistema funcione satisfactoriamente.

HARDWARE.- Los componentes generales del hardware de un sistema de información geográfica está constituida por : una unidad central (CPU) está ligada a una unidad de disco de almacenamiento, que provee de espacio para almacenar datos y programas. Un digitalizador u otro dispositivo se utiliza para convertir datos de mapas en forma digital y enviarlos a la computadora. Un graficador (Plotter) u otra clase de dispositivo de despliegue se usa para presentar los resultados de la procesadora de datos y una unidad de cinta se utiliza para almacenar datos o programas en una cinta magnética, o para comunicarse con otros sistemas. La comunicación intercomputacional puede también tomar lugar por medio de un sistema de red sobre líneas de datos



COMPONENTES DEL HARDWARE PARA SIG

especiales o sobre líneas de teléfono que utilizan un dispositivo conocido como "modem". El usuario controla la computadora y los periféricos (un término general para graficadoras, impresoras, digitalizador y otros aparatos relacionados a la computadora) por medio de una unidad de dispositivo visual (VDU), conocido de otra forma como terminal. La terminal del usuario puede ser en sí misma una microcomputadora o puede incorporar un equipo de cómputo (hardware) especial, que permita a los mapas ser desplegados rápidamente. Hay una muy amplia variedad de dispositivos que pueden usarse para llenar estos requisitos generales de un equipo de cómputo.

**MODULOS DE SOFTWARE DEL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA.-** El paquete de software para un sistema de información geográfica consiste en una serie de módulos técnicos básicos. Estos módulos básicos son subsistemas de captura de datos; un subsistema de almacenamiento y manejo de datos (constituido por varios bancos de datos); un subsistema de análisis y modelamiento, y un subsistema de salida. El elemento distintivo de un SIG es su capacidad de análisis y modelamiento, y ello lo distingue de los sistemas de cartografía automatizada y de los bancos digitales de datos.

Los datos espaciales pueden capturarse a través de la digitalización de mapas. Este es el proceso por el que los datos se convierten del formato analógico (mapa) a un formato digital, legible por el sistema computarizado. Estos se acumulan y manejan en bancos de datos vectoriales, conformados por puntos, segmentos y polígonos referenciados a un sistema de coordenadas del mundo real.

Las cotas de altitud, por ejemplo, pueden representarse como puntos, en tanto que los rasgos lineales (tales como fallas geológicas,

redes fluviales o caminos) pueden representarse como segmentos. Los polígonos se utilizan para representar unidades de paisajes (ecológicas, geomorfológicas, etcétera). Los datos vectoriales están relacionados entre sí en el banco de datos, de acuerdo con un modelo topológico ya seleccionado.

Con el propósito de facilitar su combinación con otros datos (por ejemplo, las imágenes de satélite en formato digital) y el análisis y modelamiento de acuerdo con fines específicos, los datos vectoriales se transforman en el formato en celdas (o raster). Esta operación se denomina conversión vector-celda (celdarización). Al igual que las imágenes satelitarias, los archivos del banco de datos en celdas son, estrictamente, matrices cuyos valores refieren unidades espaciales codificadas y referenciadas al sistema de coordenadas seleccionado.

La entrada de datos (INPUT) cubre todos los aspectos de transformación de datos capturados en forma de mapas existentes, observaciones de campo y sensores (incluyendo la fotografía aérea, satélites e instrumentos de grabación) en forma digital compatible. Una gran variedad de instrumentos de computación se requieren para este propósito, incluyendo la terminal interactiva o dispositivo de despliegue visual (VDU), el digitalizador, listas de datos en archivos de texto, scanners (en satélites o aeroplanos para grabación directa o para convertir mapas e imágenes fotográficas) y los dispositivos necesarios para grabar datos ya escritos en medios magnéticos como cintas, tambores y discos. Esto es, éste subsistema se enfrenta al problema de obtener todos los datos para el SIG, constituido por un sistema de adquisición de información, (para satisfacer las necesidades

del usuario), una metodología para la obtención de información y una evaluación de distintas fuentes de datos.

Un sistema de información que sirva a grupos heterogéneos de usuarios que se enfrenten a diversas situaciones debe ser flexible y adaptable, en términos de permitir fácilmente la inclusión y la recuperación de datos.

Hay dos puntos importantes:

a) Técnicas cartográficas y de levantamientos.- Las fuentes primarias de información para los SIG son la fotogrametría, el levantamiento de campo y la percepción remota, en el marco de obtención, registro y presentación de datos espaciales. Cada una posee una serie de herramientas que difieren en el principio de medición y en el pragmatismo, si bien deben considerarse como complementarias, según los casos.

b) Esquema de referencia espacial.- Para que sea valioso un SIG, debe tener la capacidad de combinar y comparar muchas clases de información. Esta es la razón por la cual es conveniente unificar los sistemas de referencia espacial, así como también el sistema de unidad espacial.

Los atributos (de las unidades espaciales) se capturan, almacenan y analizan en bancos de datos tabulares, constituidos por cuadros donde cada columna es un atributo.

El proceso de celdarización de los mapas temáticos (digitalizados) normalmente genera información tabular relativa a las unidades (polígonos) que los conforman. El valor de la celda (pixel), el número total de celdas para cada valor, el área total de los polígonos,

así como su perímetro, conforman los atributos básicos del cuadro correspondiente a cada mapa ceidarizado.

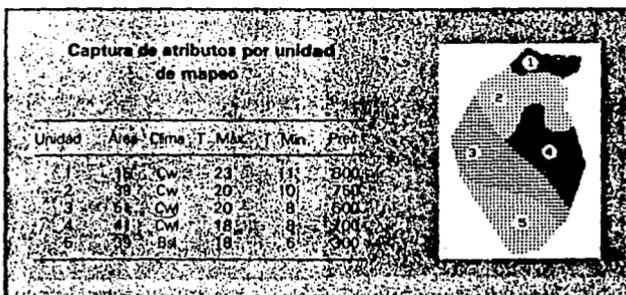
Una vez obtenido los cuadros correspondientes a cada mapa, se pueden almacenar los atributos (en columnas) para cada una de las unidades espaciales. Cada polígono es una unidad mínima a la cual se refiere la información obtenida en el campo, el laboratorio u otras fuentes. Por medio de manipulaciones propias del SIG los atributos contenidos en las columnas pueden sustituir a los atributos originales de los polígonos del mapa y obtener un nuevo mapa que muestra la distribución espacial del atributo considerado en cada columna. En otras palabras, cada columna de tabla representa un mapa temático.

El almacenamiento de datos y el manejo de la base de datos se interesa en la forma en que los datos sobre la posición, ligadura (topología) y atributos de elementos geográficos (puntos, líneas y áreas que representan objetos en la superficie de la tierra) están estructurados y organizados; tanto con respecto a la forma en que deben manejarse en la computadora como la percepción de los usuarios del sistema. El programa de computación que se utiliza para la organización de base de datos se conoce como Sistema de Manejo de Base de Datos (DBMS).

El subsistema de entrada de datos, verificación y almacenamiento se relaciona con aquellas operaciones técnicas para convertir los datos a forma digital.

a) Entrada de datos.- Así como se explicó antes, un SIG tiene datos espaciales y no espaciales y, en consecuencia, la entrada de datos es diferente.

-Entrada de datos espaciales. Existen varios métodos:



Atributos (variables) almacenados en cuadros referentes a cada unidad de mapeo

- \* Manual
- \* Registro semi-automático
- \* Digital
- \* Datos ya digitalizados en forma Raster
- \* Registro automático

- Entrada de datos no espaciales, asociados con atributos denominados códigos distintivos.

- Unión de datos espaciales con no espaciales.

Los datos espaciales y los códigos distintivos se deben enlazar por medio de identificadores únicos.

La entrada manual de identificadores simples como parte de una digitalización normal es relativamente fácil. Para un mapa que ha sido elaborado por un registro raster la unión de identificadores únicos se debe realizar bajo una condición interactiva.

b) Verificación y corrección de datos.- El siguiente es el tipo de errores que se esperan durante la entrada de datos:

- \* Los datos espaciales están incompletos y repetidos.
- \* Los datos espaciales están en un lugar errado.
- \* Los datos espaciales están en escala equivocada.
- \* Los datos espaciales están distorsionados.
- \* Los datos espaciales se encuentra enlazados de manera inconsciente con los no espaciales.
- \* Los datos no espaciales están incompletos.
- \* Los datos pueden estar sobre estimados.

Las adecuaciones más empleadas para mantener y manipular los datos en esta fase son las siguientes:

AGREGAR/BORRAR/CAMBIAR  
 TRASLADAR/ROTAR  
 TRANSFORMAR ESCALA

TRANSFORMAR LA PROYECCION  
AMPLIAR/VENTANA  
RECORTAR  
SOBREPOSICION DE POLIGONOS Y COMBINACION  
PROYECCION TRIDIMENCIONAL  
RASTER A VECTOR  
VECTOR A RASTER  
GENERALIZACION Y SUAVIZACION  
RECUPERACION DE DATOS Y APOYO

c) Problemas de almacenamiento.- En la computadora existe una variedad de discos magnéticos y ópticos capaces de almacenar gran cantidad de información.

Es conveniente saber, de todas maneras, sobre el volumen y complejidad de información que el SIG va a manejar, lo mismo que sobre la seguridad que requieren los datos.

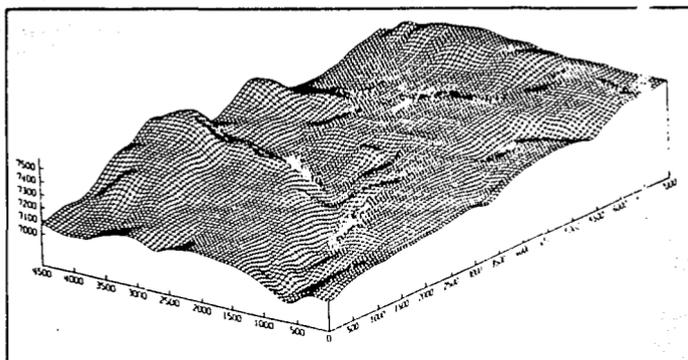
El subsistema de análisis permite realizar operaciones (utilizando calculadores de mapas y cuadros) tales como el cruce (superposición) y reclasificación de mapas; el cálculo de distancias a determinados objetos; los cálculos con mapas, imágenes y cuadros y, en general, la utilización de modelos a partir de un conjunto de reglas o condiciones establecidas por el intérprete. Un resultado posible es la formulación de escenarios, es decir, la simulación de situaciones hipotéticas como producto de cambios en las condiciones iniciales.

En síntesis, este subsistema permite transformar los datos seleccionados para que se les procese en información útil para la toma de decisiones.

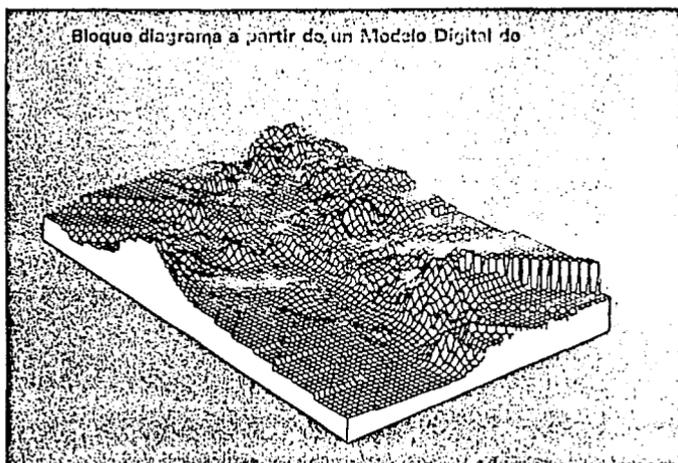
Un caso específico de procesamiento en un SIG y de gran utilidad potencial, es la creación de modelos digitales de elevación (MDE) a partir de la digitalización de curvas de nivel (que unen puntos de igual altura sobre el nivel del mar, en el mapa topográfico) o el ingreso de datos puntuales de altitud. Estos datos de elevación son interpolados (usando distintos algoritmos al efecto) y posteriormente pueden derivarse mapas de inclinación y orientación de las pendientes, bloques-diagrama en tercera dimensión, etc. En este caso, los datos son los valores de altitud; la información generada es, por ejemplo, el mapa de pendientes.

La transformación de datos abarca dos clases de operación, principalmente a) transformaciones que se necesitan para eliminar errores de los datos o devolver, fechar o relacionarlos con otros conjuntos de datos y; b) la gran formación de métodos de análisis que puede aplicarse a los datos para lograr respuestas a las preguntas realizadas por SIG. Las transformaciones pueden operar en aspectos de datos tanto de espacio como de no espacio, ya sea separados o en combinación. Muchas de estas transformaciones, como aquellas asociadas con el cambio de escala, fijación de datos de nuevas proyecciones, recuperación lógica de datos y cálculo de áreas y perímetros, son de una naturaleza general que se encuentran en toda clase de SIG de una forma o de otra. Otras clases de manipulación pueden ser de extrema aplicación específica y su incorporación a un SIG particular sólo puede satisfacer a los usuarios particulares de ese sistema.

La forma de concebir el terreno -o modelo de datos- tiene que ser cartografiado dentro de un punto de vista funcional. Se puede



Los mapas perspectivas ofrecen una efectividad visual máxima.



Un bloque diagrama obtenido de un modelo digital de terreno, logrado a su vez de la interpolación de curvas de nivel a cada 50 metros

ejecutar un sinnúmero de medios, disponibles en el mercado de programas de computación.

a) Base de Datos.- Se puede definir un sistema de base de datos como un registro computacional que tiene archivos relacionados, capaz de almacenar y guardar la información.

Los objetivos básicos del esquema de la base de datos son el control de las repeticiones, el compartir la información, la validación de reglas y la normalización de datos, la capacidad de defender distintos puntos de vista, aseguran los datos y aseguran la independencia de los mismos. Dentro de estos objetivos los más importantes son la integridad de los datos y el poder de compartirlos.

Es preciso formalizar el mundo real para representarlo de una manera computacional, organizándolo en distintos niveles.

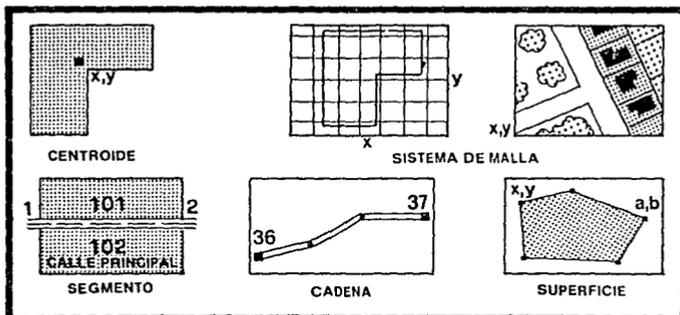
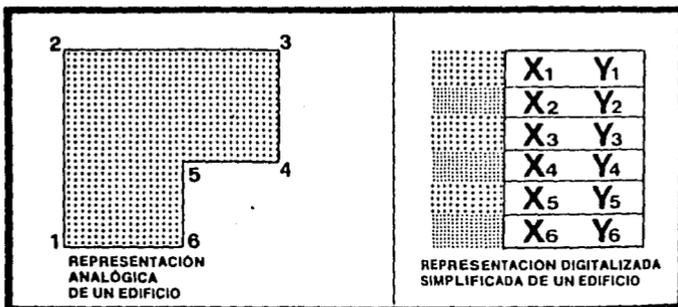
Realidad: el mundo real tal como es, incluyendo todos esos aspectos que pueden o no ser percibidos por la gente.

Modelos de Datos: conceptualización de la realidad. Suministran la forma en la cual el mundo real se puede reconstruir en términos formales. -

Estructura de Datos: representación del modelo de datos que permite su manipulación en la computadora.

Estructura de archivos: representación de los datos en los archivos de la computadora, y disposición del almacenamiento de datos.

Los objetos en el terreno poseen características temáticas y geométricas. Se debe, entonces, definir un modelo de datos conceptuales para ambas, así como un enlace establecido a nivel de los rasgos del terreno (objetos), por medio de los identificadores.



Formas más comunes de representación de datos.

Modelo de datos para base de datos espaciales.- Se debe diseñar el modelo de datos para bases de datos topográficos tomando en cuenta los usuarios, sus requerimientos para información topográfica y la naturaleza de los procesos espaciales involucrados. La flexibilidad es indispensable para habilitar posibles cambios sin tener que reestructurar el contenido de la información; no se puede olvidar que es conceptual y que no es susceptible de cartografiarse completamente en un medio computacional.

Hay dos tendencias para derivar modelos de datos:

- Diseño basado en un fenómeno: tiende a representar la realidad lo más exactamente posible. Conduce por lo general a modelos de datos muy complejos y a una subsecuente escritura de datos. Este modelo será fuerte y flexible en términos de aplicación, pero no eficiente en un contexto computacional.

- Diseño orientado a la aplicación: debe orientarse según la intención de uso, y excluir cualquier clase de relación que no sea pertinente a ese uso. El resultado será una representación bastante alejada de la realidad, pero en cambio muy eficiente en capacidad de almacenamiento y muy fácil de aplicar para casos particulares.

b) Sistemas de manejo de base de datos (DBMS).- La perspectiva del usuario se encuentra aislada de la estructura física de almacenamiento de datos. Los DBMS son los que actúan como unión o intermediarios entre aplicaciones y el procesamiento de datos (creación, almacenamiento, recuperación, modificación, acceso, etc.)

c) Representación de datos geográficos.- El cerebro humano puede reconocer fácilmente figuras y formas, pero la computadora requiere instrucciones exactas para manejar patrones espaciales y desplegarlos.

Existen dos formas contrastantes pero complementarias para representar los datos espaciales en la computadora:

- Raster. Conjunto de celdas localizadas por coordenadas e independientemente señaladas con el valor de un atributo (forma explícita).

- Estructuras basadas en datos vectoriales. Se hace una abstracción de los rasgos del terreno, empleando como medio de representación polígonos, líneas y puntos. Se agregan luego los atributos a estos conjuntos de coordenadas interconectadas.

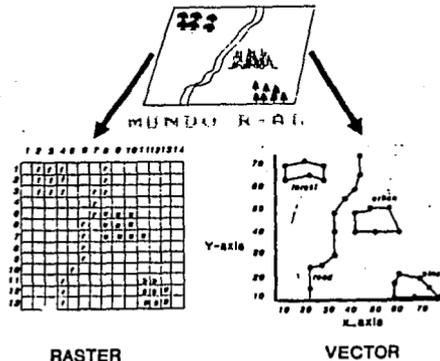
Hasta hace pocos años el conocimiento convencional señalaba que las estructuras de datos Raster y Vectoriales eran alternativas irreconocibles, toda vez que los métodos raster exigen gran capacidad de memoria para almacenar y procesar imágenes, al nivel de la resolución espacial obtenidas por las estructuras vectoriales.

Ciertas clases de manipulación de datos, tales como la intersección de polígonos o promedios espaciales, presentaban enormes problemas tecnológicos con los métodos vectoriales. El usuario se enfrentaba al dilema de escoger los métodos raster, que facilitaban los análisis espaciales pero producían mapas feos, o los métodos vectoriales, que suministraban base de datos manejables y elegantes gráficas pero de difícil análisis espacial.

Ambos son métodos válidos para representar datos espaciales, a la vez que son estructuras interconvertibles. La conversión de vector a raster es relativamente fácil, aunque es inevitable la pérdida de pequeñas cantidades de información. La conversión de raster a vectorial es, sin embargo, más complicado; el primer paso es adelgazar las líneas hasta una anchura equivalente a un pixel, y luego se deben buscar los

Comparación de los métodos vectorial y Raster

	Vectorial	Raster
V	Buena representación de datos fenomenológicos.	Estructuras simples de datos.
E	Estructura compacta de datos.	Fácil combinación con datos de percepción remota.
N	Se puede escribir la topología con una red de enlaces.	Análisis espaciales más fáciles.
T	Grificación exacta.	Fácil simulación por que cada unidad espacial tiene el mismo tamaño y forma.
A	Es posible recuperar, actualizar y generalizar gráficos y atributos.	Tecnología barata con fuerte desarrollo.
S		
	Vectorial	Raster
D	Estructuras complejas de datos.	Volúmenes de datos gráficos.
S	Dificultad para combinar sobrepuestos.	Se pueden perder las estructuras fenomenológicas reconocibles al utilizar grandes celdas.
V	Difficil simulación.	Mapas toscos menos bellos.
E	Costoso despliegue y ploteo para alta calidad.	Difficil establecer red de enlaces.
N	Costosa tecnología (paquete y equipos sofisticados).	Gran consumo de tiempo en la transformación de proyecciones a no ser que se utilicen algoritmos o equipos especiales.
T	Imposible realizar análisis espaciales y filtraje dentro de los polígonos.	
A		
J		
A		
S		



SE ENSEÑARÁN LOS EFECTOS EN VECTOR Y RASTER RASTER

vectores de mejor ajuste. En ocasiones esto puede conducir a uniones erradas de puntos y a un excesivo número de vectores cortos.

En la actualidad se están desarrollando métodos más elegantes y eficientes para integrar las estructuras raster y vectoriales. Un verdadero Sistema de Información Geográfica integrado implica una estructura jerárquica de datos basados en un sistema ramificado, combina las características comunes de los dos tipos de datos, generando la posibilidad de tener una resolución variable, una estructura compacta de datos y una gran flexibilidad en el análisis de datos.

Los sistemas ramificados han recibido recientemente considerable atención en la estructura de datos para el SIG. El sistema en mención representa datos espaciales en dos dimensiones de tal manera que aprovecha la coherencia espacial del fenómeno bajo representación. Un cuadrado que abarca una región de interés se divide en cuatro cuadrantes, que a su vez se subdividen hasta que quedan uniformes respecto al fenómeno. Esta descomposición se representa convenientemente por una raíz de árbol de profundidad  $n$  (la resolución del parámetro).

Se espera que con el uso de datos vectorial y raster, como componentes complementarios de un Sistema de Información Geográfica, se genere una alta resolución y se aumenten las estructuras compactas de datos y el poder de análisis de información.

d) Métodos de análisis de información.- El problema general de análisis de información se establece como sigue:

- El usuario tiene una pregunta.
- La base de datos posee información que puede ayudar al usuario .
- El enlace entre la base de datos y el producto de salida da la respuesta.

El enlace en cualquier función que se puede utilizar para convertir datos de uno o más mapas de entrada en un mapa de salida.

Se podría decir que la diferencia básica entre los paquetes SIG y CAC (Cartografía Asistida por Computadora) o Sistemas de Procesamiento de imágenes, es la manipulación y capacidad de análisis de datos.

Es un poco difícil describir todas las diversas posibilidades que puede ofrecer un sistema de análisis de datos. En resumen, puede operar sobre aspectos espaciales de datos geográficos, atributos no espaciales de estos datos, o combinando los dos.

La estructura topológica de datos se refiere a la localización de objetos, en relación con los demás, dentro de una estructura relacional no métrica. Las relaciones de proximidad, conectividad y contenido se utilizan con frecuencia para:

- Análisis de Redes: La vía más corta, acceso de emergencia, etc.
- Análisis de Velocidad: Continuidad de unidades adyacentes, determinación de puntos según distancia, funciones de una superficie continua (pendientes, perfiles, etc.).

Las siguientes son algunas de las operaciones básicas que pueden apoyar una estructura de datos:

- Combinar objetos: Significa en sentido restringido borrar líneas y combinar identificadores de polígonos.
- Dividir objetos: Crear varios objetos a partir de un original.
- Proceso de sobreposición: creación de nuevos polígonos existentes. Hay, ciertamente muchas operaciones para modificar la sobreposición.

El subsistema de salida permite representar la información obtenida a partir del análisis, en forma de nuevos mapas e imágenes, cuadros o informes. Los productos pueden desplegarse en la pantalla, o bien imprimirse según las necesidades.

La salida de datos (output) y presentación se interesa en la forma en que los datos son desplegados en la pantalla y los resultados de análisis son reportados a los usuarios. Los datos pueden presentarse como mapas, tablas y figuras (gráficas y cuadros) en una variedad de formas, que van desde la imagen efímera en un tubo de rayo catódico (CRT) a una salida de datos de copia dura dibujada en una pantalla o gráfica para información gravada en medio magnético en forma digital.

En resumen la salida de datos es conveniente que el usuario la analice, y que se seleccione el más adecuado paquete y equipo. Hay varias formas de salida.

a) Diferentes formas de salidas

Existen diversas formas de presentar los resultados:

- Documentos impresos, tales como mapas, gráficos o cuadros.
- Salidas compatibles de computadora, cintas magnéticas, diskettes o transmisión electrónica de datos sobre sistemas de comunicación, líneas telefónicas o enlaces de radio.

b) Instrumentos de salida

La información debe presentarse al usuario por medio de los siguientes instrumentos o equipos:

- Impresores o Ploteadores: Producen imágenes copias sobre papel, plástico, material fotográfico, etc. Pueden operar en modo vectorial, tipo caligráfico, o en modo raster, tipo matricial, independientemente de la estructura de la base de datos.

- Unidades de Despliegue Visual (VDU) y Terminales Gráficas: producen despliegues momentáneos. Las pantallas vienen en dos formas, tubos de almacenamiento (alta resolución) y tipos "refresh" (tecnología de televisión).

APLICACIONES.- Ahora más que nunca, la información sobre el suelo tienen numerosas aplicaciones. Métodos y técnicas nuevas han permitido poner al día muy rápidamente la información sobre el suelo, lo que ha estimulado la búsqueda de aplicaciones y útiles, siendo algunas de las importantes:

- Fiscalidad. Dado que las parcelas del suelo son fijas y visibles, son consideradas soportes fiscales aptos. Existen los sistemas de recaudación de impuestos territoriales desde la antigüedad. Tradicionalmente dichos sistemas se basan en cartografía.

- Títulos de Propiedad del Suelo. La mayoría de los países tienen un sistema catastral para proteger los derechos de propiedad y controlar el mercado del suelo. La información sobre el suelo, y particularmente la información geográfica evidentemente es esencial en este ámbito.

- Planificación. La utilización de información sobre suelo en la planificación ha sido particularmente impulsada por los recientes progresos en cartografía.

- Viviendas. La información sobre suelo es necesaria para la renovación, construcción e inspección de viviendas.

- El Medio Ambiente. La mayoría de los países desarrollados ha emprendido programas de cartografía ambiental para mejorar la calidad del agua, reducir el ruido y eliminar la contaminación del suelo y del aire.

- Gestión del Agua. La construcción de canales, diques y presas requieren información geográfica relativas al suelo.

- Control del Tráfico. Con aplicaciones evidentes en áreas tales como la construcción de carreteras y la investigación sobre tráfico y transportes.

- Mantenimiento y Gestión. En las zonas muy pobladas existen tantos oleoductos, cables de transmisión, carreteras y edificios, que su mantenimiento y gestión resultarían imposibles sin una exacta y actualizada información geográfica relativa al suelo.

- Defensa. Gran parte de la investigación sobre los sistemas de información geográfica relativa al suelo se ha originado con fines militares.

- Desarrollo. El desarrollo de los recursos naturales, la planificación del desarrollo regional y la gestión para el desarrollo urbano y rural dependen de la información geográfica relativa al suelo.

En resumen las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica se pueden distinguir tres líneas:

a.- Sistemas catastrales, con énfasis en asuntos Administrativos y desde ahora con una necesidad para sistemas de bases de datos, y una necesidad limitada para gráficos para computadora.

b.- Ayudas de dibujo por computadora con propósitos cartográficos con énfasis en trazos y representación vectorial, un limitado grupo de tablas de atributos pueden ser ligados con los elementos dibujados.

c.- Sistemas basados en redes para manejo de recursos. Cada celda contiene un número de atributos o los relaciona con tablas de atributos.

En cada uno de estos campos una cantidad considerable de programas ha sido desarrollada con amplia variedad de especificaciones

para un buen desarrollo de la planificación, organización, etc. para la toma de decisiones en los diferentes proyectos realizados por los organismos privados y de gobierno.

#### NUEVAS TENDENCIAS EN LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA.-

Hasta no hace mucho tiempo, la mayoría de los sistemas de información geográfica se establecían para aplicaciones locales o para trabajos en una área de proyecto limitada. Ahora existen fuertes indicadores de que muchos usuarios particularmente las principales dependencias de gobierno, están siguiendo el trazo de asistencia computarizada, particularmente para establecer sistemas comprensibles en el campo.

Los más recientes enfoques en la investigación del procesamiento de información geográfica sugieren la necesidad de buscar maneras más adecuadas para describir los caprichos del mundo, y nuevos métodos para tratar la imprecisión de los juicios que forman parte integrante del pensamiento humano.

Estos enfoques o rumbos también invitan a analizar seriamente las nuevas ideas derivadas de una lógica confusa y de métodos de inteligencia artificial, para así hacer frente a los problemas técnicos, resultantes de nuestras limitaciones conceptuales de hoy día.

#### CAPITULO IV

#### - SOFTWARE PARA LOS S. I. G. -

El desarrollo científico y tecnológico a permitido evolucionar de una manera rápida los diferentes campos de las ciencias. El uso de la computación ha llevado a procesos más rápidos y correctos para el desarrollo en estos campos a la vez que ha permitido conocer más a detalle ciertos fenómenos que en años anteriores nos llevaría mucho tiempo y dinero.

En forma paralela los softwares han permitido un contacto más amplio con los usuarios ya que la mayoría se diseñan con el fin de que se vuelvan lo más interactivo posible. Sobre los software que se refieren a los sistemas de información geográfica se indicaron los que participan en los ejemplos mencionados para conocer la funcionalidad de los mismos, sus alcances y sus diversas aplicaciones (mencionando sólo las características fundamentales de los mismos). A la vez se harán referencia de algunos otros como información; ya que en México los sistemas de información geográfica empiezan a ser conocidos, siendo por esto poco conocidos y en forma específica en una de las muchas aplicaciones.

El sistema de información utilizado, tanto para el procesamiento de imágenes como para el manejo de información no espectral se denomina ILWIS. Este sistema presenta una configuración simple y se diseño para operar en computadoras personales. Consta de un

modelo de procesamiento de imágenes de satélite y de sistemas de manejo de bancos de datos vectoriales, en celdas y tabulares.

El subsistema de análisis se compone, básicamente de un calculador de mapas y un calculador de cuadros. Este modulo permite formular modelos que emplean el conocimiento expresado en mapas en cuadros. ILWIS se constituye de los módulos siguientes:

1) Modulo de Utilerias.

a) General

- Crear encabezado de archivo.
- Leer el encabezado de archivo.

b) aplicación por pantalla.

- Trabajar por pantalla.

c) Operación del software.

d) Georreferenciación de mapas e imágenes.

e) Modificación de color.

f) Anotación (interactiva de símbolos y textos).

2) Modulo de información geográfica.

a) Digitalización.

b) Poligonización.

c) Conversión de vector a raster.

d) Operaciones raster.

3) Modulo interno de base de datos e interfase.

4) Modulo de sensores remotos.

a) Programas de representación.

b) Programas clasificados.

c) Programas estadísticos.

d) Programas de corrección geométricas.

e) Programa de imagen aritmética.

5) Modulo de elaboración de copias de maduro.

a) Programa de copias de maduro.

Los equipos que se utilizan están mencionados a lo largo de esta investigación.

#### SOFTWARE ARC-INFO:

Es un paquete de programas de computadora desarrollado por el Instituto de Investigaciones de Sistemas Ambientales (E.S.R.I., Environmental Systems Research Institute).

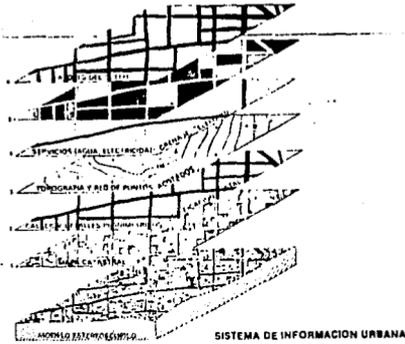
Cuenta actualmente con más de diez mil instituciones usuarias en todo el mundo tanto al nivel de computadoras personales AT, (o 386, 486) como a nivel de estaciones de trabajo UNIX o máquinas centrales de proceso.

En México ha sido seleccionado por diversas instituciones entre ellas:

- Dirección de Geografía de INEGI para el establecimiento del Sistema Nacional de Cartografía Topográfica Digital.
- Municipio de León Gto. para el establecimiento del Sistema Cartográfico Catastral Municipal.
- Cervecería Cuauhtémoc para análisis de rutas.
- Universidad de Chapingo.
- Universidad Nacional Autónoma de México.
- Centro Científico I.B.M. para Latinoamérica. Etc.

#### Algunas aplicaciones:

- a) Planeación Urbana y Regional.
- b) Sistemas Catastrales Urbanos y Rurales.



### Estructura de poligonos y Asignación de atributos

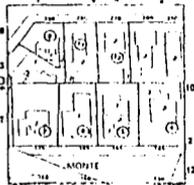
Archivo spaguelli

Generación Automática de Topología

Generación Automática de Archivos RDBMS



Mapa Base



Mapa Digital

ID No	Área	Perímetro
4		
7		
9		
11		
12		

### Unión espacial y relacional de Atributos

ID No	Propietario	No de Parcela
4		
7		
9		
11		

ID No	No de Parcela	Fecha de Venta	Valor
4			
7			
9			
11			

ARC/INFO: UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA DE DIVERSAS APLICACIONES EN MEXICO.

NOMBRE DEL SISTEMA	HARDWARE	ALMACENAJE GEOMÉTRICO	ALMACENAJE DE ATRIBUTOS
ARC/INFO	VAX. PRIME 1sm. Dg	vector	relacional
DELIAMAP	HP. SUN	vector	relacional
INFOMAP	VAX	vector	relacional
INTEGRAPH	VAX	vector	red
MAPS	VAX. PRIME	vector	relacional
SICAD	SIEMENS	vector	relacional
GEOBASED	VAX	vector	relacional
SYSTEM 600	VAX	vector	relacional

SYSTEMS DE INFORMACION GEOGRAFICA EN MICROSISTEMAS DE COMPUTACION.

NOMBRE DEL SISTEMA	HARDWARE	ALMACENAJE GEOMETRICO	ALMACENAJE DE ATRIBUTOS
ARC/INFO IBM	PC/AT SYSTEM 2	vector	relacional
INFORMAP II	IBM/AT	vector	relacional
ERDAS	IBM/AT	raster	
ILWIS	IBM/AT	raster vector	relacional
PAMAP	IBM/AT	raster	relacional
IDRISI	IBM/AT	raster	

## SISTEMAS DE INFORMACION EN COMPUTADORAS PERSONALES

c) Diseño y Operación de Redes de Servicio: agua potable, drenaje, pavimento, teléfono, etc.

d) Sistemas de Transportes.

e) Inventario de Recursos.

f) Protección Ecológica.

g) Usos de Suelo.

h) Análisis de Mercados.

i) Determinación de Redes de Distribución.

j) Programas de Previsión y Control de Emergencias.

Otros software como:

PAMAP, Terra Pak, SPANS, INTERGRAPH, etc.

En México varias instituciones y organizaciones empiezan a utilizar los sistemas de información para sus estudios, investigaciones, abarcando varias áreas, tanto en el científico como en el tecnológico. En lo que se refiere a la ingeniería topográfica y geodésica nos da una perspectiva para proyectarnos profesionalmente en este nuevo campo, a la vez que nos permitirá intervenir desde la captura de datos en campo hasta la interpretación y decisión en un proyecto de educación, investigación e inclusive operativo.

## CAPITULO V

### - APLICACION DE LOS S. I. G. -

Dentro de las diversas aplicaciones de los sistemas de información geográfica tanto en las organizaciones privadas y gubernamentales se han podido generar una diversidad de proyectos con el fin de analizar y planear las diversas alternativas con el criterio adecuado para tomar una decisión correcta, la administración de estos recursos es una de las medidas más adecuadas para la organización, planeación, programación y control; estos son puntos fundamentales en el desarrollo de un país.

En este caso se presentan ejemplos que pueden dar una idea de como se manejan una serie de datos desde su captura, proceso y resultado de los mismos. En el ejemplo No.1 se muestra la elaboración del proyecto de una carretera, para determinar de las rutas preliminares la más adecuada y la de menor costo de construcción. En el No. 2 se mostrará la importancia del Catastro que debe tener en sociedades como la nuestra para un mejor desarrollo y administración en este campo. También se hará referencia de la elaboración de una "Carta de Control de Erosión" elaborada por organismos mexicanos.

PRINCIPIOS DEL USO DEL SIG: BASE DE DATOS EN LA PLANEACION DE CARRETERAS.- Los datos geotécnicos que se requieren en los proyectos de planeación de carreteras son variables y generalmente muy numerosos. Incluyen datos sobre la localización de los bancos de préstamo de material, propiedades geotécnicas del suelo y material rocoso, las

condiciones del agua subterránea y los parámetros de diseño de la carretera. El acceso al manejo de tan numerosa cantidad de datos para seleccionar los alineamientos económicamente más atractivos, se basa generalmente en un proceso manual de datos y mapas importantes. En este proceso se lleva tiempo.

Los procedimientos gráficos se han usado para determinar los lugares óptimos para la alineación de carreteras, donde se consideran varios factores. Los problemas asociados con este procedimiento incluyen un ritmo lento de procedimientos de trazo, originado por el proyecto lento de las tonalidades de escala gris que se requieren, y las dificultades en la supervisión de las tonalidades y en la prueba del influjo de cada factor en la selección de rutas preliminares.

Para lograr un uso eficiente de cantidades muy grandes de datos sobre proyectos de carreteras, se necesita una base de datos potente; capaz de manejar datos rápida y eficazmente desde todas las fuentes importantes, de transformar estos datos, recuperar y manejar los datos para análisis y así generar una salida de datos que puede usarse en un proceso de decisión.

CONCEPTO DE LA APLICACION DE SIG EN LA PLANEACION DE CARRETERAS.- El uso del sistema de información geográfica (SIG) para el análisis de datos y mapas ha probado ser efectivo para preparar datos básicos para tomar una decisión en los proyectos de carreteras. El concepto de uso de SIG para la planeación y control de la tierra ha surgido del proceso tradicional de mapas.

Por ejemplo, el concepto convencional del proceso de mapas en la planeación de autopistas se asentaba en la valoración de un número de mapas base, que describía los factores de localización de rutas

importantes; tales como dar capacidad de suelo subgradado, pendientes razonables, ubicación de materiales granulares adecuados y número de cortes y terraplenes. Estos datos espaciales pueden ser costosos y transformarse en capas transparentes. Por superposición de las capas se crea una capa compuesta para que los diferentes fenómenos ocurran en yuxtaposición.

Estos procedimientos son ahora sustituidos con SIG. SIG es un modelo de realidad que no es simplemente una herramienta para dibujar mapas, sino también un método para representar aspectos complejos de la realidad. El SIG basado en la computación puede ofrecer un medio eficiente para la aplicación de modelos, que describan los elementos físicos del terreno para la prueba de selección de rutas.

El procesamiento de datos en computación se hace a través de técnicas digitales, que comprenden la entrada de datos, almacenaje, manejo de recuperación, análisis y despliegue de los elementos de datos. La base de la gran parte de los procesos de computación de datos espaciales pueden verse, entonces, en la creación de archivos de datos digitales consistentes, que han sido desarrollados por la digitación de mapas; como el mapa de las unidades de clasificación de la tierra y la entrada de datos que describe las características del terreno directamente en forma digital.

La información acerca de varios parámetros de terreno que influyen en el costo de la construcción de carreteras está codificada y almacenada en la base de datos. Los datos pueden entonces salvarse y analizarse para generar los factores de costo de la construcción de carreteras. Los factores de costo se pueden usar para seleccionar la

ruta menos costosa, a través de la aplicación de un algoritmo de selección de ruta.

El procesamiento de datos en computación se hace a través de técnicas digitales, que comprenden la entrada de datos, almacenaje, manejo de recuperación, análisis y despliegue de los elementos de datos. La base de la gran parte de los procesos de computación de datos espaciales pueden verse, entonces en la creación de archivos de datos digitales consistentes, que han sido desarrollados por la digitación de mapas; como el mapa de las unidades de clasificación de la tierra y la entrada de datos que describe las características del terreno directamente en forma digital.

La información acerca de varios parámetros de terreno que influyen en el costo de la construcción de carreteras está codificada y almacenada en la base de datos. Los datos pueden entonces salvarse y analizarse para generar los factores de costo de la construcción de carreteras. Los factores de costo se pueden usar para seleccionar la ruta menos costosa, a través de la aplicación de un algoritmo de selección de ruta.

CONSIDERACIONES DEL SISTEMA PARA EL MANEJO DE DATOS EN EL ANALISIS DE DATOS.- Los paquetes software de SIG se han diseñado para varias aplicaciones. Sin embargo, para la selección de rutas de autopistas en la base de características geotécnicas del terreno, los paquetes de software no están todavía disponibles. No obstante, la mayoría de los paquetes comunes de SIG tienen todas las funciones necesarias que pueden manejar todos los aspectos del procesamiento de datos en el análisis de costo de autopistas.

SOFTWARE.- Los software utilizados para el análisis y manejo de datos geotécnicos son:

- ILWIS
- ORACLE

ILWIS (Sistema de Información del manejo de la tierra y la líneas integradas) es un sistema de trazo SIG basado en computadoras personales (desarrollado por ITC) que tiene la habilidad de manejar archivos de mapas de red. Como muchos de los software comunes de SIG, ILWIS tiene la capacidad para hacer un modelo cartográfico de los datos espaciales, tanto de las características como de las gráficas de la base de datos.

Está equipado también con un programa de cálculo de tablas que se puede usar para llevar a cabo operaciones matemáticas y estadísticas, como el análisis de regresión, funciones polinomiales y trigonométricas. Otras funciones generales de SIG que se usaron en este estudio, que se encuentran también en ILWIS, incluyen:

- Transformación Geométrica.
- Revestimiento del Mapa.
- Reclasificación del Mapa.
- Análisis de Proximidad.
- Análisis Óptimo de una ruta.

ORACLE es un sistema de manejo de base de datos de relación (desarrollado por la Corporación Oracle) que da facilidades para realizar diversas operaciones que se requieren comunmente en el manejo de características de la base de datos tales como, almacenamiento de datos, recuperación, actualización y análisis. ORACLE está eficazmente ligado a ILWIS para que ambos operen en el mismo hardware.

Fundamentalmente, ILWIS se usa para crear archivos de datos digitales al teclear los límites de las unidades de la tierra clasificadas y capturar datos de los manejos de base de datos de relación, como para evaluar el influjo de los factores de localización independiente en los costos de la construcción de la autopista.

**HARDWARE.-** La tendencia en el desarrollo de las configuraciones para SIG ha alcanzado una representación del tiempo real, al grado de que muchos problemas pueden resolverse sin demasiada dificultad. La tendencia fue acelerada recientemente como resultado de la manufactura de poderosos microprocesadores. De esta manera, los cómputos complejos en SIG se hicieron económicamente efectivos para los usuarios.

La configuración básica del hardware de ILWIS usada en este estudio consiste en una microcomputadora 8086 IBM AT (o compatible) con una memoria de acceso al azar (RAM) de 640 Kbytes y coprocesador matemático. Un drive de disco de alta densidad (1.2 Mbytes) y un disco duro de 28 Mbytes (o un mínimo de 20 Mbytes). Este sistema se conecta a un monitor de despliegue de alta resolución como una pantalla de color 960 GP, una serie de teclado Calcomp 9100 o 2000 con cuatro teclas de cursor (o compatible), una impresora y un maquinador de color Tektronix (o compatible).

**SISTEMA DE APLICACION DE BASE DE DATOS EN IMAGENES Y BASES DE DATOS DE CARACTERISTICAS.-** La base de datos de SIG tiene dos componentes:

- 1) el componente de características geométricas o espaciales y
- 2) el componente de características o no geométricas. El componente espacial incluye todas las coordenadas e informaciones gráficas o de

imagen; mientras que el componente de características contiene la información descriptiva y la información sobre la topología de los datos geográficos. La operación de un SIG moderno como ILWIS se estructura de tal forma que puede aceptar entradas de una variedad de fuentes y combinarlas sobre una base geográfica normal, integrando con eficacia tanto la base de datos geográfica como la de características. De esta manera, se puede lograr un control centralizado y un esparcimiento de datos operacionales.

BASE DE DATOS DE IMAGEN.- Una base de datos de imagen se usó en este estudio para connotar toda la información gráfica acerca de las relaciones espaciales en el terreno.

ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS DE IMAGEN.- La estructura de la base de datos de imagen se puede clasificar en tres tipos básicos de elementos gráficos: punto, línea y polígono o líneas de área cerrada. La posición de un punto puede estar definida únicamente por un par de coordenadas en un sistema bidimensional. Una línea se define por una serie de puntos, mientras que un polígono se describe como cadenas cerradas de segmentos lineales.

Las características del terreno se transforman primero en datos vectoriales al determinar las coordenadas de nudos y pivotes x,y que conectan los segmentos lineales que marcan el límite de la unidad de trazo. Entonces los datos vectoriales se pueden convertir en datos de mapas de red.

De esta manera, las características se presentan y se almacenan en una matriz de celdas o elementos "pixel". Cada celda o "pixel" tiene un tamaño cuadrado uniforme y constituye el menor elemento de la imagen que puede desplegarse en la pantalla. La localización de

almacenaje de cada celda determina únicamente su posición en el terreno, que puede estar representada por un número de código o por un índice posicional identificado por línea y número de columna. La totalidad del terreno que se quiere representar está cubierto completamente con códigos de celdas o números "píxeles", que se relacionan con las unidades de tierra clasificada. Las características estructurales de los formatos de datos vectoriales o de red han estado bien documentados.

CREACION DE LA BASE DE DATOS DE IMAGEN.- En este estudio el terreno ha sido clasificado por interpretación visual por imágenes de sensor a distancia y fotografías aéreas. El mapa base de clasificación de tierra geotécnica que resulta se monta en el teclado. El mapa de base se relaciona con tres puntos de control al utilizar las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) de localizaciones específicas en el campo. Los puntos se teclean y las coordenadas UTM de cada punto se registran.

Las coordenadas x,y en intervalos regulares o puntos de pivote a lo largo de la línea que se va a digitalizar, se registran manualmente posicionando la intersección de las líneas de cruce (cross-hair) en el cursor sobre el punto y oprimiendo la tecla de registro.

Los polígonos de las unidades trazadas de terreno entonces convertidas se almacenan como un mapa de red. En forma similar los mapas de la red de carreteras existentes, red de drenaje, área del uso común de la tierra y localizaciones de poblaciones se teclean y se almacenan como los datos vectoriales y de red. Otros mapas que se generan de la combinación del mapa base y las características del terreno se almacenan también como los datos de red.

Los datos importantes en un esquema de uso de la tierra, en la distribución de la población, recreación, conservación y otros factores de localización de la ruta rentable no fueron considerados en este estudio, pero pueden entrar en la base de datos tan pronto como estén disponibles los datos de estos aspectos.

Algunas de las bases de datos de imagen se pueden obtener mediante un procesamiento de imagen digital. La mayoría de los SIG, incluyendo ILWIS, se han estructurado para integrar las técnicas de procesamiento de imagen con el manejo de datos.

**BASE DE DATOS DE ATRIBUTOS.-** Una base de datos de atributos es una colección de registros computarizados que describen los rasgos característicos del terreno. Un registro muestra el grupo de datos que puede manejarse en la misma forma dentro de la base de datos. Una base de datos de atributos puede contener tanto datos numéricos como alfanuméricos, todos los cuales están asociados con las entidades gráficas. Un aspecto importante de la base de datos de atributos es la relación entre las características.

**MODELO DE DATOS RELACIONALES PARA EL MANEJO DE DATOS DEL TERRENO.-** Existen tres modelos principales de datos que pueden usarse para organizar o manejar los datos del terreno y mantener la relación entre las características. Los tres modelos de datos son el de Red, Jerárquico y de Relación.

Es evidente que el modelo de base de datos de relación tiene muchos de los rasgos que se describen en SIG. El modelo es conceptualmente simple, incluye almacenamiento de datos y operaciones elementales en tablas. Este permite también relaciones flexibles y deductivas entre entidades sin trastornos importantes en los datos

existentes. Los estudios han mostrado también que el manejo de preguntas complejas puede facilitarse a través de la simplicidad conceptual del modelo de datos relacionales y que la estructura de un modelo de base de datos relacional puede adaptarse a muchas aplicaciones diferentes.

Dichas características del modelo de base de datos relacional son de gran importancia en este estudio, particularmente, para la organización y manejo de las bases de datos geotécnicas y para análisis de costo de autopistas. Estas hacen posible la escritura de preguntas complejas que se usan para examinar las bases de datos para determinar si se satisfacen las condiciones para la construcción de carreteras. Por esta razón, se seleccionó para éste estudio un modelo de base de datos relacional.

CREACION DE LA BASE DE DATOS DE ATRIBUTOS.- Las bases de datos de atributos se crean por almacenar de características básicas de terreno en forma relacionales normalizadas, por el uso de funciones operacionales generales y preguntas de ORACLE. Existen ciertas reglas que se observan durante la entrada de datos en la base de datos para asegurar una base de datos relacional normalizada. Tales reglas incluyen la no duplicación de filas o hileras y la no inclusión de valores múltiples en cada intersección hilera-columna.

La entrada de datos se almacena en archivos de la computadora en forma de tablas bidimensionales con registros específicos o datos en cada archivo, mismos que forman el sistema de base de datos. Cada archivo tiene una etiqueta que señala una característica del terreno en particular; por ejemplo la complejidad del suelo. El archivo contiene un número de entradas colocadas en la columna y constituye el dominio fundamental de las columnas. Cada hilera de la tabla corresponde a un

elemento o registro de la relación. Generalmente hay una columna conocida como la clave principal con valores que identifican únicamente las entradas en la tabla. Por ejemplo, el sistema de clasificación de tierra geotécnica adaptado en el presente estudio es la "unidad de trazo de tierra". El número de unidad de trazo de tierra clasificado se usa con frecuencia como la clave principal en la base de datos creada.

Un lenguaje de cuestionamiento usado en varias implementaciones de bases de datos relacionales, incluyendo este estudio, es SQL (Lenguaje de cuestionamiento estructurado). Las particularidades sobre los procedimientos usados para crear bases de datos de atributos se dan como sigue:

a. Crea un interfase del usuario amistoso (UFI), el nombre de un programa interactivo que acepte los comandos de SQL. Esta hace posible la creación de una tabla, el aumento de registros en la tabla y la actualización de los datos en la misma.

b. Las etiquetas, el número de caracteres y los tamaños de las columnas de datos que pueden entrar están determinados para ajustarse al tipo de datos que serán analizados. Los datos se insertan en una hilera tras otra. De forma similar se pueden actualizar o cancelar los datos. Si se usa el signo "crear" de SQL, sólo puede insertarse un registro en la base de datos a la vez. Este procedimiento se lleva mucho tiempo, particularmente con la entrada de grandes cantidades de datos.

c. Un procedimiento alternativo y más rápido para la entrada de datos es el uso de IAG/IAP (generador de aplicación interactiva/procesador de aplicación interactiva). Pueden añadirse datos a la tabla y actualizarla cuando sea necesario.

d. La obtención de datos del manejo de la base de datos relacionales puede unirse a ILWIS y viceversa, si se usan los principales lenguajes y programas de signos; como el cargador de base de datos "Spool" y ORACLE (ODL).

e. Las bases de datos o tablas de características que se crean aparecen en la figura y en las siguientes notas aclaratorias:

- UNIDAD DE TRAZO: Consiste en números de código de una unidad de trazo de tierra clasificada (LSMU) y nombres de unidades de trazo.

- NUMERO DE VALLE: Contiene un número de código de LSMU, número total de cruce de cordilleras y valles y resguardo interno de todas las unidades de trazo en las direcciones de N-S, NE-SW, E-W, SE-NW.

- TOPOGRAFIA: Está compuesta por un número de código de LSMU y de las desviaciones promedio o estandar del número de cruces de cordilleras y valles, resguardos internos máximos y mínimos para cada unidad de trazo que deriva de NUMERO DE VALLE. La topografía es uno de los primeros elementos que se consideran en los modelos de costo de la construcción de autopistas.

- COMPLEJIDAD DEL SUELO: Se compone de un número de código de LSMU, tipos de suelo, porcentajes de tipo de suelo en el complejo y porcentajes de superficie del suelo, densidad de los suelos y la presencia y densidad del extracto.

- COMPLEJIDAD LITOLÓGICA: Comprende un número de LSMU, tipos de litología, porcentaje de composición de extractos y porcentaje de áreas de afloramiento rocoso.

- PROPIEDADES DEL SUELO: Las propiedades geotécnicas se derivan de los tipos de suelo, como CBR, límite líquido, índices de plasticidad y tamaños de vetas de los suelos.

UNIDAD DE TRAZO		NUMERO DE VALLES		COMPLEJIDAD DEL SUELO		COMPLEJIDAD LITOLOGICA	
Ismu no.	24	Ismu no.	24	Ismu no.	24	Ismu no.	24
Hom. Unidad	24	v. c: N-S	24	Tipo de Suelo	11	Tipo de Roca	11
		v. c: NE-SW	24	Cod. Extracto	7	Cod. Extracto	8
		v. c: E-W	24	% Sup. Suelo	100	% Afloramiento Rocoso	100
		v. c: SE-NW	24	Den. Suelo	0-5m		
		Relieve Interno	0-160	Tipo de Ext.	3		
				Prof. de Ext	0-3		
				Den. de Extrac <sub>(m)</sub>	0-3		
		Ismu no.	24	Tipo de Suelo	11	Tipo de Roca	11
		v. c: N-S	24	CER (%)	0-200	Dureza Material rocoso	7 clases
		v. c: NE-SW	24	LL (%)	0-100	Indices de Espaciamiento	7 clases
		v. c: E-W	24	PI (%)	0-30		
		v. c: SE-NW	24	LS (%)	0-20		
		Relieve Interno	0-160	Tamaño de Veta del Suelo %	0-100		

RELACION DE PRIMER ORDEN.

RELACION DE SEGUNDO ORDEN DE LA BASE DE DATOS.

ILUSTRACION DIAGRAMATICA DE LA ORGANIZACION DE LA BASE DE DATOS.

- PROPIEDADES LITOLÓGICAS: Las propiedades geotécnicas se derivan del tipo litológico, como la dureza del material rocoso y uno de los índices de espaciamento.

ESTRUCTURA DE LAS RELACIONES EN LA BASE DE DATOS DE ATRIBUTOS.- Las relaciones dentro de una base de datos de atributos se ilustran en la figura. Se muestran dos tipos de relaciones:

1) Relación de primer orden:

La unidad de trazo del sistema de tierra se relaciona con todos los parámetros de terreno primario como el número de valles, las complejidades del suelo y litológicas en una base pluridimensional. La clave principal de la relación es el número de código del LSMU.

2) Relaciones de segundo orden:

Los parámetros del terreno primario del suelo y la complejidad litológica se relacionan con las propiedades geotécnicas de varios tipos de suelo y rocas en una base unidimensional y bases de datos de segundo orden. Las propiedades no están directamente relacionadas al terreno de LSMU. La relación está conectada a claves secundarias que comprenden el suelo y los tipos litológicos.

MANEJO Y ANALISIS DE IMAGEN Y BASES DE DATOS DE ATRIBUTOS.- Una de las características más importantes de gran parte de los SIG, como el ILWIS, es su capacidad de representación cartográfica de datos espaciales tanto en la base de datos de atributos como en la de imagen. El revestimiento de los mapas y los análisis de proximidad y reclasificación son algunos de los manejos importantes de la representación cartográfica, particularmente en el análisis de factores de costo de autopistas.

La reclasificación y revestimiento de mapas, por ejemplo, dependen de las expresiones matemáticas, archivos de datos tabulares y funciones desplegadas que promueven un análisis rápido de datos interactivos, implementados por las operaciones de red del cálculo de mapas (MAPCALC). Las operaciones se llevan a cabo por medio de una fórmula apropiada de cálculo de mapas.

Un resumen de los procedimientos importantes que expliquen las funciones genéricas de SIG, particularmente con la aplicación de ILWIS, en el manejo de bases de datos de atributos y de imagen y los análisis de modelos de costo en este estudio, se muestra en la 1a. Los lineamientos de este análisis se explican en términos de :

- 1.- Impresión de pregunta
- 2.- representación cartográfica de datos espaciales
- 3.- Proximidad de análisis de localización de recursos
- 4.- modelos de simulación de costos de autopistas y análisis de modelos de costo.

Impresión de pregunta.- Los archivos de impresión de pregunta con "UPI" como extensiones de archivo y escritura de preguntas que se usan para verificar las bases de datos de características. El tipo de pregunta se guía por los siguientes:

- a. El propósito de imprimir una pregunta.

Es importante saber el objetivo que se quiere lograr al escribir una pregunta. Los ejemplos de tales objetivos en este estudio incluyen la localización de florecimientos suficientes y adecuados de rocas para agregado de la superficie, localización de material granular suficiente y adecuado para base, cálculos de distancia de los valles, pendiente lateral del valle y altura normal del relleno; todas estas se

usan para determinar los volúmenes de terraplen y para lograr el declive de la carretera deseado. Las determinaciones de la densidad y el volumen del material de la sub-base también son consideradas.

b. Base de regla o regla de decisión.

Las preguntas son guiadas por algunas reglas definidas o procedimientos a través de los cuales se logran los objetivos. Estas reglas o procedimientos deben incluir las especificaciones para el diseño de una carretera o pueden relacionarse con los accidentes del suelo y litología, o a una fórmula matemática o procesos que conducen a una nueva información, se consideran como una regla de base en un SIG. De esta manera, una "base de regla" puede definirse como un mecanismo a través del cual los datos se pueden transformar en información gráfica o mapa o en una nueva agrupación de datos. Los siguientes ejemplos son algunas de las bases de reglas o reglas de decisión que se usan en este estudio para determinar las localizaciones de los materiales de construcción y los volúmenes de sub-base y terraplen para algunas áreas.

1) Si la unidad de trazo contiene granito y basalto y el mínimo porcentaje de área de afloramiento rocoso es de 30%; entonces la unidad es una localización de recurso potencial de roca adecuada para un agregado de superficie de grava, así como una localización de recursos alternativos potenciales tanto para la localización de recursos alternativos potenciales tanto para la base A como de la F de los pavimentos de la carretera base.

2) Si una unidad de trazo contiene suelos o materiales de calidad como A-1, donde  $CBR \geq 65\%$ ,  $encomimiento\ lineal\ (LS) \leq 8\%$ , índice de plasticidad (PI)  $\leq 12\%$ , límite líquido (LL)  $\leq 30\%$  y el suelo es de tipo dominante con un mínimo de grosor de 0.5m, entonces la unidad es una

localización potencial de recursos de material granular para la base F de la carretera base.

3) La unidad de trazo contiene estrato de calidad como laterita con un  $CBR \geq 65\%$ ,  $PI \leq 12$ ,  $LS \leq 8\%$ ,  $LL \leq 30$  y profundidad de accidentes de 1m con un mínimo de grosor de 0.5m, entonces la unidad es una localización potencial de recurso de base laterita para la base F de una carretera base.

4) Si todas las condiciones de 3 se satisfacen excepto la profundidad de accidente del extracto  $> 1m$ , entonces la unidad es una localización potencial de recurso de base laterita para la base F de una carretera base.

5) Si se satisfacen todas las condiciones de 2, 3, 4, excepto la del  $CBR \geq 80\%$ , entonces la unidad es una localización potencial de recursos de material granular y lateritas para la base de una carretera de base A.

6) Si la unidad de base contiene material o suelo donde  $CBR \geq 2\%$  y  $\leq 50\%$  de ondulación, entonces el volumen de la sub-base de la carretera para esa unidad puede determinarse sobre la base de un suelo subaradoado  $CBR$ , particularmente para la base F de una carretera base y el suelo o material puede usarse para los rellenos.

7) Si la unidad de base contiene material o suelo con  $CBR \geq 30\%$ ,  $PI \leq 12$ ,  $LL \leq 30$  y  $\leq 50\%$  de ondulación, entonces la unidad es una localización potencial de recursos de material para sub-base de una carretera de base A.

8) Si la unidad de trazo contiene valores conocidos de relieve interno y poco número de cruces de pendientes y valles para las direcciones N-S, NE-SW, E-W, SE-NW; entonces los volúmenes de terraplen

para esa unidad y para las direcciones específicas se pueden determinar. Este volumen incluirá todos los ajustes que sean relevantes para las compensaciones del terraplen. Se pueden determinar también los costos correspondientes del terraplen.

Los resultados de las preguntas obtenidas por el uso de estas reglas se utilizan para producir nuevas agrupaciones de datos o información de mapas, como los mapas que muestran las ubicaciones de afloramiento rocosos adecuados para el agregado de superficie de grava y material adecuado de base y los mapas de modelos de costo de terraplen para las direcciones examinadas.

Un archivo de preguntas puede incluir muchas dudas que de escriben para resolver un problema en particular. La operación apropiada de ORACLE es incitada para ejecutar la pregunta. Los resultados se muestran en las tablas, indicando el número de código de las unidades de trazo (LSMU) en las que se satisfacen las condiciones descritas en las preguntas.

Representación Cartográfica de Datos Espaciales.- La representación cartográfica se refiere a todas las operaciones que incluyen un análisis de datos espaciales, como la transformación de datos espaciales a mapas y capas de mapas, reclasificación de mapas y superimposición de capas para producir capas compuestas. La representación cartográfica utiliza las operaciones de red de un programa de cálculo de un mapa (MAPCALC), para proporcionar una relación entre los datos tabulares y los mapas de red. De esta manera, el mapa de la base LSMU, por ejemplo, puede reclasificarse para producir una nueva agrupación de datos que pueda formar una entrada para un modelo o a la siguiente etapa del modelo de datos.

Ejemplos comunes de la representación cartográfica utilizando ILWIS se ilustran en el análisis de proximidad para la localizaciones de recursos para materiales de construcción y modelos de simulación de costos de autopistas.

Proximidad al Análisis de Localización de Recursos.- Los siguientes procedimientos se usan sistemáticamente para determinar la proximidad a las localizaciones de construcción de materiales:

a) Translación de los datos tabulares relacionales de ORACLE a la tabla unidimensional de ILWIS.- El costo de construcción de pavimento, por ejemplo, está fuertemente influenciado por la distancia de transporte. Por lo tanto, es deseable saber la distancia a las localizaciones de material de recurso desde los sitios potenciales de construcción. El primer paso para lograr esto es traducir los resultados de la pregunta sobre las localizaciones de material de construcción a los datos tabulares de ILWIS.

b) Impresión de Datos.- Los datos transferidos se imprimen al diferenciar entre las unidades de trazo que son localizaciones de recursos y las unidades que no son localizaciones de recursos. Por ejemplo las unidades de trazo favorables y las unidades desfavorables pueden codificarse como cero y uno respectivamente. El resultado producirá la impresión de los datos tabulares de ILWIS (tomando como extensión de archivo tbl). De forma similar, muchos otros resultados pueden estar ligados a ILWIS, impresos y almacenados como números enteros o reales. Puede determinarse que todos los resultados obtenidos del manejo de ORACLE que se imprimen y se almacenan en la misma tabla dada, que cada columna sea identificada por una etiqueta y que se indique el tipo de datos.

c) Reclasificación de Mapa.- La reclasificación de la base de LSMU o mapa de red al combinar una columna de interés con el mapa de base, usando MAPCAL. La fórmula apropiada de cálculo del mapa puede escribirse para llevar a cabo la operación. La siguiente fórmula por ejemplo, se escribe para generar el mapa de área de Gongola al NE de Nigeria, mostrando las localizaciones de material de base granular:

Gobase:=Gongola.ba(Goterrain)

donde

Gobase= Nuevo mapa a producir que muestra la localización de material de base en el área de prueba de Gongola.

Gongola.ba= Tabla de ILWIS llamada Gongola con una columna de base material (ba).

Goterrain= Mapa de base LSMU (Mapa de red) del área de Gongola.

d) Revestimiento del mapa.- El revestimiento del mapa de material de base granular con el mapa de carretera genera un nuevo mapa que muestra accesibilidad a localizaciones de recurso. Dicho revestimiento de mapa puede llevarse a cabo utilizando una fórmula de cálculo de mapa o por medio de una tabla bidimensional.

e) Generación de Mapa Recurso-Distancia.- la determinación de distancia para localizaciones de recursos de material, usando el programa DISTANCE para generar una distancia que redondee las áreas de recursos. El mapa que se genere es similar a un modelo de selección material y constituye una nueva agrupación de datos para el modelo de costo base o el modelo de costo de superficie bituminosa. los dos modelos de costo forman parte de los modelos de simulación de autopistas.

Así se pueden indicar una serie de aspectos en la utilización de los Sistemas de información Geográfica como la realización de modelos de simulación de costos de autopistas y análisis de costos, para la construcción de una carretera. Todo esto para obtener una adecuada selección y óptima inversión para una vía de comunicación.

#### EJEMPLO DOS.

Uno de los términos de más variado uso y significación dentro del léxico utilizado en las entidades relacionadas con los procesos de elaboración de mapas, es precisamente "Catastro". Hasta hace poco tiempo, hablar de este tema llevaba implícita referencia a la existencia de un predio, a su valor y al nombre de su propietario, mientras que su objetivo era eminentemente fiscal.

En épocas un poco más recientes, la información contenida dentro del proceso catastral empezó a hacer usada para otros fines siendo su siguiente paso el registro legal de la propiedad. Este avance abrió un horizonte considerablemente más amplio y fue así como la información recolectada empezó a utilizarse en actividades relacionadas con los Estudios de Factibilidad, Planeación y en general con todos los aspectos relacionados con la Administración de la Tierra.

La aparición de los procesos y sistemas automáticos hizo posible pensar en el almacenamiento de grandes cantidades de información y con la fácil manipulación de los datos contenidos en ella también se hizo posible la creación de una gran gama de alternativas en el manejo de resultados.

La automatización del proceso catastral combinada con la de los mapas a gran escala, requieren el diseño de un modelo de datos que

integre el proceso desde la adquisición de la información previa, su primer proceso, hasta obtener la información topográfica, luego la adición temática y finalmente los datos puramente catastrales que en conjunto van a definir el "output" deseado.

Todo esto implica un aparentemente complicado sistema de integración de la información y de uniformidad de las fuentes, así como del archivo y del procesamiento de datos, lo que nos lleva a pensar en la creación de un Banco de Datos con fuentes de información Topográfica, Temática y Catastral, cuya organización, diseño, implementación, puesta en marcha y mantenimiento, será competencia de las dependencias directamente relacionadas con el Catastro y sus Aplicaciones.

En este aspecto los Sistemas de Información Geográfica es la herramienta adecuada y óptima para el manejo del Catastro y la Administración de la misma.

Uno de los mayores problemas que hay que afrontar, es el cambio de mentalidad acerca del mapa como una hoja física de papel con toda clase de deformaciones, con sus limitaciones para almacenamiento de datos, escala fija, etc. Es importante que el concepto sea cambiado en aras de la automatización y pensar que el mapa puede ser completamente digital con más información que la dada en el normal papel de copia.

A continuación se mostrará el procedimiento que se lleva a cabo para la automatización de la información geográfica para el Catastro, como los principios del uso de los SIG.

Diseño del modelo de datos.- La fase inicial para el diseño de un modelo de datos podemos indicarlo de la siguiente manera.

1.- Identificación de los usuarios y sus requerimientos para el uso de información geográfica.

Podemos dividirlos en tres grupos:

Grupo 1.- Usuarios que requieren información únicamente topográfica.

Grupo 2.- Usuarios que requieren información Topográfica y Temática.

Grupo 3.- Usuarios que requieren la información anterior más información catastral.

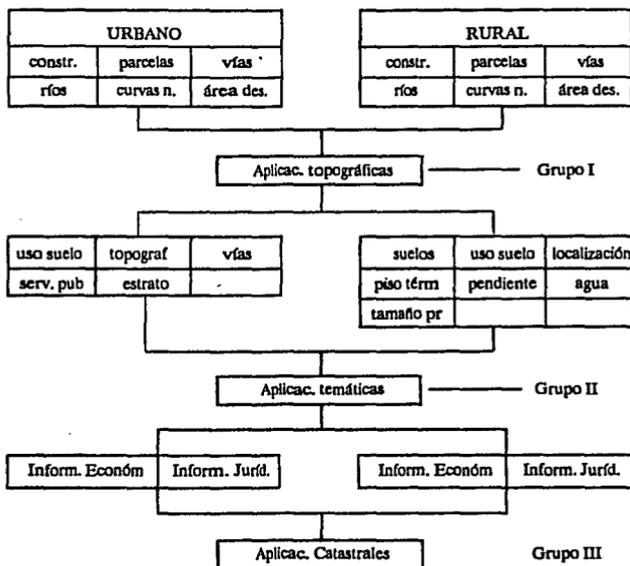
Nota.- Es importante indicar que el segundo está basado en el primero; y el tercero en los dos primeros.

Elementos de Interés en el Terreno.- De acuerdo a la clasificación dada, debemos considerar en consideración que los elementos de interés para las aplicaciones Rurales no son los mismos que para las Urbanas por cuanto habrá aspectos que son muy importantes para el uno mientras que para el otro pueden ser de importancia secundaria. Así, para la zona urbana serán prioritarios, por ejemplo, los edificios y los linderos, mientras que para la parte rural, más importante será la facilidad de aguas o uso del suelo.

Precisión Requerida.- La previsión de los datos estará afectada por diferentes factores que deberán ser considerados en el sistema a diseñarse.

- Geometría/Precisión de Posición.
- Resolución e Identificación de los Elementos de Interés.
- Consideración de Indole Económica.
- Disponibilidad de la Fuente de Datos (Medios para lograrlo- hardware y software- para la obtención de la información, procesamiento y presentación).
- Grado de aceptación de las nuevas técnicas.

Como la precisión final es una consecuencia de las etapas intermedias, y la precisión no puede ser mejor que la del documento



original, es de gran importancia cumplir con las especificaciones técnicas establecidas para tal efecto. Muy importante será también la existencia de un control adecuado en el proceso de digitalización.

Debido a que la información temática no es gráfica, la precisión requerida en ella no es tan alta como la necesaria en la topográfica.

Fuentes de Datos y Métodos de Recopilación de Información.- Existen diversos métodos para la recopilación de datos y consecuentemente hay varias clases de fuentes de información que podríamos agrupar de la siguiente manera:

- a) Digitalización de información gráfica existente.
- b) Digitalización directa en instrumentos de estereo restitución.
- c) Trabajos de campo (geométrico) e información semántica.
- d) Información geográfica o semántica extraída de imágenes de sensores remotos y fotografías aéreas.
- e) Información procedente de datos por correlaciones entre ellos.
- f) Conclusiones obtenidas de relaciones topológicas entre los diferentes elementos.

Clasificación de los Elementos.- Cada uno de los elementos obedece a una clasificación que al momento ya existe creada en IGAC6 y definida dentro del actual proceso de obtención de Zonas Homogéneas. En las gráficas están indicadas respetando el diseño de la IGAC en su metodología vigente.

Descriptorios.- La descripción de cada uno de los elementos requiere la existencia de códigos que permitan la rápida identificación de ellos y además, la asignación correcta de su información que permita por álgebra relacional procesar y obtener el fin propuesto. Los códigos

deberán relacionar la clasificación, tener su identificador (dentro del mismo nivel), más los datos relacionales que se consideren de importancia tales como Longitud, Área, Ancho, Elevación, localización, Nombre, etc. Esta clasificación no está dentro de un marco rígido, sino que puede ser ampliada y modificada de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

**Relaciones entre los Elementos.**- Los datos de posicionamiento, sirven como medio para conectar o relacionar diferentes tipos de información temática, o para relacionar datos obtenidos por diferentes procesos, u obtenidos en diferente épocas del mismo proceso.

Para el caso concreto, se proponen las siguientes conexiones:

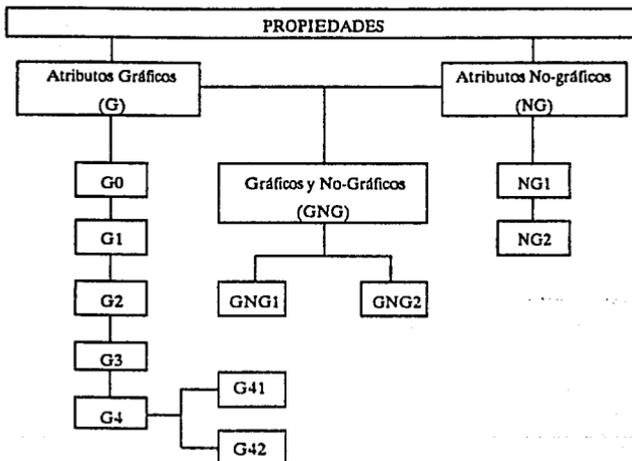
**Estructura de los datos.**- La estructura interna de los datos del sistema que maneja esta información es diferente de la construcción del mundo real como lo ve el usuario común.

Para el caso concreto expuesto, los elementos de interés deben estar directamente disponibles o ser obtenidos de otras fuentes con facilidad (derivados). Por ejemplo, una casa en un mapa a gran escala es un polígono, mientras que en mediana o pequeña escala pueden ser un punto, o aún desaparecer.

Las estructuras derivadas se presentan en las gráficas en las partes correspondientes.

Para los elementos de clases (información temática), la estructura de los datos es un código de la información suministrada pero relacionando el atributo con el área designada a la cual corresponde. En tal circunstancia, la estructura derivada podría ser un polígono, un bloque o una zona.

**"Output".**- Los datos resultantes pueden ser de varias clases:



**G Atributos gráficos:**

- G0 Localización (coordenadas de posición, orientación, geometría)
- G1 Localización dentro de (isla)
- G2 Localización limitando con (vecindad)
- G3 Localización cerca de (posición influenciada por)
- G4 Localización cruzada por (cruces)
- G41 Cruces al mismo nivel
- G42 Cruces a diferente nivel
- NG Asociaciones no-gráficas entre elementos que tienen relaciones funcionales.
- NG1 entre elementos en el mismo nivel de información
- NG2 entre elementos de diferente nivel de información
- GNG Relaciones gráficas y no-gráficas: Descripción de las propiedades geométricas y semánticas
- GNG1 en el mismo nivel
- GNG2 en diferente nivel

- 1.- Información digital (Planimetría, Altimetría).
- 2.- Representación gráfica (Mapas Topográficos, Mapas Temáticos).
- 3.- En forma fotográfica (Fotomapas, Ortofotos, etc.).
- 4.- Reportes de las propiedades semánticas de los elementos geográficos/topográficos.
- 5.- Reporte gráfico por relaciones entre las diferentes entidades estudiadas.
- 6.- Información cuantitativa como un resultado del análisis de los datos espaciales y sus propiedades semánticas.

Nota: Para cada uno de los resultados, deben ser diseñados los correspondientes detalles para obtener el producto deseado y su combinación, cuando esto sea posible.

Aplicaciones Catastrales rurales.- Básicamente obedecen a los mismos principios de las zonas urbanas, pero debe tenerse en cuenta que los avalúos se hacen por hectárea y que generalmente los predios tienen un nombre que ayuda a identificar y facilitan su localización en el terreno.

Sistema Propuesto.- A partir del modelo de datos propuestos, la siguiente fase será la asignación de valores a cada uno de los atributos, de acuerdo a las clasificaciones existentes en el IGAC. Por ejemplo, terrenos con excelentes condiciones de suelo tendrán una mejor "calificación" que terrenos con suelos pobres. Similares criterios se aplicarán para los otros elementos y así con la combinación de ellos, se tendrá un fácil manejo de los avalúos dentro de las zonas urbanas y rurales.

La relación entre los terrenos y las áreas designadas, permitirán establecer los puntos influyentes para los criterios finales,

***Resumen del modelo de datos***

**Grupo de usuarios:**

**1. Aplicaciones topográficas**

**De interés para:**

**Planificadores**

**Base para otras aplicaciones**

**Integrado por:**

**I.G.A.C.**

**M.O.P.T.**

**Oficinas de planeación (públicas y privadas)**

**Principales requerimientos:**

**Áreas construidas**

**Parcelas**

**Calles**

**Ríos**

**Curvas de nivel**

## SUBGRUPO: 1-A

## Aplicaciones topográficas urbanas

Elementos de interés en el terreno	Fuente de datos y métodos de recolección de datos			Precisión requerida			Clasificación de los elementos
	Elemento	Fuente Informac.	Métod. coolec.	B	M	A	
Casas Edificio Construcc.	Edificio	Mapas existen 1:500 1:2000  Digit. Directa	Mapas digital  Mapas tradic.			X	Residencial Educativo Industrial Comercial Gubernamental Hospitales Recreacionales
Parcelas	Parcelas	Trabajo de Campo					Construidas no - construidas
Calles Camino Vía tren	Calles				X		Vías férreas Avenida Calle principal Calle secundaria PeDESTRE
Ríos Arroyos Cañada Lagos Canales	Ríos			X			Río Arroyo Canal de riego Lagos

## Continuación Cuadro SUBGRUPO: 1-A

Elementos de interés en el terreno	Fuente de datos y métodos de recolección de datos			Precisión requerida			Clasificación de los elementos
	Elemento	Fuente Informac.	Métod. coolec.	B	M	A	
Curvas de nivel	Curvas			X			> 2 m interval 2 m interval 1 m interval 0.5 m interval <0.5 m interval
Arza designada	Arza designada			X			Residencial Educativo Industrial Comercial Gubernamental Hospitales Recreativos

B = Baja; M = Media; A = Alta

Continuación Cuadro SUBGRUPO: 1-A

Elemento Terreno	Descrip.	Relaciones entre elemen	Estructura	Dato	Resultado
			original	derivado	
Edificio	Código Cod. clas Identif. Area X Y	Edif<G1>Parc	Polígono	Zona Bloque Polígono	Información digital  Representación gráfica
Parcelas	Código Cod. clas Identif. Area X Y	Parc<G1>Area	Polígono	Zona Bloque Polígono	Fotográfico
Calles	Código Cod. clas Identif. Nomb-vía Longitud Ancho P inicial P final Nombre	vía<G41>vía vía<G42>vía vía<G1>Area	Polígono	Polígono Línea	Reporte gráfico  Información cuantitativa

Continuación Cuadro SUBGRUPO: 1-A

Elemento Terreno	Descrip.	Relaciones entre elemen	Estructura	Dato	Resultado
			original	derivado	
Ríos	Código Cod. clas Identif. Longitud Ancho P inicial P final Nombre	Río<G1>Area	Línea	Línea	
Curvas de nivel	Código Z. elev. P inicial P final	CdN<G1>Area	Línea	Línea	
Area designada	Código Cod. clas Identif. Area X Y Nombre	Area<G3>Area	Polígono	Zona Bloque Polígono	

## SUBGRUPO: 1-B

## Aplicaciones topográficas rurales

Elementos de interés en el terreno	Fuente de datos y métodos de recolección de datos			Precisión requerida			Clasificación de los elementos
	Elemento	Fuente informac.	Métod. colecc.	B	M	A	
Casas Edificio Construcc.	Edificio	Mapas existen 1:5,000 1:10,000 1:25,000  Digi. Directa	Mapas digital  Mapas tradic.	X			Residencial Educativa Industrial Ganadera Gubernamental Hospitales Recreativas Poblaciones
Parcelas	Parcelas	Directa		X			Construidas no - construidas
Carretera Caminos Vía tren	Carretera	Trabajo de Campo		X			Vías férreas Pavimentada No pavimentada
Ríos Arroyos Cañada Lagos Canales	Ríos			X			Río Arroyo Canal de riego Lagos

## Continuación Cuadro SUBGRUPO: 1-B

Elementos de interés en el terreno	Fuente de datos y métodos de recolección de datos			Precisión requerida			Clasificación de los elementos
	Elemento	Fuente informac.	Métod. colecc.	B	M	A	
Curvas de nivel	Curvas			X			>25 m interval 25 m interval 10 m interval 5 m interval < 5 m interval
Area designada	Area designada			X			Residencial Educativa Industrial Ganadero Gubernamental Hospitales Recreativas Poblaciones

Continuación Cuadro SUBGRUPO: 1-B

Elemento Terreno	Descript.	Relaciones entre elemen	Estructura	Dato	Resultado
			original	derivado	
Edificio	Código Cod. clas Identif. Area X Y	Edf<G1> Parc	Polígono	Zona Bloque Polígono	Información digital  Representación gráfica
Parcelas	Código Cod. clas Identif. Area X Y	Parc<G1> Area	Polígono	Zona Bloque Polígono	Fotográfico
Calles	Código Cod. clas Identif. Nomb-vía Longitud Ancho P inicial P final Nombre	vía<G41> vía vía<G42> vía vía<G1> Area	Polígono	Polígono Línea	Reporte gráfico  Información cuantitativa

Continuación Cuadro SUBGRUPO: 1-B

Elemento Terreno	Descript.	Relaciones entre elemen	Estructura	Dato	Resultado
			original	derivado	
Ríos	Código Cod. clas Identif. Longitud Ancho P inicial P final Nombre	Río<G1> Area	Línea	Línea	
Curvas de nivel	Código Z elev. P inicial P final	CdN<G1> Area	Línea	Línea	
Area designada	Código Cod. clas Identif. Area X Y Nombre	Area<G3> Area	Polígono	Zona Bloque Polígono	

**Grupo:**  
**2. Aplicaciones temáticas**

**De interés para:**

**Estudios temáticos acerca de:**  
**Suelos**  
**Uso actual del suelo**  
**Uso potencial del suelo**  
**Recursos hidráulicos**  
**Servicios públicos**  
**Etc.**

**Integrado por:**

**IG.A.C.**  
**M.O.P.T.**  
**Ministerio de Agricultura**  
**Incora**  
**Corporación Cafeteros**  
**Entidades Estatales**  
**Bases para otras aplicaciones**

**Principales requerimientos:**

**Uso del suelo**  
**Topografía**  
**Pisos térmicos**  
**Recursos de aguas**

**SUBGRUPO: 2-A      Aplicaciones temáticas urbanas**

Elementos de interés en el terreno	Fuente de datos y métodos de recolección de datos			Precisión requerida			Clasificación de los elementos
	Elemento	Fuente Informac.	Métod coolec.	B	M	A	
Uso suelo uso de Edificio y sus normas	Uso del suelo	Fotografía Mapas exist. 1:500 1:2,000 y menores	Mapas digitales Mapas Fotomapas	X			Residencial Comerc-Servic Indus-Fabrics •
Principal caracter topograf. del terreno	Topografía	Foto interpr.		X			Pendiente (grd) Zonas inundables Alt. sobre nivel de servicios Riesgo deslit
Servicios públicos	Servicios públicos			X			Sin serv. publ. Algunos serv. Con serv. Básico Serv. más adic.
Tipo de vivienda	Estrato	Trabajo campo		X			Est. 1 bajo-bajo Est. 2 bajo Est. 3 medio-baj Est. 4 medio Est. 5 med-alto Est. 6 alto

Continuación Cuadro SUBGRUPO: 2-A

Elemento terreno	Descrip.	Relaciones Entre elemen	Resultados
Uso del Suelo	Código Cód. clas	Us<GNG2> Area	Información Digital
Topograf.	Código Cód. clas	TI<GNG2> Area	Representación Gráfica
Servicios Públicos	Código Cód. clas	SP<GNG2> Area	Reporte sobre propiedades semánticas
Tipo de Vivienda	Código Cód. clas	TV<GNG2> Area	Información Cuantitativa

SUBGRUPO: 2-B

Aplicaciones temáticas rurales

Elementos de interés en el terreno	Fuente de datos y métodos de recolección de datos			Precisión requerida			Clasificación de los elementos
	Elemento	Fuente Informac.	Métod. colecc.	B	M	A	
Factor predomin. para el precio de la tierra	Suecas	Fotografía	Digital de Mapas	X			1a. Excelente 2a. Muy bueno 3a. Bueno 4a. Medio 5a. Regular 6a. Malo 7a. Muy malo 8a. Improduct.
Si no existe otro elemento para diferenciar	Uso del Suelo	Mapas existen 1:500 1:2000 y menores	Fotomapa Mapas	X			Con Bosques Cultivo perman. Pastos y cultiv. transitorios
Accesibilidad	Localización			X			Vías permanentes Vías temporales Sin vías

Continuación Cuadro SUBGRUPO: 2-B

Elementos de interés en el terreno	Fuente de datos y métodos de recolección de datos			Precisión requerida			Clasificación de los elementos
	Elemento	Fuente informac.	Métod. colecc.	B	M	A	
Influye en clase de cultivos	Piso Térmico	Trabajo de Campo		X			Cálido > 1000 snm Medio 1100-1800 Frío 1900-2800 Páramo > 2900 snm
Influye en clase de tecnología usada	Pendiente			X			0 - 3% plano 3.1 - 7% suave pendiente 7.1 - 12% pend. 12.1 - 25 moder. escarpado 25.1 - 50% escarpado > 50% muy escarpado

SUBGRUPO: 2-B

Aplicaciones temáticas rurales

Elementos de interés en el terreno	Fuente de datos y métodos de recolección de datos			Precisión requerida			Clasificación de los elementos
	Elemento	Fuente informac.	Métod. colecc.	B	M	A	
Aspecto muy influyente para el precio y para agricult.	Aguas			X			Agua permanente Agua temporal Sin agua
Acuerdo con el tamaño óptimo	Tamaño de la parcela			X			Predominan Parcelas grandes Parcelas medianas Parcelas pequeñas

Continuación Cuadro SUBGRUPO: 2-B

Elemento Terreno	Descript	Relaciones entre elementos	Resultados
Suelos	Código Cod. clas	SI <GNG2> Area	Información Digital
Uso del suelo	Código Cod. clas	US <GNG2> Area	Reporte sobre propiedades semánticas Representación Gráfica
Localización	Código Cod. clas	Lc <GNG2> Area	Información Cuantitativa
Influye en clase de tecnología aplicada	Pendiente		
Piso Térmico	Código Cod. clas	PT <GNG2> Area	
Aguas	Código Cod. clas	Ag <GNG2> Area	
Tamaño de las parcelas	Código Cod. clas	Tp <GNG2> Area	

**Grupo:**  
**3. Aplicaciones catastrales**

**De interés para:**

**Usuarios del catastro y otros como:**  
**Impuestos**  
**Registro público**  
**Valorizaciones**  
**Proyectos financieros**  
**Proyectos aplicados**

**Integrado por:**

**I.G.A.C.**  
**Registro público**  
**M.O.P.T.**  
**Ministerio de Agricultura**  
**Ministerio de Finanzas**  
**Municipalidades**  
**Bancos y Entidades financieras**  
**Cooperación de Cafeteros**  
**Etcétera.**

**Principales requerimientos:**

**Información Económica**  
**a) Del terreno**  
**b) De la construcción**  
**Información Jurídica**  
**Ducño y/o poseedor**  
**Escrituras**

**Aplicaciones catastrales urbanas**

Elemento de clase de interés	Fuente de datos métodos de colección		Descript.	Relación	Resultados
	Fuente	Método			
<b>JURIDICA</b>			Código		
Propiet.	escri	Alfanu- mérico	Código clase	Pr<GNG>ED	Información digital
Prop. id	escri			Co<GNG>FD	Información alfanumérica
Est. civ	escri			Pr<GNG>JD	
Poseedor	campo			Co<GNG>JD	Información cuantitativa
Pos. id	campo				
Num. escri	escri				
Fecha es	escri				Reporte sobre relaciones
Hipoteca	escri				
Nombre predio	escri campo				
<b>ECONOMICA</b>					
Id. Parc	escri				
Val Terr	v/m <sup>2</sup>				
Val Cons	v/m <sup>2</sup>				
Avaluu	Calcul.				
% Imp	I ey				
Imp	Calcul.				
Fecha	Arch				

de tal manera que se tengan los resultados en "puntos" y a partir de ellos los avalúos que sean necesarios.

Esta afirmación obliga a reevaluar el concepto de "zonas homogéneas", ya que como puede verse, su criterio se está empleando en una forma tácita, pero más se convierte ahora en elemento de análisis intermedio y de "output" que en un elemento de "input", para la determinación de los avalúos como se está tomando en la actualidad.

#### Conclusiones y Recomendaciones:

1.- Como los mapas catastrales en la nueva filosofía no son nada más que un tema más dentro del proceso integrado, es muy importante que esta integración entre las aplicaciones topográficas y las aplicaciones catastrales se hagan lo más integradas posibles, con el objeto de reducir costos de producción y actualización de la información.

2.- Los cambios de producción con instrumentos análogos a sistemas digitales, implican una revisión de las especificaciones técnicas de tal manera que se haga un balance entre lo requerido por los usuarios, contra lo que ahora es posible lograr con los sistemas modernos.

3.- Como consecuencia paralela se requerirá una verificación de la red geodésica nacional utilizando técnicas modernas tales como GPS.

4.- El proceso en su forma global, implica la adquisición de nuevos equipos e instrumentos que harán factible la realización de los adelantos diseñados.

5.- Para la aplicación del modelo aquí propuesto, se requiere dar una "calificación" a cada uno de los atributos, de tal manera que cada uno de los códigos asignados les implique un "valor", que calculado al final le asigne un "ranco" de valores dentro de los cuales se podrán

unificar criterios, bien sea para fines fiscales o para planes de desarrollo.

6.- Es conveniente pensar en la designación de un comité de carácter técnico cuya tarea sea la de la implementación de las nuevas metodologías de SIG y de Fotogrametría, tales como Sensores Remotos, Procesamiento de Imágenes, Perfiles del Terreno obtenidos con láser, etc., y la vez, como un cuerpo consultivo para la implementación de la nueva tecnología.

### EJEMPLO 3.

APLICACION DE PERCEPCION REMOTA Y UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA EN LA ELABORACION DE UNA CARTA DE CONTROL DE EROSION.- La pérdida constante y creciente de suelos agrícolas y forestales a nivel mundial, originada por el fenómeno de la erosión es uno de los problemas fundamentales a resolver en un futuro cercano, si se pretenden satisfacer las necesidades de una población que va en aumento y que requiere de una explotación cada vez más intensa y racional de los recursos naturales.

El presente trabajo, describe la metodología utilizada en la detección de cinco grados de erosión, mediante la utilización de una imagen de satélite clasificada automáticamente por medio de un paquete para computadoras personales, desarrollado por el Centro Científico de I.B.M. de México y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), denominado Sistema Personal Interactivo en Percepción Remota (SPIPR).

El resultado, una imagen clasificada, ha sido digitalizada a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG), de la misma manera

que la cartografía de la misma zona referente a la temática siguiente: Edafología, Pendiente, Uso del Suelo, Uso Potencial del Suelo, Geología Superficial e Isoyetas.

Por medio de la sobreposición de las cartas digitalizadas mencionadas, basada en una estructura de datos generacional y topológica, y una base de datos relacional, se ha generado una carta denominada "Carta de Control de Erosión", en la cual quedan ubicados diversos métodos de conservación de suelos a la escala 1:50 000 y en la Proyección Universal de Mercator (UTM).

## CAPITULO VI

### - CONCLUSIONES -

Los recursos naturales de la Tierra son los medios de subsistencia de la humanidad y, como tales, la base sobre la cual cada país puede en gran medida sustentar su desarrollo económico, social y cultural.

De ahí la necesidad de conservar y aprovechar dichos recursos acertadamente, a través de un estudio sistematizado que permita la transformación dirigida y consciente de la naturaleza.

Puesto que la naturaleza se manifiesta por medio de un conjunto de fenómenos, es necesario conocer las leyes por las que estas se rigen y los efectos que producen; y para lograr esto con profundidad y detalle es necesario contar con buenos sistemas de información.

Para el desarrollo adecuado de la información geográfica, se ha utilizado una serie de técnicas diferentes que relacionadas entre sí conforman los elementos necesarios para la estructura de un Sistema de Información Geográfica: Por ejemplo uno de estos elementos es el análisis visual y digital de imágenes de satélite que se ha aplicado en la evaluación de recursos y riesgos naturales desde principios del decenio de los setentas, a partir del lanzamiento del primer satélite de la serie Landsat. Otros elementos es la conversión de los datos analógicos en datos digitales que sea convertido cada vez más importante y necesario. Todos los datos digitales se pueden obtener de la siguiente manera:

- Los elementos de mapas existentes pueden digitalizarse automática o manualmente.

- Los elementos de las fotografías aéreas pueden ser procesados digitalmente.

- Las medidas existentes pueden convertirse mediante un estudio de los archivos.

- La información relativa a la escala y a la orientación puede registrarse digitalmente sin necesidad de conversión analógica.

Esto debido a las muchas ventajas ofrecidas por las ciencias computacionales y las técnicas modernas de la comunicación.

La información generada a partir del procesamiento manual y digital de estos elementos requiere de un sistema eficaz de manejo e integración de los datos que permita su manipulación, procesamiento y transformación en información útil. En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica representan el mecanismo más adecuado para utilizar la información que se genera por medio de levantamientos Topográficos y Geodésicos, Sistemas de Cartografía Automatizada, Sistemas de Percepción Remota, etc. En la actualidad el cálculo y dibujo, el procesamiento digital de información, como su integración en los Sistemas de Información Geográfica computarizados representan una tecnología relativamente nueva y accesible en el plano de las computadoras personales con capacidad gráfica.

Los Sistemas de Información Geográfica están cambiando procedimientos de captura de datos espaciales y procesos analíticos, representan así mismo, un poderoso instrumental de análisis y modelamiento de problemas diversos que tienen en común el manifestarse espacialmente.

La historia de usos de computadoras para el trazo y análisis espacial muestra que han habido desarrollos paralelos en la captura de datos automatizados, en el análisis de datos y la presentación de campos diversos ampliamente interrelacionados. Estos campos son el trazo Catastral y Topográfico, la Cartografía Temática, la Ingeniería Civil, la Geografía, los estudios Matemáticos de variación de espacio, la Ciencia del Suelo, Topografía y Fotogrametría, Planificación Rural y Urbana, Redes de Servicios, Sensores a Distancia y Análisis de Imagen. Las aplicaciones militares se han traslapado y aun dominado varios de estos campos monodisciplinarios. Consecuentemente, ha habido una duplicación de esfuerzos y una multiplicación de lenguaje técnico común, disciplina específica para diferentes aplicaciones en campos distintos. Esta multiplicidad de esfuerzos en diferentes campos inicialmente separados y cercanamente relacionados se esta convirtiendo en la posibilidad de unir varias clases de procesos de datos espaciales en verdaderos Sistemas de Información Geográfica de interés general, logrando superar los problemas técnicos y conceptuales.

Todas estas disciplinas intentan principalmente la misma clase de operación, sobre todo desarrollar un poderoso equipo de herramientas para capturar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real para un conjunto particular de intereses. Este conjunto de herramientas constituye un Sistema de Información Geográfica. Los datos geográficos describen objetos del mundo real en términos de:

- a) Su posición con respecto a un sistema coordinado conocido.
- b) Sus atributos que no están relacionados con la posición (como el color, el costo, el pH, incidencia de enfermedad, etc.)

c) Sus interrelaciones espaciales con otras (relaciones topológicas), que describe cómo están ligadas o cómo pueden relacionarse entre ellas.

Los Sistemas de Información Geográfica difieren de las gráficas computarizadas porque la primera esta mayormente interesada en el despliegue y manipulación de material visible. Los sistemas de gráficas computarizadas no ponen atención a los atributos no gráficos que las entidades visibles posiblemente tengan o no tengan y que pueden ser datos de análisis útiles. Son esenciales buenas gráficas de computadora para un sistema moderno de información geográfica, pero un paquete de gráficas no es en sí mismo suficiente para realizar las tareas requeridas, ni tampoco los paquetes de dibujo son necesariamente una buena base para el desarrollo de un sistema de goinformación.

Los sistemas de información geográfica tienen mucho en común con los sistemas de diseño de asistencia computarizada (CAD) usado para borrador de una gran variedad de tareas técnicas, desde el trazo de un aeroplano hasta la confección de una microficha. Ambos sistemas, tanto SIG como CAD necesitan capacidad para relacionar objetos a un marco de referencia, ambos necesitan manejar atributos no gráficos y ambos requieren de la capacidad para describir relaciones topológicas. Las mayores diferencias entre los sistemas de SIG y de CAD son el gran volumen y diversidad de salidas de datos a los sistemas de SIG y la naturaleza especializada de los métodos de análisis que se utilizan. Estas diferencias pueden ser tan grandes que un sistema eficiente de CAD puede ser inadecuado para SIG y viceversa.

Los sistemas de información geográfica deberían pensarse como mucho más que medios de codificación, almacenamiento y recuperación de

datos sobre aspectos de la superficie terrestre. En un sentido muy real, los datos en un sistema de información geográfica ya sea que estén codificados en la superficie de una pieza de papel o como marcas invisibles en una superficie de una cinta magnética; deberían pensarse como representantes de un modelo real del mundo. Debido a que estos datos pueden ser violados, transformados y manipulados de forma interactiva en un sistema de información geográfica, pueden servir como capa de prueba para el estudio de procesos ambientales o para analizar los resultados de orientaciones o para anticipar los resultados posibles de decisiones planeadas. Si se usa SIG en forma similar a lo que un piloto entrenado usa un simulador de vuelo, es, en principio posible para los planeadores y tomadores de decisiones, explorar una variedad de escenarios posibles y obtener una idea de las consecuencias de un curso de acción antes de que los errores hayan sido irrevocables ejecutados en el paisaje mismo. Este es el fin último de un SIG es decir, el de contribuir a la toma de decisiones, con base en el análisis de los datos que ingresan en el mismo.

Los SIG son particularmente útiles en el manejo interactivo (usuario/sistema) de información de diversas fuentes, en distintas escalas y con diferentes contenidos (principalmente naturales y socio-económicos). Igualmente, facilitan la integración de información para comprender y resolver problemas de índole multidisciplinaria en lo que radica su principal fortaleza.

La interacción usuario/sistema es uno de los elementos sustanciales en la aplicación de un SIG. El conocimiento experto del intérprete, y muy especialmente sus pruebas de campo, deben estar presentes en todas las etapas del procesamiento digital: desde la

selección y obtención de los datos, la formulación de los modelos conceptuales y cuantitativos necesarios, hasta la expresión de los resultados o información final. Es el analista quien controla el procesamiento, quien presenta los datos y pondera las "preguntas" al SIG. Esta relación interactiva, que se facilita en los sistemas que operan en computadoras personales, es el sustento para la formulación y diseño de sistemas expertos.

En el futuro, la información y la habilidad para usarla eficientemente serán recursos económicos y estratégicos.

Las instituciones, compañías privadas, personas y países que cuenten con sistemas de información eficientes como soporte de administración y planeación, estarán en condiciones de planear adecuadamente su desarrollo e influir en su futuro. El cual presenta en nuestro país un desarrollo limitado, debido a que no se considera de manera amplia la evaluación, la conservación y aprovechamiento de los recursos.

1 Expresa que para un cuerpo negro su exitancia no es la misma para todas las temperaturas; la longitud de onda en la que se presenta el máximo de energía radiada es inversa a la temperatura del cuerpo.

2 Se define a aquél que a cualquier temperatura absorbe completamente todas las ondas electromagnéticas que inciden sobre él.

3 Serie de satélites meteorológicos de investigación que se inició en 1958.

4 Se define como el flujo radiante por unidad de ángulo sólido que deja una fuente superficial por unidad de área de la fuente en dicha dirección.

5 Agencia Americana que vende la información Landsat.

6 T.G.A.C. siglas del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", en Bogotá Colombia.

## B I B L I O G R A F I A

### APUNTES. -

1.- BASIC PRINCIPLES OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, 1985.

2.- PERCEPCION REMOTA PARA LA MATERIA DE FOTOINTER. Y PERCEP. REMOTA, Ing. José Armando Díez Pérez, 1988.

### REVISTAS. -

1.- CIENCIA Y DESARROLLO, Marzo y Abril, Volumen XVII, No. 97, Conacyt, México, 1984.

2.- COMPUMUNDO, Junio, Volumen 1, No. 3, México, 1984.

3.- GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS, Campbell, 1984.

4.- GUIAS PARA LA INTERPRETACION DE CARTOGRAFIA, CARTAS URBANAS, Ins. Nac. de Estadística, Geografía e Informática, 1987.

5.- GUIAS PARA LA INTERPRETACION DE CARTOGRAFIA, TOPOGRAFIA, Ins. Nac. de Estadística, Geografía e Informática, 1987.

6.- REVISTA CARTOGRAFICA, Inst. Panamericano de Geografía e Historia, Julio a Diciembre, No. 56, México, 1989.

### LIBROS.-

1.- ALTON KINDRED, Introduction to Computers, by Prentice Hall, Englewood, C. 1976.

2.- ASHLEY RUTH, Computadora Personal, Edit. Limusa, México, 1989.

3.- BENICE, DANIEL D, Introducción a las Computadoras y procesamiento de Datos, Edit. Prentice-Hall, Int, Englewood, Cliffs, N:Y:, 1973.

4.- BITTER GARY G; Computación, Addison- Wesley Iberoamericana, S. A., Wilmington, Delaware, EUA, 1987.

5.- BLACHUT TEODOR, Cartografía y Levantamientos Urbanos, Springer Verlag, New York Inc., 1979.

6.- BURCH Jr. JOHN G., Sistemas de Información, Edit. Limusa, México, 1991.

7.- BURROUGH, P. A., Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press, Oxford, UK. 1986.

8.- DEUKER, K. J., Geographic Information Systems, Towards a Geo-Relational Structure, 1985.

9.- GÓMEZ GABRIELA, Introducción a la Computación, Centro de Servicios de Computo, UNAM, México, 1980.

10.- MARQUEZ VITE JUAN MANUEL, Sistemas de Información por Computadora, Edit. Trillas, México, 1987.

11.- VALENZUELA, C. R., Ilwiz overview ITCJ., 1988.

TESIS.-

1.- CHAVEZ, LOPEZ, SERRANO, Ings., Sistemas Cartográficos Automatizados, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1988.