

16
29-



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

**COLEGIO DE GEOGRAFIA
AREA DE CARTOGRAFIA**

**“INTRUDUCCION AL ESTUDIO Y
LECTURA DE MAPAS”**

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

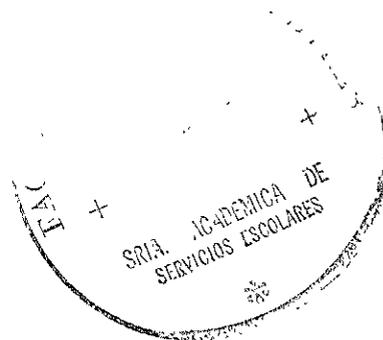
LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A :

DANIEL FRANCO MARTINEZ



MEXICO, D. F.



JULIO 1998.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Este trabajo está dirigido a todas aquellas personas que sin ser expertos en cartografía y lectura de mapas, requieran adquirir los conocimientos indispensables para iniciarse en el estudio y aplicación de estas formas de comunicación.

AGRADECIMIENTOS

Con todo mi amor para mi **Madre Beatriz**, esperando que vea en este trabajo una de muchas metas fijadas para mi, gracias por darme la vida y todo lo que me has dado.

Con especial agradecimiento a mi **Padre Daniel** y mis hermanos, **Alicia, Hugo, Laura y Carlos**, porque sin su ejemplo y ayuda nada de esto hubiera sido posible.

Para **Brenda**, una persona muy especial, que ha estado conmigo los últimos años y porque soportado mis buenos y malos momentos, esperando que vea este trabajo como un ejemplo a seguir.
Ditto.

A mi asesor, **Prof: Francisco Hernández**, por brindarme sus conocimientos y su apoyo incondicionalmente para la realización de este trabajo.

A los Profesores representantes del jurado, **Ricardo Rubalcaba, Ramón Ávila, Alberto López y Hugo Newton**, porque sus consejos y recomendaciones me ayudaron a enriquecer este trabajo

Al **Dr. Jorge Caire**, con gran admiración y respeto.

Gracias al **Ing. Miguel Angel Blanco**, por depositar su confianza en mí para desarrollar un proyecto de tan grandes magnitudes.

Gracias a mis compañeros y amigos, **Hector Rojas, Alfonso Jiménez, Eduardo Chacón, Eric, Armando, Juan y Claudia**, y a todos los integrantes del proyecto CFB 0101, por el apoyo y las facilidades prestadas para la culminación de este trabajo.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	4
CAPITULO I	
GENERALIDADES DE LOS MAPAS	6
1.1 Concepto de Mapa y Carta	6
1.2 Características de los Mapas	11
1.2.1 Cualidades	11
1.2.2 Propiedades	12
1.2.3 Elementos de los mapas	14
1.2.4 Algunos tipos de mapas	16
1.3 Red de Coordenadas	17
1.3.1 Coordenadas Geográficas	17
1.3.2 Coordenadas UTM	18
1.4 Escalas	19
1.4.1 Escala Gráfica	19
1.4.2 Escala Numérica	20
1.4.3 Fórmula de la Escala	21
1.5 Estructura de los Mapas	23
1.4.4 Cilindro	26
1.4.5 Cono	30
1.4.6 Plano	32
CAPITULO II:	
LENGUAJE CARTOGRÁFICO	37
2.1 IMAGEN CARTOGRÁFICA	37
2.2 VARIABLES VISUALES EN CARTOGRAFÍA	38
2.2.1 Formas de Implantación	39
2.2.2 Formas de Percepción	41
2.2.3 Variables Visuales	44
2.3 GENERALIZACIÓN CARTOGRÁFICA	46
2.3.1 Clases de Generalización	47
2.3.2 Procesos de Generalización	49
2.4 SEMIOLOGÍA GRÁFICA Y SIMBOLIZACIÓN	51
2.4.1 Símbolos Lineales	52
2.4.2 Símbolos Puntuales	53
2.4.3 Símbolos Zonales	54
2.4.4 Símbolos Figura	54
2.4.5 Color	55
2.4.6 Tipografía	56
2.5 PERCEPCIÓN Y COMPRENSIÓN EN CARTOGRAFIA	57
2.5.1 Organización de la percepción ..	62

CAPITULO III	
LECTURA DE MAPAS	63
3.1 NIVELES DE LECTURA	63
3.2 SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN	64
3.2.1 Gradícula	65
3.2.2 Cuadrícula UTM	65
3.3 INTERPRETACIÓN DEL RELIEVE	68
3.4 OBTENCIÓN DE DISTANCIAS Y ÁREAS	74
3.4.1 Distancias	74
3.4.2 Áreas	76
CAPITULO IV	
USO Y APLICACIONES DE LOS MAPAS	81
4.1 USOS CONVENCIONALES DE LOS MAPAS	81
4.2 APLICACIONES DE LOS MAPAS Y SU COMBINACIÓN CON LAS TECNOLOGÍAS, SIG Y GPS	82
4.2.1 Combinación de los Sistemas SIG Y GPS	82
4.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	84
4.2.2 Para que se utiliza un SIG	86
4.2.3 Funcionamiento de un SIG	87
4.3 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL	90
4.3.1 Como funciona el sistema GPS	92
4.3.2 Métodos de levantamiento con GPS	95
4.5 APLICACIÓN DEL SIG Y GPS, EN EL CASO DEL IMP	98
4.5.1 Sistema de Información Geográfica y Posicionamiento de Ductos	101
APENDICE	112
CONCLUSIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	116

INTRODUCCIÓN

Esta tesis fue hecha pensando en personas que todos los días se enfrentan en el trabajo o en la escuela a la lectura de mapas, y que no cuentan con conocimientos especializados. Debido a esta carencia sólo pueden obtener información elemental de estas fuentes de información.

El presente trabajo proporciona a los lectores de los documentos cartográficos, los conocimientos mínimos necesarios que les permitirán adentrarse en el mundo de los mapas, en aspectos tales como: coordenadas geográficas, escalas, proyecciones cartográficas, tipos de simbología, etc. Así como los elementos que permitan su lectura. Sin olvidar que la comprensión de la información contenida en un mapa, depende del nivel de conocimientos con que cuente el lector.

También se proporciona la pauta de cómo identificar los diferentes tipos de signos y símbolos utilizados en los mapas: símbolos puntuales, lineales y zonales, además de procedimientos para obtener distancias, áreas y las coordenadas de objetos plasmados en el mapa.

El contenido incluye un ejemplo de cómo pueden aplicarse las nuevas tecnologías en trabajos cartográficos, para la creación de documentos gráficos en forma digital, creados a partir de una base de datos, realizada dentro de un Sistema de Información Geográfica, así mismo, de puntos levantados con el Sistema de Posicionamiento Global, en combinación con información relacionada con la red de transporte de hidrocarburos de PEMEX.

CAPITULO I

GENERALIDADES DE LOS MAPAS

1.1 Concepto de Mapa y Carta

Desde el inicio de la humanidad, el hombre ha tratado de describir el entorno donde se desenvolvía por medio de dibujos, en donde plasmaba las características del paisaje que observaba, esta forma de comunicación primitiva se ha convertido hoy en nuestros días en una imagen gráfica que se conoce como mapa.

La ciencia que tiene por objeto de estudio el diseño y la construcción de los mapas y las cartas es la Cartografía. La raíz etimológica de la palabra cartografía, está constituida por dos voces:

1. Charta: papel escrito que sirve para comunicarse, y
2. Grapho: escribir.

Desde este punto de vista, los mapas son un documento de comunicación que utilizan un lenguaje gráfico, para la transmisión de información.

A continuación se enuncian las definiciones de tres documentos que representan el espacio terrestre:

Mapa:

“Es el documento cartográfico que al igual que la carta pueden representar una parte o el total de la superficie terrestre, su apoyo es el control geodésico tomando como base al elipsoide de referencia, sus meridianos convergen en los polos, lleva

coordenadas geográficas, tiene información marginal, orientación y usa escalas pequeñas que son desde 1:1 000 000 a 1:10 000 000, o más”¹.

El mapa no tiene porque ligar con otro documento, como en el caso de las cartas.(fig 1).

Carta:

“Serie de documentos cartográficos que presenta una parte o el total de la superficie terrestre, la estructura de apoyo la toma de la geodesia, considera a la Tierra como el elipsoide, sus meridianos son convergentes, lleva coordenadas geográficas y de la proyección adoptada, tiene información marginal. Generalmente las cartas son varias, y al unirse representan el espacio geográfico encomendado y usa escalas medias que van desde 1:5 000 hasta 1: 500 000”².

(fig 2)

Plano:

Es el documento cartográfico que representa una extensión reducida de la superficie terrestre, en donde no se toma en cuenta la curvatura de la Tierra, presenta una red de coordenadas y notas marginales. Generalmente se utiliza para la delimitación de manzanas, colonias, distritos, etc. (fig 3)

En la vida diaria las palabras carta y mapa, son usados como sinónimos, en este trabajo se usará la palabra mapa para englobar a ambas.

¹.- Caire L Jorge Notas Bibliográficas. Inédito 1993

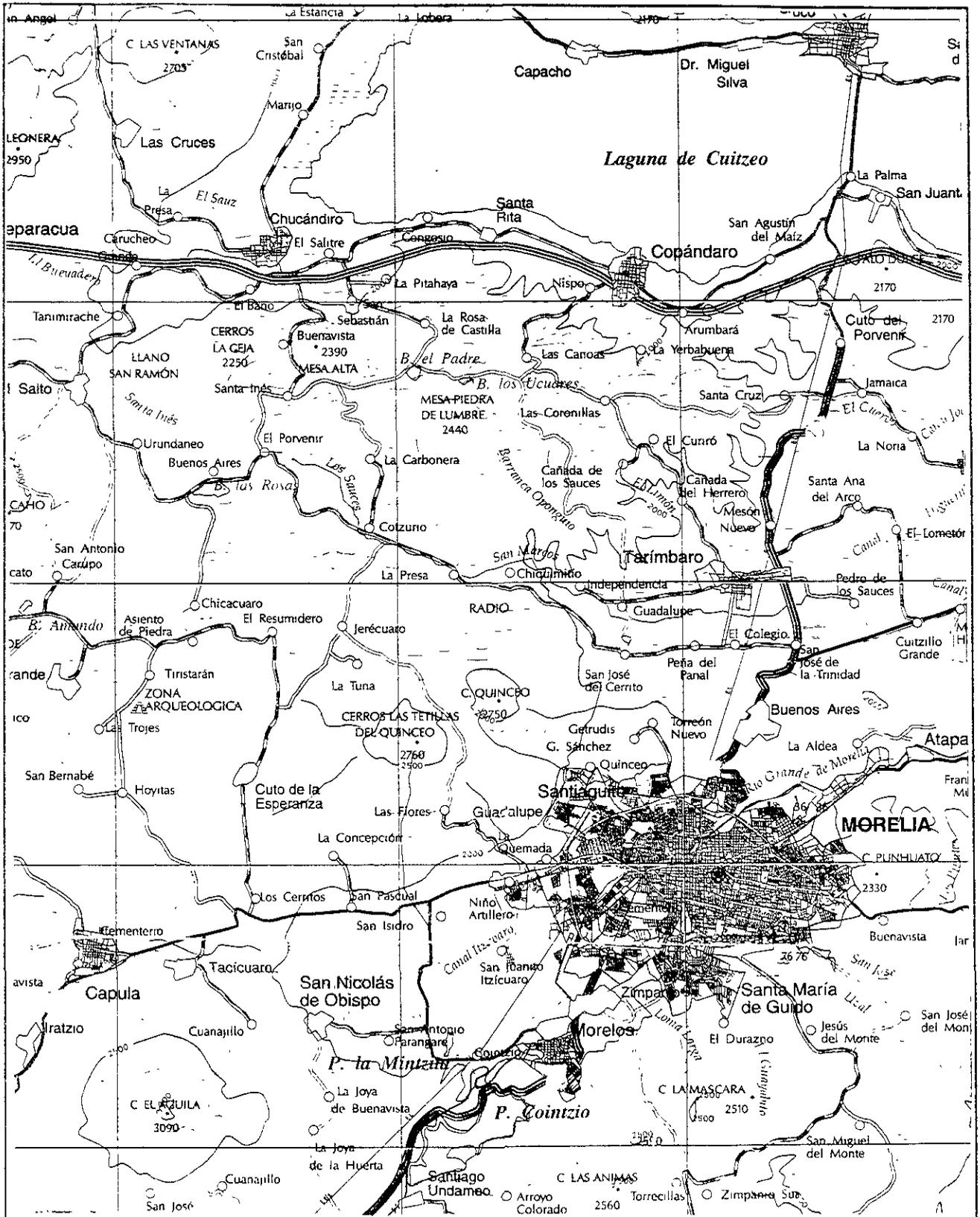
².- Ibidem



Esta representación cartográfica está diseñada sobre una proyección de Bonne, es un mapa porque reúne las características mencionadas en párrafos anteriores.

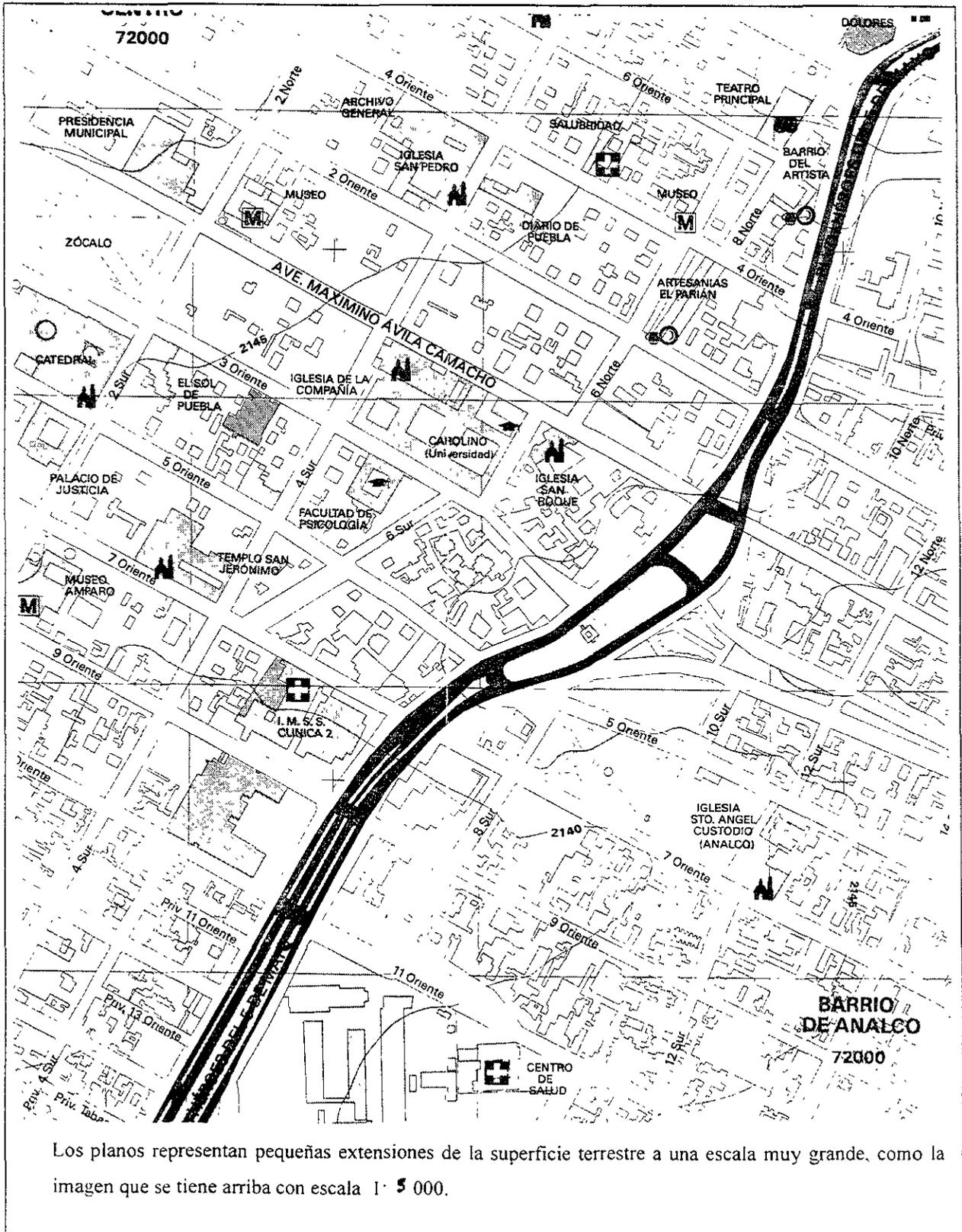
Fig 1

Fuente. Atlas of the World



La imagen muestra un fragmento de la carta Morelia, Michoacán, con escala 1 200 000
Diseñada por SIGSA

Fig 2



Los planos representan pequeñas extensiones de la superficie terrestre a una escala muy grande, como la imagen que se tiene arriba con escala 1: 5 000.

Fig 3

Fuente: Cartografía de SIGSA

1.2 Características de los Mapas.

Los mapas poseen ciertas cualidades y propiedades que los hacen diferentes de otras representaciones espaciales como el dibujo de un paisaje y una fotografía, estas propiedades y cualidades son únicas y se refieren desde su diseño y construcción, hasta los elementos que permiten su asimilación y comprensión.

1.2.1 Cualidades

Las cualidades son atributos específicos de los mapas.

1. Precisión:

Un mapa debe ser preciso, el error gráfico en un mapa debe ser mínimo, tomando como base su escala e instrumentos que se emplearon para su levantamiento, la redacción también debe ser clara y concisa y los elementos gráficos deben estar trazados y colocados en forma adecuada. Aparte de su precisión en los elementos citados, el mapa también debe presentar, la red de coordenadas, escalas, la proyección utilizada y simbología.

2. Expresión:

Es la habilidad de insinuar por medio de gráficos, al nivel de detalle los objetos que son considerados más importantes. Se deben emplear los signos, grafismos, símbolos, colores y tramas más apropiados, éstos deben expresar algo al lector, es decir sugerir su significado.

3. Legibilidad:

Es una cualidad que tiene como objetivo plasmar la información de forma clara, sencilla y estética. Esta particularidad está relacionada estrictamente con la

cantidad de información que contiene el mapa, la cual debe ser accesible para ser percibida, y capaz de ser comprendida sin esfuerzo, no importando el nivel de lectura. La legibilidad esta ligada al nivel de información, por lo tanto es necesario que un mapa no esté sobresaturado de información.

4. Eficacia o Rendimiento:

Un mapa debe ser eficaz cuando es capaz de cumplir con el objetivo para el cual fue diseñado, tomando en cuenta su escala y la proyección utilizada para la elaboración, por eso debe ser útil, breve completo y veraz. "El mapa más eficaz, es el que para cada pregunta, ofrece una respuesta en una sola imagen, es decir en un solo instante de percepción"³.

5. Leyenda y Título:

La leyenda es indispensable para la comprensión de cualquier mapa o carta, y para la correcta interpretación de su información expresada a través de una simbología gráfica. En la leyenda se incluyen indicaciones sobre las fuentes de documentación, los métodos de levantamiento y la precisión del documento además incluye el contenido del tema, autor, editor, lugar y fecha de publicación. El título es la ficha de identidad del documento que permite reconocer su tema y clasificarlo bibliográficamente.

(Joly, 1979).

1.2.2 Propiedades de los mapas

Los mapas poseen ciertas propiedades que lo hacen diferente de otras representaciones de la superficie terrestre como pudiera ser una fotografía o el dibujo de un paisaje. Según Salitchev, estas propiedades son:

1. Ley matemática de la representación de la superficie terrestre en un plano.

La Tierra al ser una esfera (geoide), hace imposible trasladar la imagen de la superficie en un plano, sin que haya alteraciones, deformaciones o rupturas, por lo que los elementos de la superficie no se pueden representar con sus dimensiones reales.

Para poder solucionar este problema y trasladar la superficie del elipsoide a un plano, se utilizan las proyecciones cartográficas, que son los medios, métodos y sistemas de trazar los meridianos y paralelos, las cuales son líneas curvas imaginarias sobre la superficie de la Tierra, éstas permiten representar zonas de la superficie terrestre en una superficie plana, la cual puede estar representada por un mapa; las coordenadas desempeñan una función básica ya que permiten relacionar las coordenadas de los puntos en la superficie de la esfera y las del plano. Cuando esta relación se conoce, se puede calcular la distorsión de la imagen plana y por lo tanto, determinar en el mapa las verdaderas extensiones, áreas y ángulos.

2. Los métodos de representación cartográfica.

La cartografía para poder trasladar la información de los fenómenos que ocurren en la superficie terrestre a un mapa, se basa en la utilización de los signos cartográficos, los cuales permiten por medio de líneas, figuras, colores, tramas, la simbolización de los elementos existentes en el terreno

3. La selección y la generalización.

Los mapas contienen una gran cantidad de información, la básica y otra de un nivel secundario, así que para evitar una saturación de información se auxilia de la generalización la cual consiste en una selección detallada de la información

que se desea plasmar, la generalización está relacionada estrechamente con la escala, y la asignación del mapa, por medio de la cual se establecen los fenómenos mostrados en el mismo, su valor relativo y su exactitud. Además la generalización permite una mayor calidad en la información contenida en los mapas.

1.2.3 Elementos de los mapas

Los elementos más comunes en los mapas son: la escala, el marco, el caneová, la cuadrícula, los sistemas de localización, la simbología y las notas marginales. Todos estos elementos son fundamentales ya que, complementan la información y facilitan su interpretación.

1. Escala

Es la relación que existe entre la distancia real de un terreno y su correspondiente relación en el mapa.

2. Caneová Geográfico

El caneová geográfico está constituido por la red de meridianos y paralelos, los cuales tienen como objetivo, facilitar la ubicación de un punto específico, es decir, obtener sus coordenadas geográficas: latitud y longitud.

3. Cuadrícula

Es un sistema plano ortogonal, constituido por una red de rectas ortogonales, denominada cuadrícula, la cual proporciona una serie de valores coordenados (numéricos), que permite referir cualquier punto del mapa. También se puede decir que es un sistema de cuadrados perfectos, que representa al sistema de coordenadas métricas sobre la superficie de la Tierra.

4. Marco

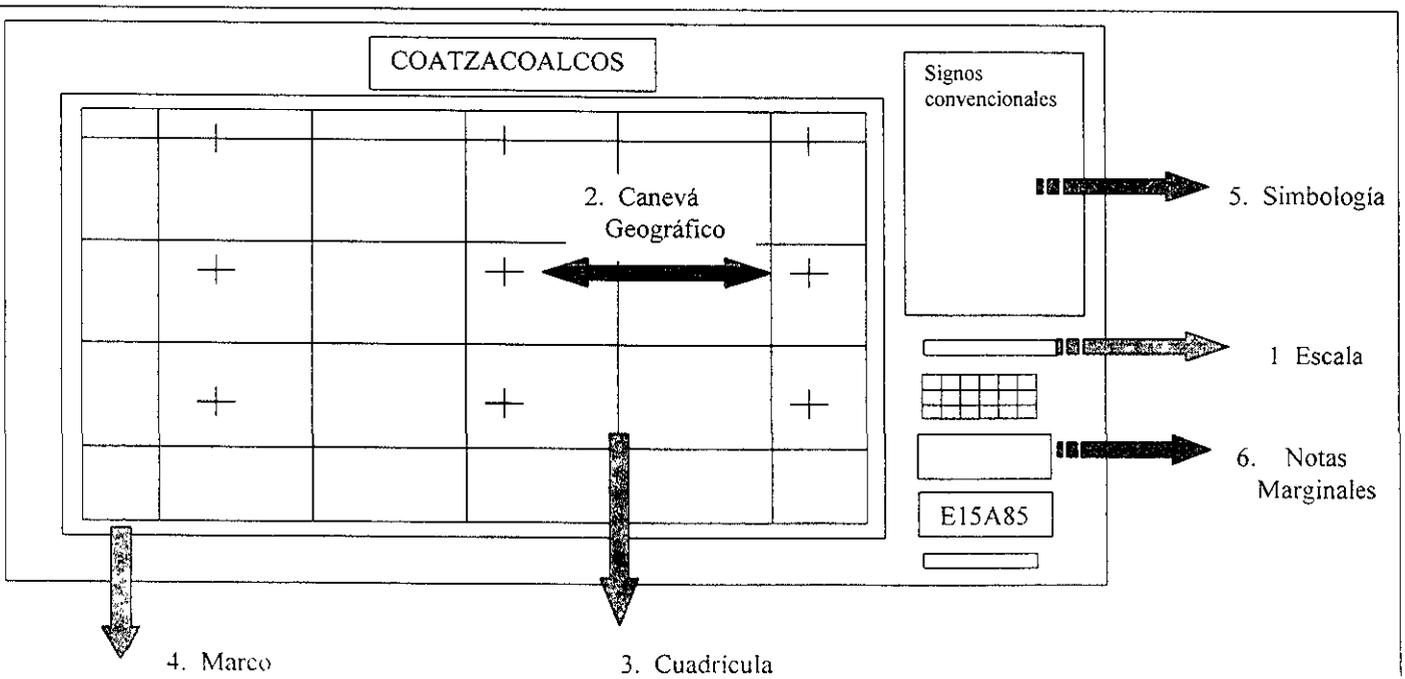
Muchas veces el área representada está delimitada por sus bordes con un marco que además permite referenciar tanto el caneová geográfico -coordenadas geográficas- y la cuadrícula -coordenadas numéricas-.

5. Simbología

La simbología tiene como objetivo, explicar la información contenida en el mapa, y esta constituida por signos, símbolos, letras, colores, tramas, líneas, figuras, etc.

6. Notas Marginales

La información marginal esta compuesta por una serie de datos que se encuentran impresos al margen del mapa o carta (también se le conoce como leyenda), y esta conformado por el nombre del mapa o carta geográfica, clasificación, simbología, escalas, proyección, distancia entre curvas de nivel, cuadrícula, ubicación, diagrama de declinación, elipsoide, datum, método de levantamiento, fuentes, nota de crédito, etc. (Fig 4)



La figura 4, muestra el diseño y la ubicación de los elementos de los mapas, en una carta de la serie cartografica escala 1:50 000, confeccionada por INEGI

1.2.4 Algunos tipos de mapas

Existen diversas clasificaciones de mapas, entre ellas la siguiente:

(Salitchev 1979).

1. Por su Magnitud espacial.

- a) Mapamundis: representaciones de todo el mundo
- b) Regionales: representaciones continentales
- c) Corográficos: representaciones de un solo país.
- d) Estatales: representaciones de estados, provincias, departamentos, etc.
- e) Locales: representaciones distritales, municipales, delegacionales.

2. Por su Escala

- a) Escala grande: mayor a 1:1000 000
- b) Escala mediana: mayor a 1:50000, hasta 1:500 000 ó 1:1000 000
- c) Escala chica: menor a 1:50 000

3. Por la Finalidad

- a) Técnicos: especializados, por ejemplo un mapa sobre uso del suelo.
- b) Didácticos: diseñados para la enseñanza
 - mapas murales o de pared
 - mapas en relieve: (tridimensionales)
 - mapas mudos: en los que aparece únicamente la división político-administrativa

4. Por el Movimiento de fenómenos

- a) Estáticos: proporcionan información de un fenómeno en cierto lapso de tiempo.

- Sinópticos: fenómenos precisos, pero pasajeros
 - Promedios: representación de fenómenos por el valor medio de sus datos sucesivos y registros discontinuos.
- b) Dinámicos: informa de los movimientos que experimenta un fenómeno.
- Flujo: representa el desplazamiento de un fenómeno en la superficie.
 - Evolución: muestra la transformación de un fenómeno en un lapso de tiempo.

1.3 Red de Coordenadas

Las coordenadas geográficas y las coordenadas numéricas son un elemento básico de los mapas y cartas, ya que debido a ellas se puede ubicar en la superficie terrestre un punto con relación a otro objeto de ubicación ya conocida.

1.3.1 Coordenadas geográficas.

1. LATITUD:

Es una distancia angular medida a partir del Ecuador, hacia el Norte o Sur, hasta 90° .

2. LONGITUD:

Es la distancia angular medida a partir de un meridiano base (Greenwich), con dirección Oeste- Este, hasta 180° .

Con la latitud y longitud se quiere dar a entender que cualquier punto sobre la superficie terrestre, esta integrado por la intersección de un meridiano (círculos máximos que pasan por la Tierra), y un paralelo (círculos menores paralelos al Ecuador).

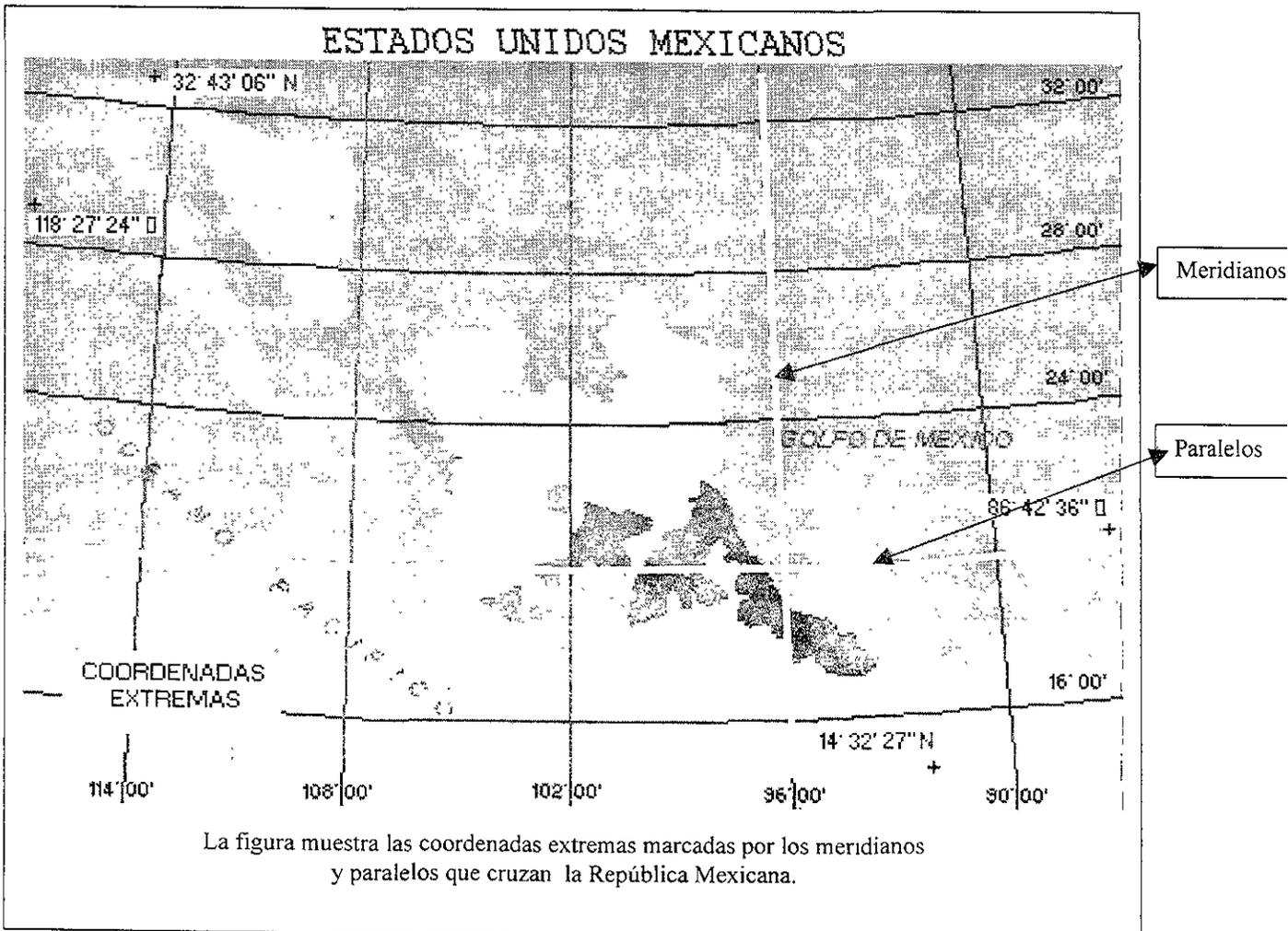


Fig 5

Fuente: INEGI

1.2.2 Coordenadas numéricas (U.T.M.)*

Además de las coordenadas geográficas, existe otro sistema denominado cuadrícula Universal Transversa de Mercator, la cual pertenece a la proyección

* Refierase al tema de características de la proyección y cuadrícula UTM Pag 28 y 29

del mismo nombre. En este sistema el eje de la “Y” corresponde a la latitud y el eje de la “X” a la longitud.

1.4 Escalas

Los mapas y cartas, por ser representaciones abstractas de la realidad, requieren reducir sus dimensiones en una proporción que cumpla los objetivos para los cuales fueron diseñados. En la bibliografía especializada es muy común encontrar la afirmación de que mapa “es la representación de la superficie terrestre a escala, hecha por métodos.....” por lo tanto se puede entender que escala es algo que tiene que ver con el tamaño, así pues la escala se puede definir como:

La escala es la razón entre una distancia en el mapa y la correspondiente sobre la Tierra. (Robinson 1987)

La escala es simplemente el número de veces que ha sido reducido un objeto para poder trasladarlo sobre el plano. La escala es un elemento básico del mapa, de ella depende la precisión del mapa, y a partir de la misma se pueden obtener las dimensiones reales del terreno en un plano.

Por otra parte, existen dos formas de representar la escala, una es la escala gráfica y otro la escala numérica.

1.4.1 Escala Gráfica

Es aquella que se representa mediante una línea o barra recta graduada que sirve para obtener en la carta distancias reales del terreno, que corresponden a una unidad del terreno elegida, (por ejemplo km o millas)(fig 6).

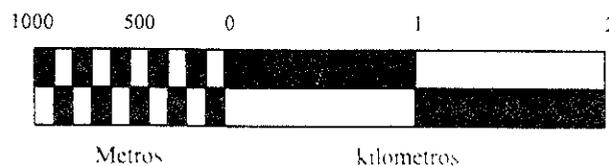


Fig 6

Esta compuesta por dos partes, una situada a la izquierda del cero, que esta dividida en submúltiplos por lo general de 0 a 10 y es llamado “Talón”, esta parte facilita la precisión (fig 7 a).

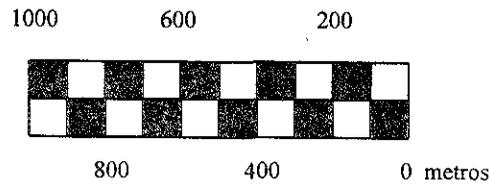


Fig 7 a

Y otra a la derecha del cero, también dividida en fracciones mayores, a esta parte se le conoce como “Mantisa” o escala primaria (fig 7 b).

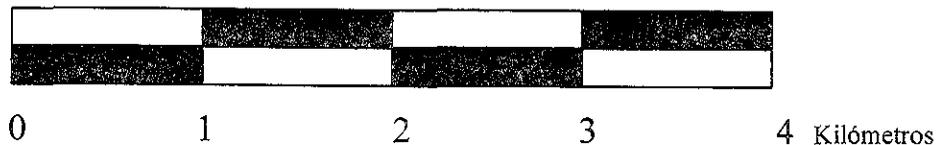


Fig 7 b

La escala gráfica posee la peculiaridad de mantenerse siempre constante, es decir no se modifica con la reducción o ampliación del mapa o carta.

1.4.2 Escala Numérica

Es la proporción existente entre la distancia medida en el mapa y la correspondiente distancia real sobre el terreno, la cual se indica mediante una razón de unidad, 1: 50 000 o bien en forma de fracción común: $1/50\ 000$ y se lee “uno a cincuenta mil o está a cincuenta mil”, donde 1 significa la realidad y la siguiente cifra, significa que el objeto representado en el plano ha sido reducido cincuenta mil veces. Si fueran centímetros, entonces sería:

1 cm = 50 000 cm eso es igual a 500 m en el terreno.

En realidad no existe una clasificación universal de las escalas, pero por lo general se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Escala Grande: objetos de poca y relativa reducción, cartas de escalas mayores de 1:50 000
2. Escala Mediana: cartas mayores de 1: 500 000 hasta 1: 50 000.
3. Escala Pequeña: comprende de 1: 500 000 y menores.

La escala numérica a diferencia de la escala gráfica, se modifica si el mapa o carta sufre reducciones o ampliaciones.

Un mapa debe presentar por lo menos una de las dos escalas citadas anteriormente.

1.4.3 Fórmula de la escala

De la escala depende la precisión del mapa y la exactitud de las medidas requeridas. Para obtener medidas sobre en una carta se recurre a la fórmula de la escala, la cual esta integrada por los siguientes elementos:

E = escala, D = distancia real (Terreno) y d = distancia medida (mapa).

- Si se quiere conocer la escala del mapa, la fórmula es:

$$E = D / d$$

Por ejemplo, si se conoce la (D) distancia en el terreno que es igual a 300 cm, y esa distancia en el mapa equivale a 0.06 cm (d) m, por lo tanto se desea saber a que escala está la carta. Se procede a sustituir los valores:

$E = (D) 3000 \text{ cm} / (d) 0.06 \text{ cm} = 50000 \text{ cm}$ por lo tanto la escala de la carta es de 1: 50 000.

Si se tiene una carta a escala 1: 50 000 y se conoce la distancia en el mapa (d) equivalen a 23.5 cm, por lo tanto la sustitución de la fórmula queda de la siguiente forma:

- Si se quiere saber la equivalencia en el terreno, la fórmula es:

$$D = d \times E$$

$$D = 23.5 \times 50\,000 = 1\,175\,000 \text{ cm} = 11.75 \text{ km}$$

- La distancia en el terreno es de 3000 m y se tiene una carta a escala 1: 50 000, la fórmula y el resultado son los siguientes.

- Si se conoce la distancia en el terreno y se quiere conocer la equivalencia en el mapa:

$$d = D / E$$

$$d = 3000 / 50000 = 0.06 \text{ cm}$$

así pues 3000 m en una carta 1: 50 000 equivalen a 6 cm sobre el mapa.

- Si se desea transferir las medidas de un mapa a otro a escala diferente, la fórmula y el proceso es el siguiente:

$$E / E' = d' / d$$

d = distancia en el mapa 1

d' = distancia en el mapa 2

E = denominador de escala mapa 1

E' = denominador de escala mapa 2

Por ejemplo, se mide una distancia en el mapa 1 la cual es de 20 cm, en una carta 1: 50 000, y se quiere conocer el equivalente a esa distancia en una carta con escala 1 : 250 000, entonces el resultado es :

$$d' = 20 \times 50\,000 / 250\,000 = 4 \quad \text{por lo tanto} \quad d' = 4 \text{ cm}$$

Miranda Villaseñor, 1984 (inédito).

1.5 Estructura de los Mapas (Proyecciones Cartográficas).

Todas las proyecciones, sin importar el tipo al que pertenezcan, siempre se encontrarán referidas a un esferoide determinado y a un datum en especial.

Un esferoide, es una figura tridimensional obtenida al hacer girar un elipse alrededor de su eje menor. Los esferoides pueden variar para buscar ajustarse mejor a la forma irregular del globo terráqueo en una determinada región. Cada país utiliza el elipsoide que más le conviene y de acuerdo a sus necesidades, existen más de 20 esferoides, para el caso de México, se emplea el elipsoide de Clark de 1866.

El Datum, es un conjunto de parámetros que definen un sistema de coordenadas y un conjunto de puntos de control con relaciones geométricas conocidas para fijar la posición de un esferoide. Al igual que el elipsoide, en cada país se adopta un datum según la ubicación geográfica en que se encuentre, actualmente existen más de 50 datums en todo el mundo, la República Mexicana está referida a un datum conocido como NAD 27, que se encuentra en Meades Ranch, Kansas City, en los Estados Unidos de Norteamérica.

Las proyecciones cartográficas, están constituidas por la gradícula imaginaria, formada por la red de meridianos y paralelos que conforman la esfera terrestre, plasmada en una superficie plana.

Al representar una zona de la superficie terrestre sobre un plano, se producen algunas deformaciones, ya sea en la forma de la superficie, sus dimensiones y sus longitudes; por lo tanto los mapas no son representaciones fieles de la superficie terrestre (como podría serlo una fotografía), si no simples aproximaciones de la superficie, quedando su grado de exactitud relacionada con la proyección empleada, porque habrá mapas que consideren ciertas características que le sean buenas, mientras que para otros no los sean, así pues la elección de la proyección está estrictamente ligado a la precisión o exactitud que se desea tener y al objetivo que se persiga.

Existen varios tipos de proyecciones y cada una posee cierta cualidad que la hace diferente. La selección de la proyección adecuada está ligada a la propiedad que se desee conservar en el mapa, estas propiedades pueden ser:

a) La forma, b) El área, y c) la distancia y d) La dirección verdadera.

Las proyecciones que conservan las propiedades anteriores son:

a) Proyecciones Equivalentes

Esta proyección es también conocida como, equi-área, homolográfica o autálica. Tiene la característica de conservar las áreas en todo el mapa o carta a escala, aunque cambian en las formas. Esta proyección es de gran utilidad, cuando se quiera observar la totalidad de la superficie terrestre tomando en cuenta su extensión o superficie real.

b) Proyecciones Conformes:

Las proyecciones conformes, mantienen las zonas que representan con su forma original. Este tipo de proyección es principalmente utilizada en la navegación aérea y marítima, ya que, los meridianos y paralelos se cruzan en ángulos rectos en su intersección. Dichas proyecciones son clásicas de mapas a escalas grandes y escalas medias.

c) Proyecciones Equidistantes:

Las proyecciones equidistantes o de igual distancia, tienen la característica de proporcionar distancias exactas en diferentes puntos de un mapa con relación al punto central del mapa en cuestión.

d) Proyecciones Azimutales:

Estas proyecciones tienen como finalidad dar direcciones verdaderas para todos los puntos de la hoja con respecto al centro de la misma (o de algún punto en especial). Así mismo puede ser cualquiera de las anteriores.

Las proyecciones antes citadas presentan cualidades propias de cada una de ellas, por lo que según su objetivo para el que se utilicen, unas puedan parecer mejores que otras, lo ideal sería que una proyección incluyera las cuatro características, ya que si se quiere conservar una la otra la modifica.

También las proyecciones se clasifican por el tipo de cuerpo geométrico sobre el que se proyecta la superficie terrestre y pueden desarrollarse sobre un plano (Fig 8). Estas proyecciones se clasifican en cilíndricas, cónicas y azimutales.

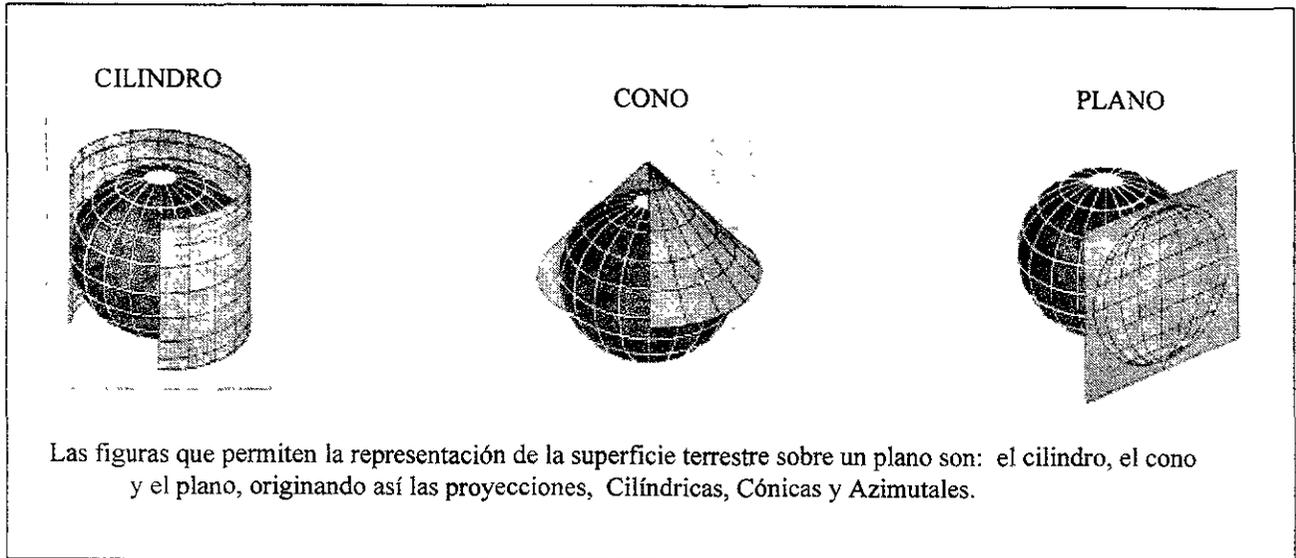


Fig 8

Fuente : Atlas of the World

1.5.1 Cilindro

Proyecciones Cilíndricas:

Esta proyección resulta al enrollar un cilindro en torno al globo terrestre de manera que sea tangente o secante al planeta, aquí los meridianos se proyectan como líneas rectas perpendiculares al Ecuador, y los paralelos a éste, con un espaciamiento variable pero definido matemáticamente.

- a) La Proyección Normal (Fig 9), fue ideada por el holandés Gerhardus Krammer, a quien más bien se le conoce con el nombre de Mercator. Esta proyección está representada por un cilindro que envuelve a la Tierra formando en la intersección de los meridianos y paralelos un ángulo de 90 grados y se llama transversa porque su eje es perpendicular al de Tierra.

Las superficies representadas cerca del Ecuador no sufren deformaciones, al contrario de las zonas polares las cuales se alargan, deformando así su forma real (la separación de los paralelos aumenta en las latitudes altas), dicha proyección se puede utilizar desde el Ecuador hasta los paralelos 80 grados norte y sur.

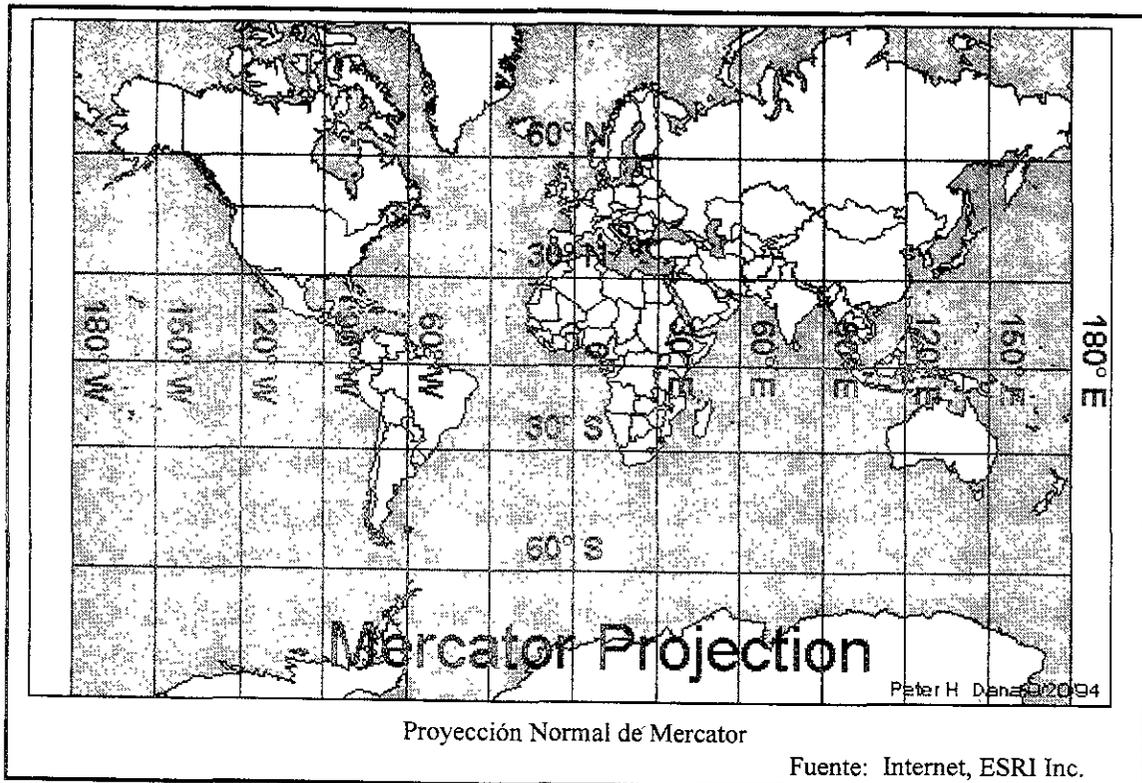


FIG 9

2) La proyección Universal Transversa de Mercator, es una proyección conforme donde los ángulos medidos basándose en los cálculos en función de las coordenadas de la cuadrícula, se aproximan a sus valores reales o verdaderos; en el concepto de que cualquier punto las correcciones a las distancias son las mismas en todas las direcciones; razón por la cual la conformidad constituye una ventaja muy importante para los usuarios que emplean valores numéricos a la cuadrícula.

- Características de la Proyección UTM, utilizada en la República Mexicana:

- La U.T.M. se construye con el eje de las "X" en el Ecuador y las "Y" en el meridiano central.
- Los meridianos son líneas curvas cóncavas hacia el Meridiano Central que es una línea recta que se intercepta en ángulo recto con el Ecuador.
- Los paralelos son líneas curvas cóncavas hacia el Polo más cercano.

- El Ecuador es una línea recta, y el meridiano central también.
- Los paralelos están espaciados a su distancia verdadera sobre el meridiano central.
- El cilindro es secante a la Tierra y la corta en 2 puntos separados 6 grados.
- Al girar el cilindro 6 grados forma una faja que se llama huso meridiano.
- Los husos meridianos se cuentan desde 180 grados hacia el Este.
- Al girar 360 grados, forma 60 husos meridianos.
- Es una proyección conforme.

(Apuntes de Análisis e Interpretación de Mapas, 1996).

- Principios básicos de la cuadrícula U.T.M.

- Las zonas se enumeran de izquierda a derecha, del 1 hasta el 60.
- Al existir 60 zonas UTM, también habrá 60 meridianos centrales.
- Unidad de medida para la cuadrícula UTM: el metro
- Cada zona de cuadrícula mide 6° de ancho en longitud y 8° de latitud.
- La latitud de origen es la línea del Ecuador que tiene en cada zona, cuyo valor es de 0°.
- El meridiano central es una línea recta en cada proyección.
- El Ecuador en el sistema UTM, es una línea recta en cada zona de proyección.
- El valor cuadrangular de un punto, es aquel cuyo valor se le aumentará o disminuirá el valor del meridiano central (500 000 metros).
- Si el punto esta ubicado hacia el Oeste del meridiano central, el valor cuadrangular será el que resulte de restarlo al meridiano central (500000 m, menos el punto), y si esta al Este, entonces será aquel que resulte de sumarlo a dicho meridiano (500 000 m, más el punto).
- El valor cuadrangular del polo Sur será de 0 metros a 10 000 000 de metros en el Ecuador y del Ecuador "0" metros a 10 000 000 de metros en el polo norte.

Los meridianos centrales tienen su inicio a partir del Meridiano de Greenwich que es el meridiano que equivale a 0° , el 1er M.C. se encuentra en los 3° y los siguientes continúan cada 6° siendo la numeración la siguiente, 9° 15° 21° 27° hasta 177° de longitud, en los dos sentidos, es decir al Este y al Oeste.

El espacio comprendido entre las líneas de cuadrícula, se conoce como: "intervalo cuadrícula", y se encuentra anotado en la información marginal, los intervalos están diseñados de acuerdo a la escala del mapa y las cuales son:

- 1000 m a las escalas de 1:25 000 y 1: 50 000.
- 10 000 m a las escalas de 1: 100 000, 1: 250 000 y 1: 500 000.
- 100 000 m a la escala de 1: 1 000 000.

(Manual de Cartografía SEDENA 1992).

La figura 10, muestra como se encontrarían dispuestas las zonas UTM, vistas desde algún polo. El 1er círculo muestra los valores de longitud cada 6° y los límites de cada zona. El 2do círculo indica el número de zona UTM, y el 3ero el valor correspondiente en grados para los meridianos centrales de cada zona.

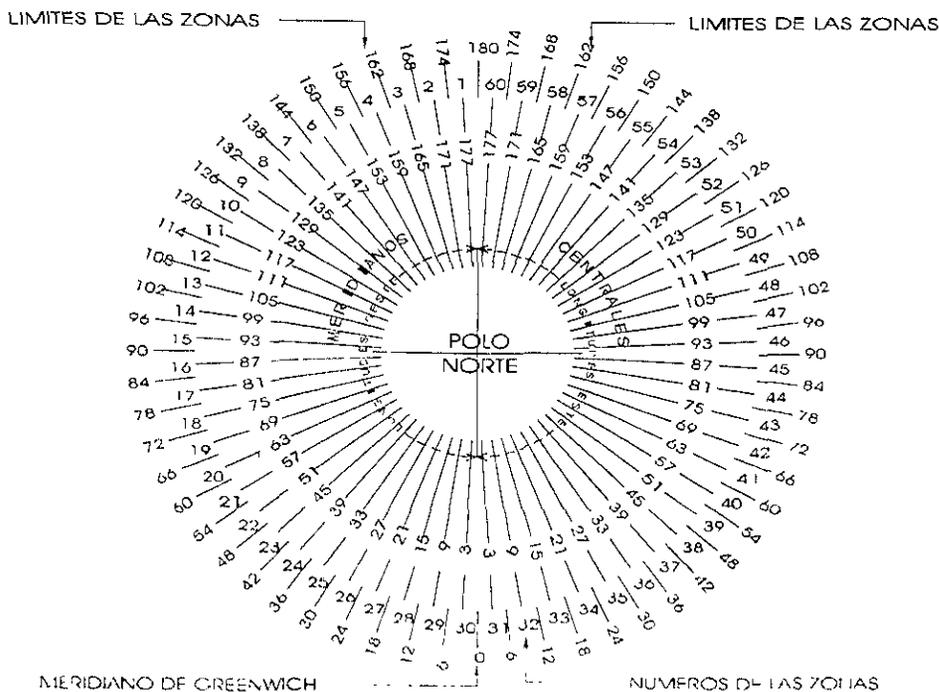
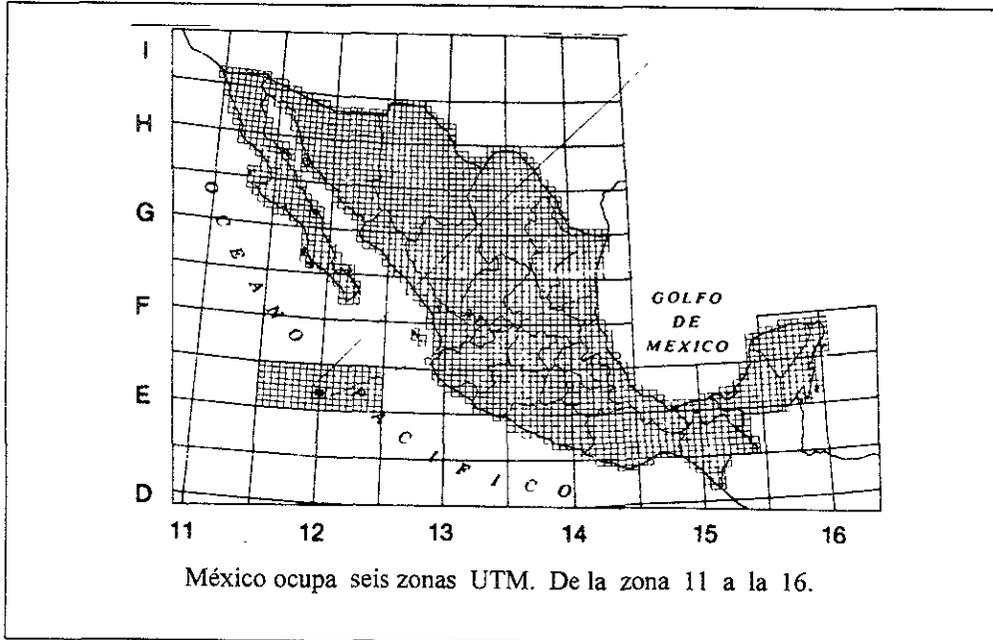


Fig 10

Nuestro país abarca 6 zonas UTM (fig 11), y se encuentra situado al Oeste del meridiano de Greenwich, que es el meridiano de 0° . Estas zonas son: 11, 12, 13, 14, 15 y 16, los meridianos centrales son: 87° , 93° , 99° , 105° , 111° y 117° .



1.4.2 Cono

Fig 11

Proyección Cónica:

Esta proyección resulta de un cono sobre el globo terrestre, aquí los paralelos son circulares y sus meridianos radiales. El cono puede ser tangente o secante al esferoide. Este tipo de proyección es adecuada para representar regiones alargadas en dirección este-oeste. La proyección cónica puede realizarse conservando sin cambio los ángulos formados por las líneas (proyección conforme), o bien conservando las distancias (proyección equidistante).

1. Proyección Cónica Simple:

Se le conoce así a la proyección del globo terrestre desde su centro sobre un cono tangente, que al desenrollarse es cortado por una de sus generatrices, a esta proyección también se le conoce con el nombre de proyección cónica tangente o

cónica pura. Esta proyección por lo regular no es utilizada en su forma original, porque presenta un espaciamiento desigual entre sus paralelos.

(Manual de cartografía, SEDENA 1992).

2. Proyección Policónica:

Esta proyección a diferencia de la anterior está representada por varios conos de diferentes alturas tangentes cada uno al paralelo de origen. Una característica de esta proyección es que “cerca del meridiano central su proyección es conforme y equivalente, y cuando se va alejando del meridiano central va perdiendo esta propiedad. En esta proyección el meridiano central, aparece como una línea recta, y todos los demás meridianos son curvas con el lado cónico hacia el meridiano central a medida que se aproxima hacia el Polo”⁴.

3. Proyección Cónica Conforme de Lambert:

Esta proyección fue creada por el alemán J. Lambert. Aquí el cono se hace secante al globo terrestre, donde los puntos de intersección del cono con el globo pasan por dos paralelos llamados base. En esta proyección los paralelos concéntricos están distanciados de tal forma que cada cuadrilátero tiene las mismas proyecciones que el globo; en el concepto que los meridianos radiados desde el centro de los paralelos cortan a los dos paralelos principales en partes de verdadera magnitud.

La elección de los dos paralelos base, está estrechamente ligado con la zona de la superficie terrestre que se desee representar. (Manual de cartografía, SEDENA 92)

⁴. Manual de Cartografía. SEDENA Marzo 1992

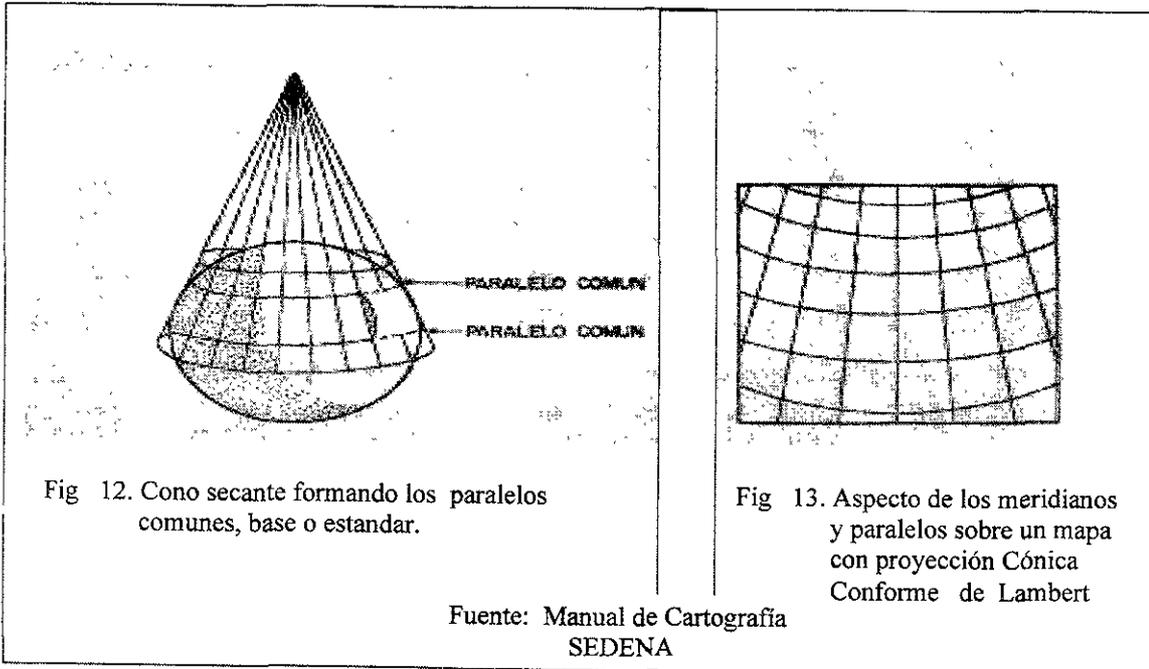


Fig 12

Fig 13

1.5.3 Plano (Azimutales)

A estas proyecciones también se les conoce como cenitales o azimutales y son aquellas que se desarrollan sobre un plano tangente al esferoide en un punto que es el centro de la proyección (fig 14 y fig 15), sus propiedades más notables son:

- Conserva los azimutes en todas las direcciones, iniciadas desde el centro de la proyección, y conserva las distancias medidas a partir de dicho centro.

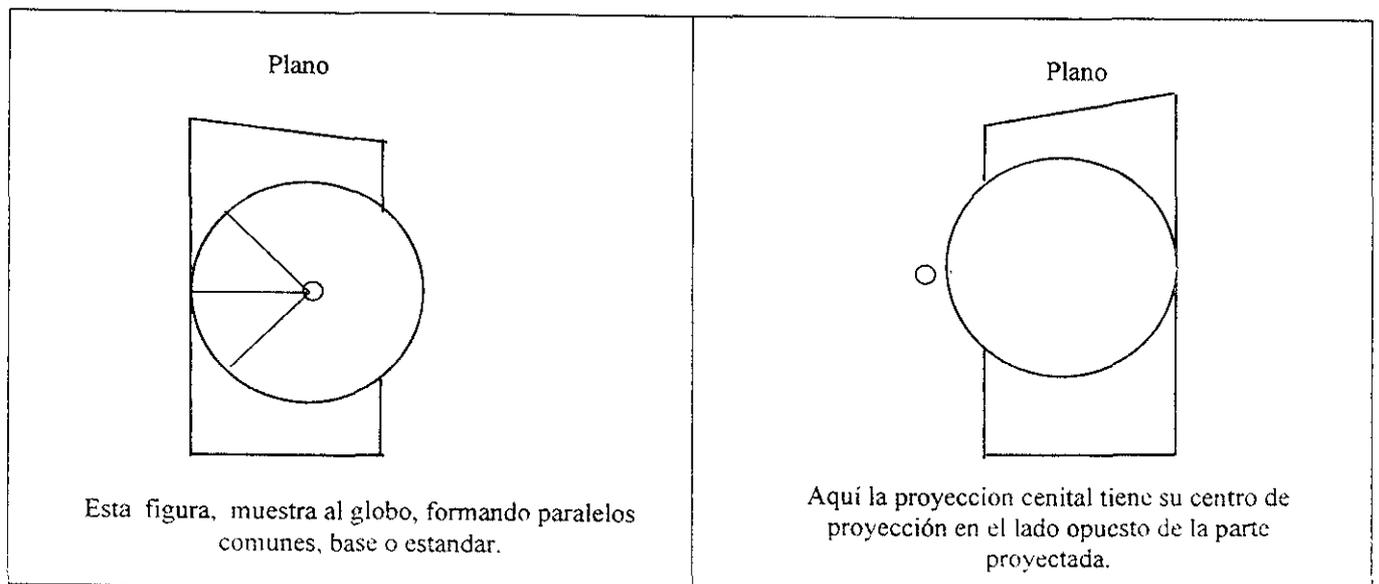


Fig 14

Fig 15

Además de las proyecciones ya mencionadas, hay otras conocidas como proyecciones perspectivas o azimutales. Las propiedades de la cuadrícula dependen de las posiciones relativas de la superficie de proyección, y del punto de vista origen, entre estas representaciones se encuentran las siguientes:

1. Proyección Gnomónica

En la proyección Gnomónica, el punto de vista coincide con el centro de la esfera y el plano de proyección es tangente a esta.(fig 16).

Esta proyección puede ser de 3 tipos, a) ecuatorial, si el plano de proyección es tangente a la Tierra en un punto del Ecuador; b) polar, cuando el punto de tangencia esta en uno de los polos y c) oblicua, cuando el punto de tangencia no está ni en el Ecuador ni en los Polos.

(Manual de Cartografía. SEDENA, 1992).

PROYECCIONES GNOMÓNICAS

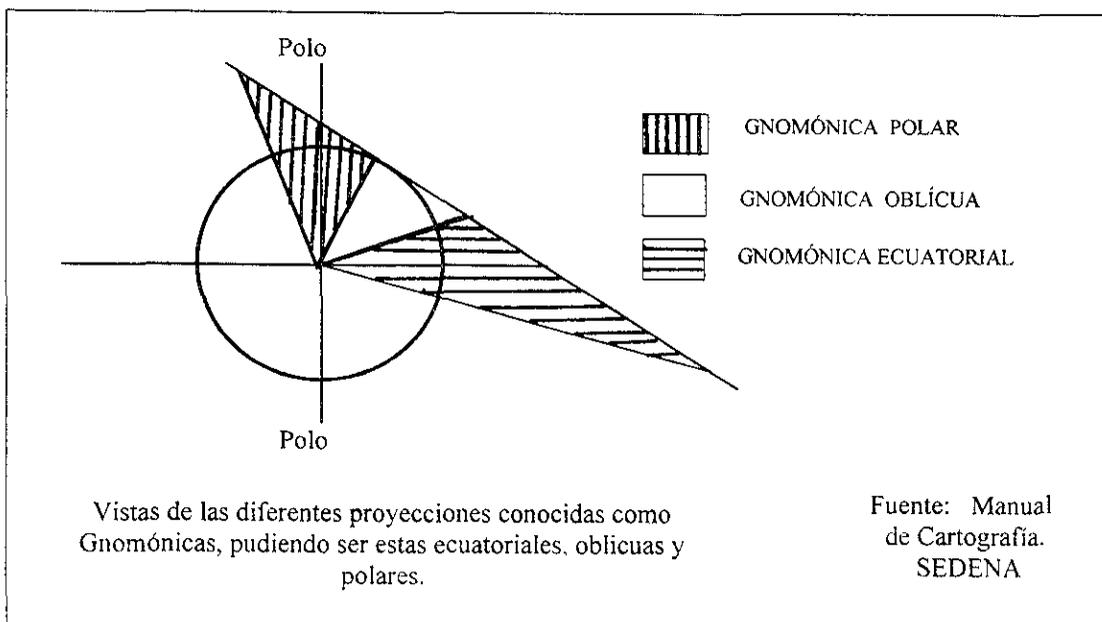


Fig 16

2. Proyección Estereográfica:

El centro de proyección se encuentra sobre la superficie de la esfera y es diametralmente opuesto al plano de proyección, en tanto que el punto de vista se encuentra sobre la esfera. Esta proyección es empleada para representar regiones polares y mapas celestes. Su variante transversa, se utiliza para representar un mapa-mundi y la oblicua un hemisferio, las bajas latitudes y las regiones próximas a uno de los polos. (fig 17).

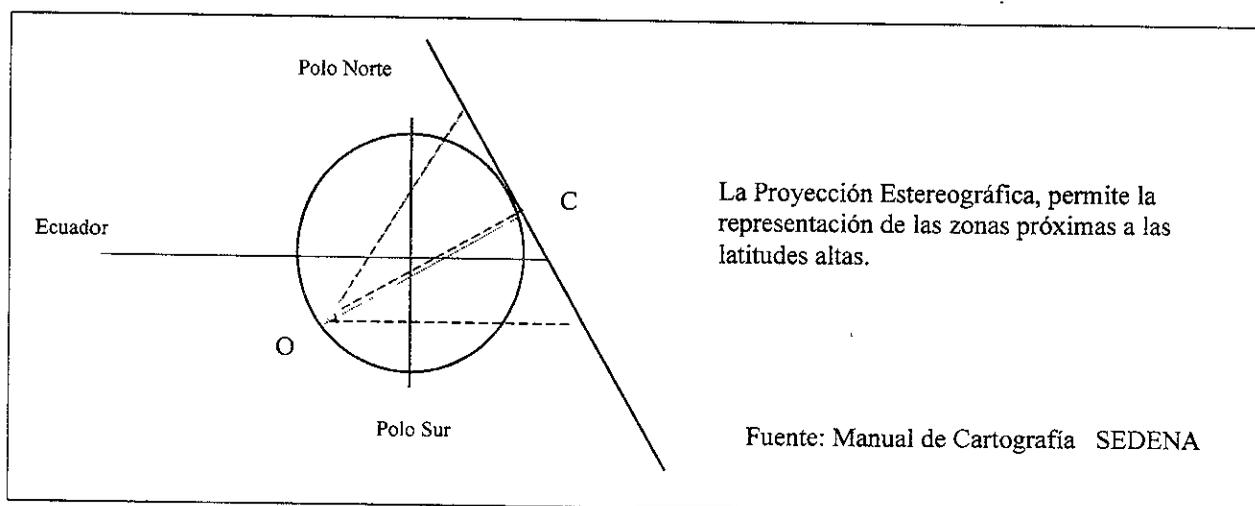


Fig 17

3. Proyección Ortográfica:

También se le conoce como Ortogonal, en esta proyección el punto de vista se localiza en el infinito por lo que sus radios o visuales son paralelos, también puede ser del tipo ecuatorial, polar u oblicua.(fig 18).

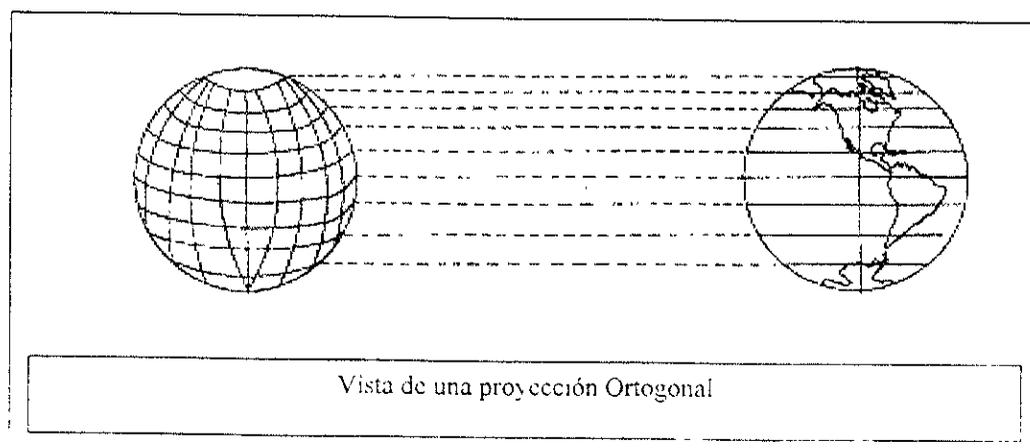


Fig 18

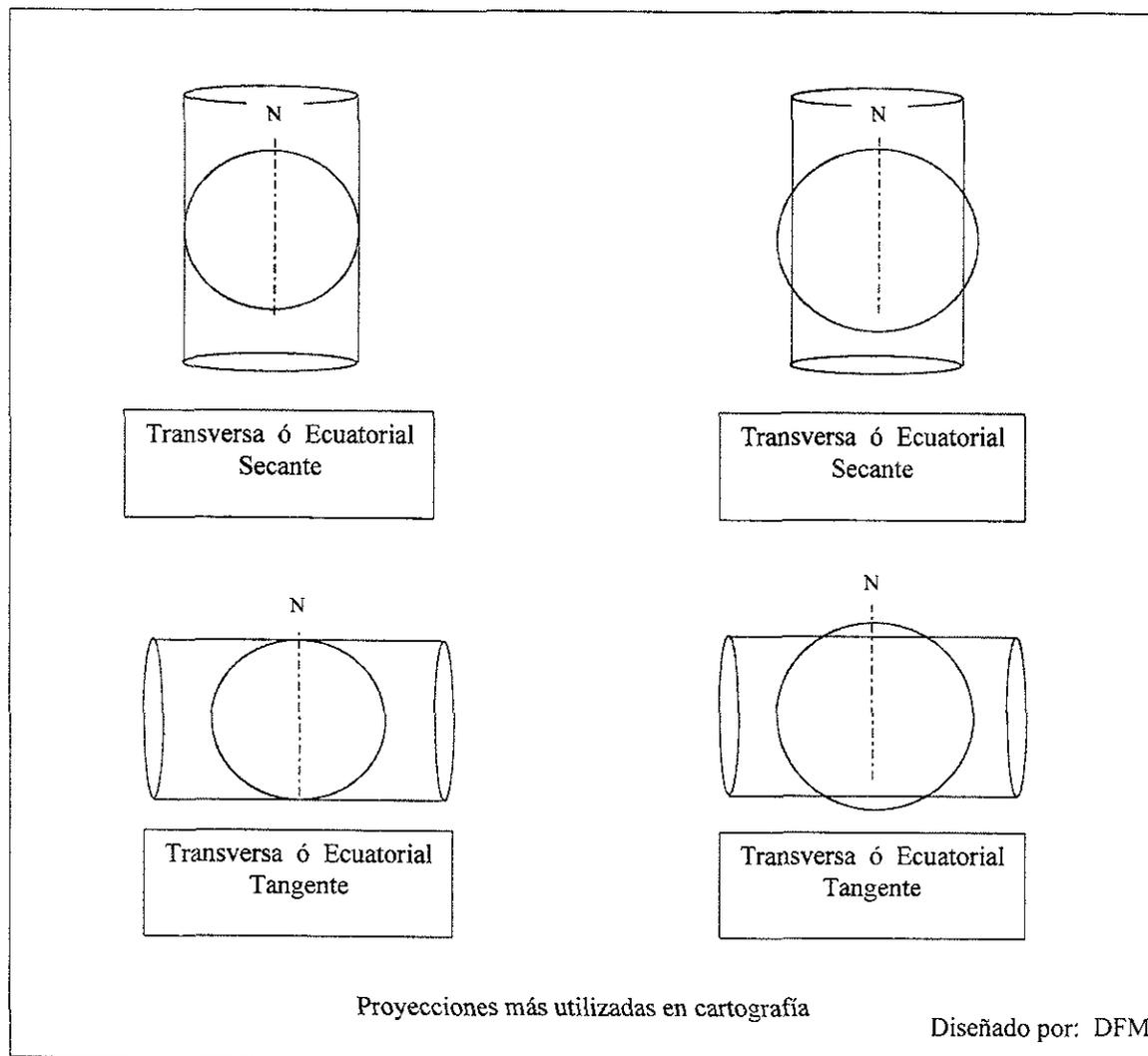


Fig 19

En México son tres las proyecciones más usadas, estas son: la proyección ortogonal, la Cónica Conforme de Lambert y la Universal Transversa de Mercator, siendo INEGI y la SEDENA la mayoría de la cartografía realizada en nuestro país esta diseñada sobre esta proyección.

Algunas veces en los mapas no aparece impresa el tipo de proyección en el que fue diseñado. Identificar una proyección en estas condiciones es una tarea difícil, uno de estos procedimientos consiste en realizar un análisis cuidadoso de la disposición de los meridianos y paralelos, para saber si estos se separan, se unen, o conservan un patrón, por ejemplo:

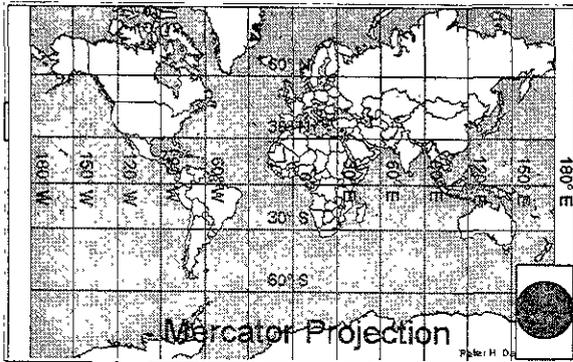


Fig 20

- Si se observa que los meridianos y los paralelos son líneas rectas perpendiculares que se interceptan formando ángulos de 90° y además el tamaño de los países de las latitudes altas están representadas por dimensiones mayores a las verdaderas, es característico de una proyección cilíndrica. (Fig 20).

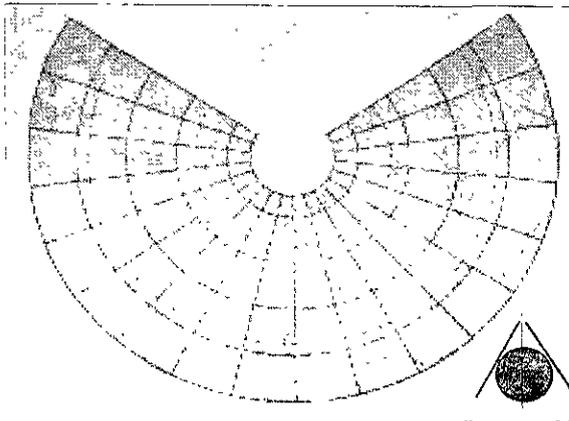


Fig 21

- Si sobre el globo se coloca un cono, con su vértice sobre uno de los polos, será tangente en un paralelo (círculo concéntrico al polo) y al proyectarse sobre la superficie terrestre, se producirá una proyección cónica, pero con la característica de que presenta un corte en uno de sus meridianos, los cuales son líneas que convergen en uno de los polos. (fig 21)

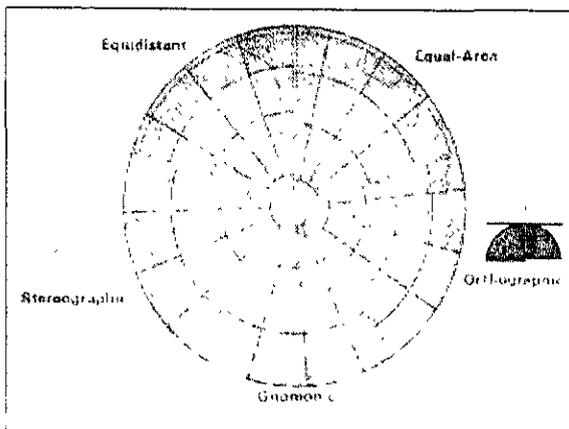


Fig 22

- En este caso si un plano es tangente a la Tierra en uno de sus polos (N ó S), y los paralelos están proyectados como círculos concéntricos al polo, y los meridianos aparecen como radios que convergen en el polo, es una proyección azimutal polar. (fig 22).

CAPITULO II

LENGUAJE CARTOGRÁFICO

2.1 Imagen Cartográfica

“La cartografía puede ser considerada como un lenguaje, podría compararse cada imagen con las palabras de la frase hablada, formadas ellas mismas por letras, que equivaldrían en nuestro caso a los signos y símbolos⁵”

La imagen cartográfica esta referenciada por tres elementos, los cuales son: X (latitud), Y (longitud), y Z (elevación), que en conjunto permiten conocer la ubicación o localización de un punto sobre el plano, haciéndolo en tres dimensiones. El posicionamiento se produce por medio de un sistema cuadrangular conocido como sistema de coordenadas, para lo que se cuenta con:

- a) Coordenadas geográficas que se expresan en grados, minutos y segundos, compuesta por la red de meridianos y paralelos.
- b) Coordenadas numéricas mejor conocidos como coordenadas UTM, expresadas en unidades métricas o kilométricas.

A estos dos sistemas se les conoce como gradícula y cuadrícula respectivamente. Por su parte la altura se expresa por medio de una variable visual de tipo lineal es decir, una línea de color sepia con un acotamiento que equivale a la altitud sobre el nivel del mar.

La dimensión, tamaño o distancia de un elemento o zona en especial, se obtiene a partir de una relación de ampliación o reducción de un elemento sobre el plano y

⁵. Joly, Fernand. La Cartografía. pag 69

sus correspondientes dimensiones en el terreno conocida como escala, la cual puede ser gráfica o numérica.

Cuenta también con figuras, signos, símbolos, colores, líneas y tramas, dichos elementos conforman el lenguaje propio de los mapas, el cual puede ayudar a descubrir las relaciones entre el espacio geográfico y lo que se representa, por medio de su ubicación y distancia espacial, a este lenguaje se le conoce como semiología y es la forma en la cual se expresa la información plasmada en los mapas.

Los elementos mencionados anteriormente conforman al mapa mismo el cual es un documento que permite identificar zonas homogéneas, y el cual puede estar integrado por una o varias imágenes superpuestas. (Joly 1979).

2.2 Variables Visuales en Cartografía

Las variables visuales cartográficas son instrumentos que facilitan la representación de la información geográfica, en un nivel cartográfico cualitativo o cuantitativo.

Las variables visuales se representan sobre una superficie de referencia, que en este caso es el plano, el cual es el soporte de toda representación gráfica, cartográficamente se define como “la superficie que pasando por la vista perpendicular al plano óptico y por consiguiente paralela al horizonte; compuesto por dos dimensiones (x, y), homogéneo, contijnuo y georreferenciado con base en un sistema de coordenadas planas⁶”.

⁶. Antonio Flores y Javier E. Thomas B. -Revista Cartográfica Num 61- Pag 6

Las variables visuales se representan a partir de un símbolo figurativo visible, el cual se implanta por medio de tres formas.

2.2.1 Formas de Implantación

“La implantación es la representación gráfica que cualquier dato puede recibir en una presentación planimétrica de 2 dimensiones⁷”.

A) Implantación Puntual. Se realiza por medio de un símbolo puntual, el cual significa un punto en el plano, no posee longitud, ni superficie, este puede situarse con una gran precisión sobre la superficie del plano y puede cubrir una superficie mínima. Dicha implantación puede variar si se combina con otras variables visuales. (fig 23).

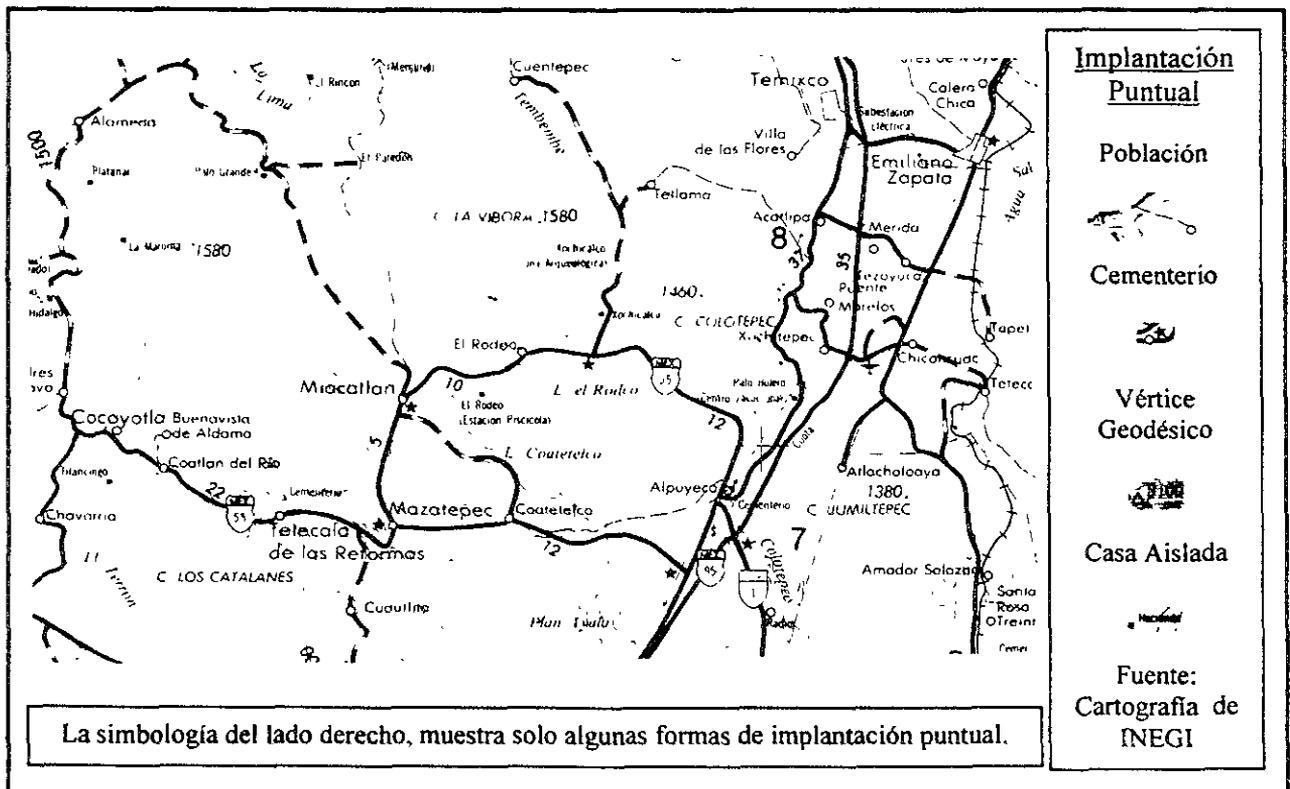


Fig 23

7. Ibidem

B) Implantación Lineal. Se efectúa por medio de una línea, la cual representa una longitud, un ancho determinado y una posición, pero no representa áreas, pero si un límite o frontera, trayecto o dirección. (fig 24).

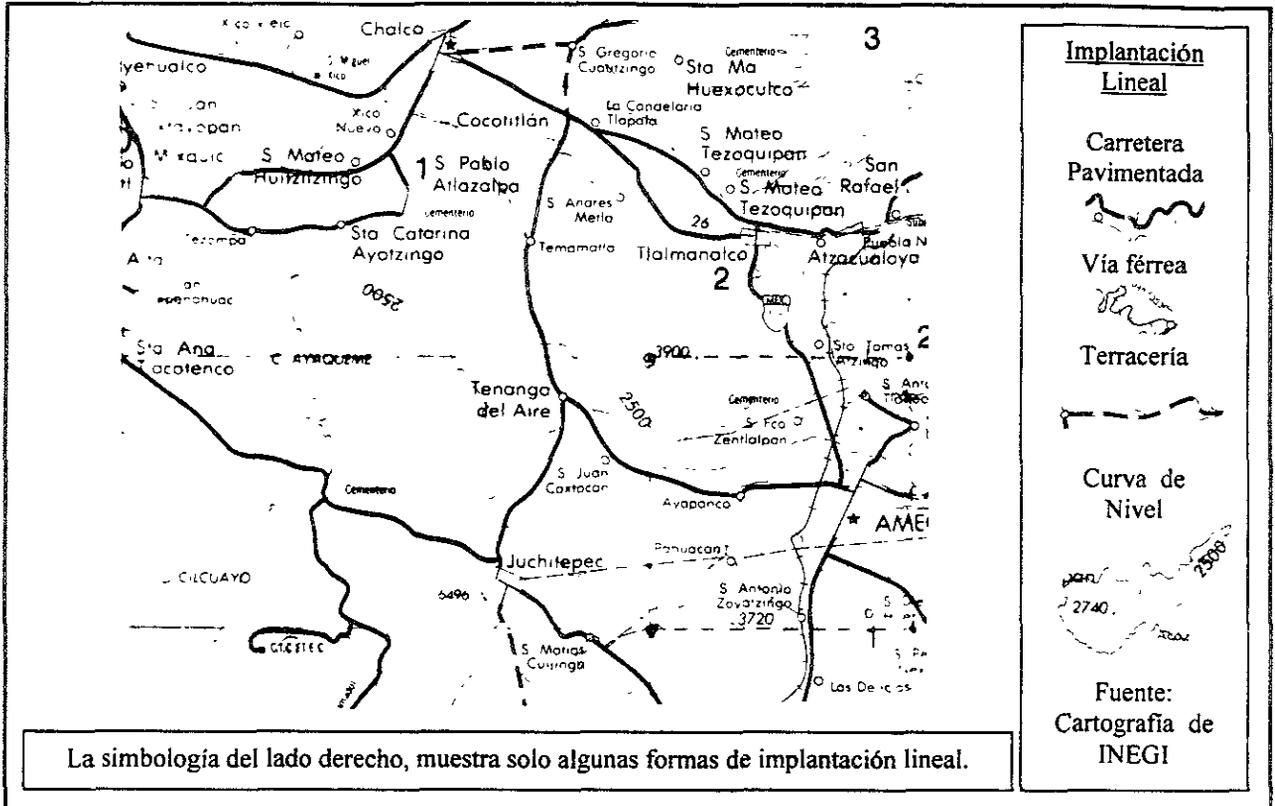


Fig 24

C) Implantación Zonal.

Esta forma de implantación es de tipo áreal, es decir, ocupa un área, zona o región y la cual puede medirse sobre el mapa. (fig 25)

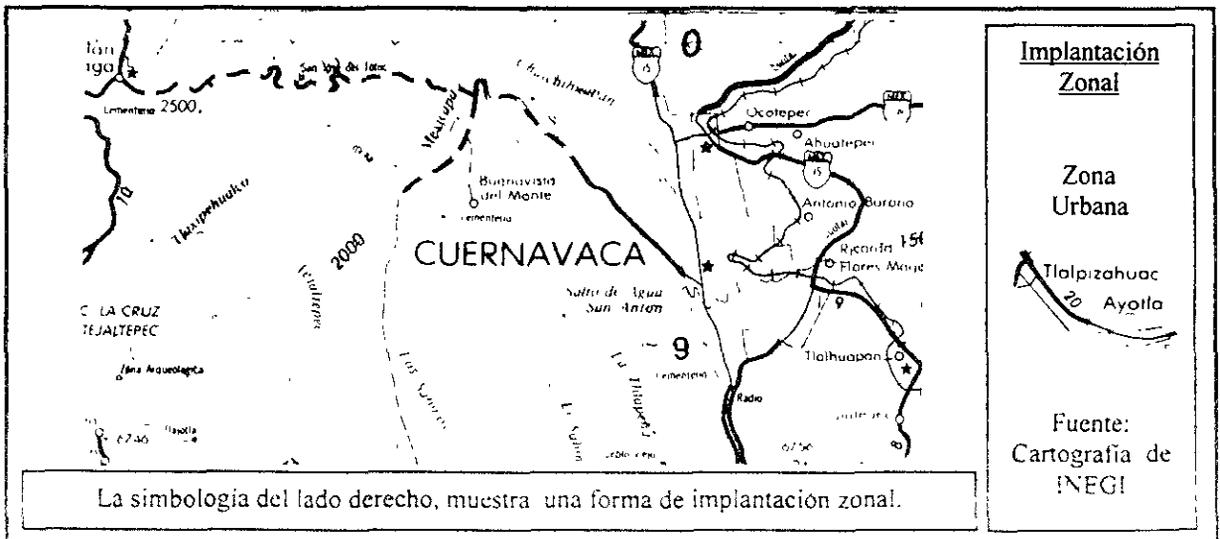


Fig 25

La información plasmada en el mapa por medio de variables visuales posee diferentes tipos de propiedades perceptivas, que le permiten al usuario de los mapas, identificar, ordenar, cuantificar y asociar la información cartográfica.

2.2.2 Formas de Percepción

La percepción es forma de concebir un objeto por medio de los sentidos.

1. Selectiva:

Esta percepción permite apreciar la información en forma selectiva, es decir permite separar, o aislar los objetos con características correspondientes a una misma clase o jerarquía, formando conjuntos. (fig 26)

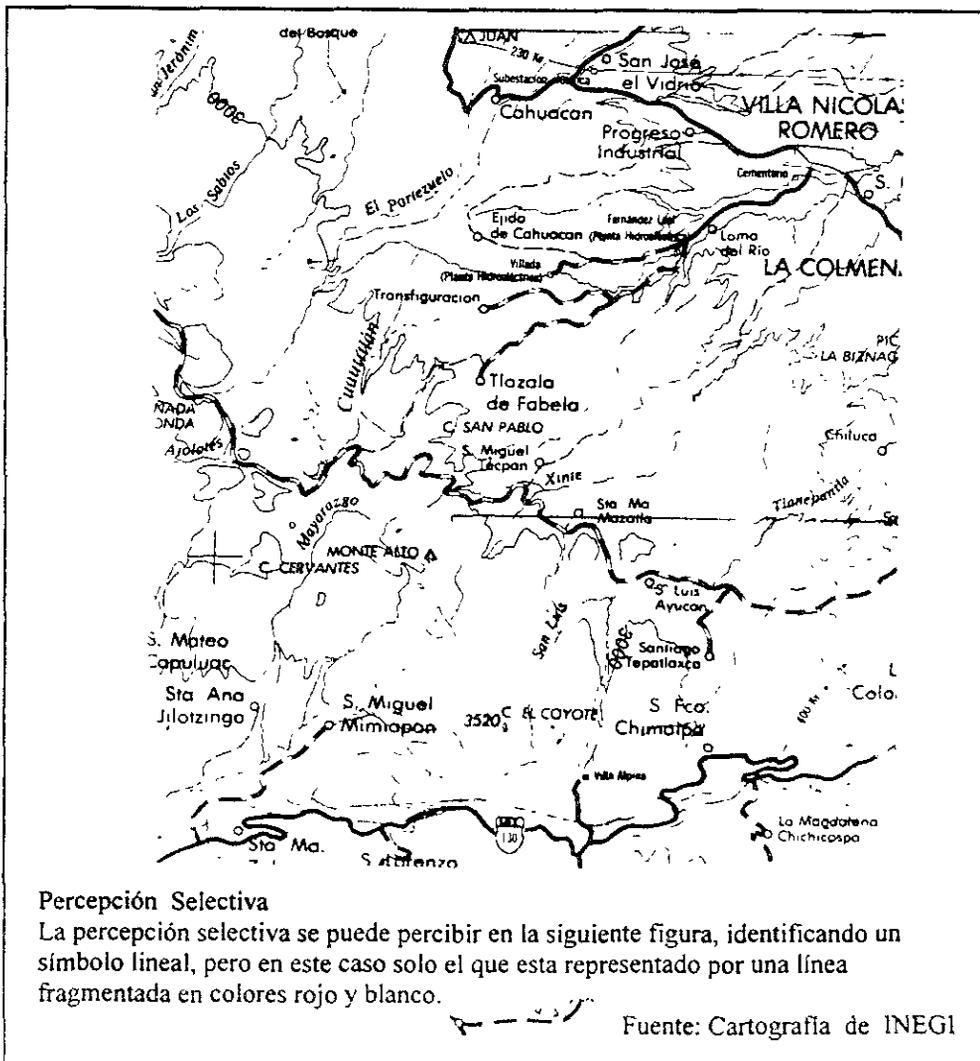


Fig 26

2. Asociativa:

Esta percepción permite poner al descubierto las propiedades que existen entre todos los objetos cartografiados. Esta variable facilita la identificación de zonas homogéneas, por lo que es posible formar grupos y familias. (fig 27)

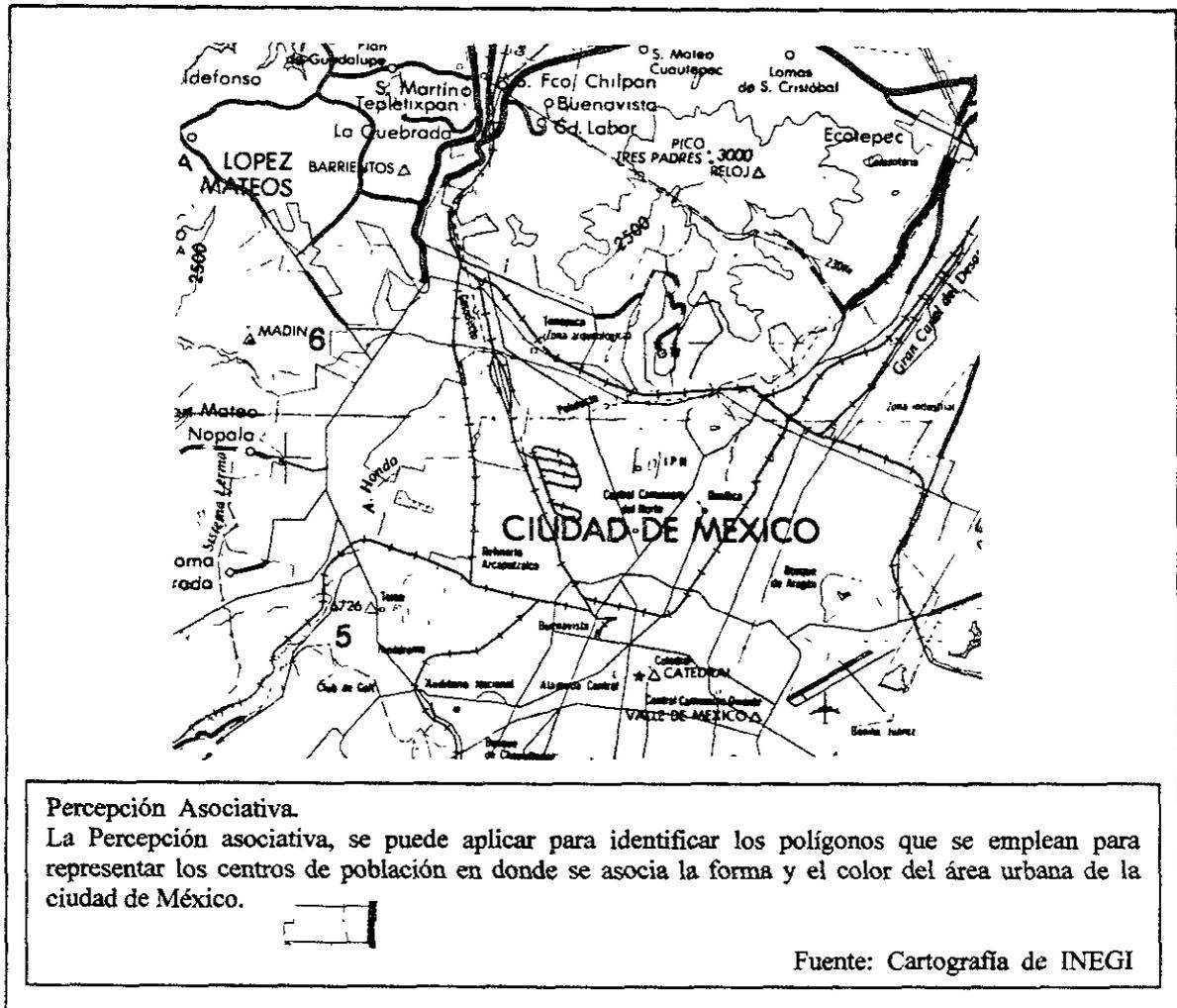
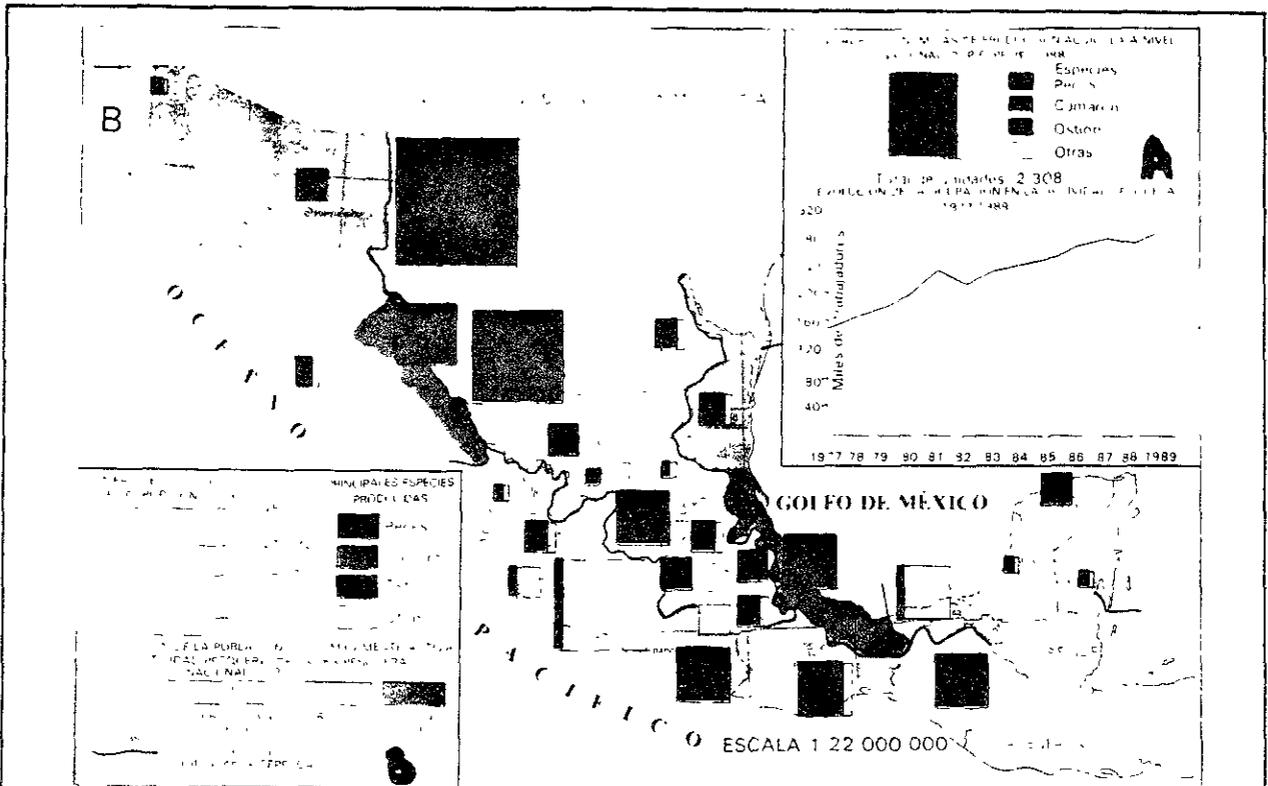


Fig 27

3. Ordenada:

La percepción ordenada se presenta cuando es posible identificar o reconocer a simple vista categorías o clases con una variación progresiva, es decir cuando existe un orden jerárquico. Si se carece de una variación progresiva no es jerárquica. (fig 28).



Fuente: Atlas Nacional de México

Percepción Ordenada

La percepción ordenada se puede apreciar en la simbología representada por cuadros de diferentes colores, con variación progresiva (orden jerárquico). **A**

Percepción Cuantitativa

La percepción cuantitativa se identifica en la simbología representada por los rectángulos, basados en una unidad patrón **B**

Fig 28

4. Cuantitativa:

“La percepción cuantitativa permite establecer relaciones numéricas. Está fundamentada en la comparación establecida por referencia a un signo tipo (modelo, unidad, patrón) y todas las demás categorías de la variable. La relación numérica que se maneja es lo suficientemente evidente que no hace necesario ir a las convenciones para encontrarla”⁸. (fig 28).

⁸.- Ibidem

2.2.3 Tipos de variables visuales

Existen 6 tipos de variables visuales, la forma, la orientación, el tamaño, el grano, el valor y el color, las cuales permiten darle un valor cuantitativo o cualitativo a la información geográfica plasmada en el mapa por medio la semiología gráfica.

A) Forma:

La forma permite encontrar una relación de similitud entre los objetos y facilita la identificación de estos, destacando algunas características claves. La manera de representar la “forma” es por medio de figuras geométricas, o símbolos figurativos.

- Es una variable asociativa y selectiva, que no expresa orden, jerarquía, o superioridad, es decir no es una variable cuantitativa, permite encontrar elementos similares y a su vez reconocer pequeñas diferencias, su mejor de aplicación es en la implantación zonal, es donde es fácilmente identificable. Si se combina con implantaciones lineales y puntuales se convierte en variable asociativa.

B) Orientación:

La orientación es simplemente la disposición o dirección que se le da a un símbolo figurativo, existen un sinnúmero de posibilidades de orientar un objeto, pero básicamente hay cuatro posiciones: norte, sur, este y oeste.

- La orientación es una representación bidimensional, que permite identificar similitudes entre los elementos, no expresa de ninguna forma una relación cuantitativa, es una variable de tipo selectiva y asociativa, si se combina con una implantación zonal puede alcanzar un nivel selectivo.

C) Tamaño o Talla:

Es una variable que modifica el espacio que ocupa una figura o elemento sobre la superficie sobre el plano.

- Es una variable de tipo cuantitativo, permite jerarquizar la información, facilita la identificación de diferencias entre sus componentes, al combinarse con una implantación puntual y lineal es muy efectiva, ya que tiene un alto nivel de percepción y retención, además de que tiene un alto nivel de lectura.

D) Grano (textura):

Es la proporción de blanco y de negro en la unidad de superficie.

- Expresa una relación de orden, su mejor aplicación es en la implantación zonal, es una buena variable selectiva, permite una visión de conjunto, identificando un mayor número de categorías. No es buena para dimensiones reducidas.

E) Valor:

Es la escala de grises que existe entre el blanco y el negro.

- Es una variable selectiva, permite ordenar y jerarquizar la información, su mejor implantación es la zonal, es de fácil percepción y reconocimiento, si se combina con una implantación puntual puede crear confusiones, su uso es delicado.

F) Color:

Tonalidad clara u oscura de los cuerpos al reflejar la luz.

- El color es una excelente variable selectiva, que se puede asociar fácilmente con otras, no representa jerarquías a menos que se indique en la simbología por medio de rangos, no representa relación numérica, permite una fácil identificación de elementos con características similares. Su mejor implantación es la zonal, posee un alto nivel de percepción y retención.

2.3 Generalización Cartográfica

Una vez que se seleccionó el tema, la proyección y la escala de un mapa es necesario elegir la información adecuada de acuerdo a la finalidad del mapa, que va a ser plasmada en éste, por medio de una simbolización, después se procede a una selección y depreciación de la información, la cual se realiza por medio de un proceso conocido como “generalización”.

A la generalización, muchas veces se le considera como una simple reducción en la escala. Al diseñar un mapa, la generalización, está ligada a varios factores, a) la subjetividad, b) la escala, c) el objetivo del mapa, y d) la legibilidad la cual varía con la escala del mapa, por lo tanto se puede decir que la escala determina el grado de generalización.

“La generalización es una simplificación e inclusive eliminación de detalles e información, resaltando la información más importante⁹”.

En si, es la selección principal en una expresión gráfica, en este caso el mapa. Este proceso tiene como objetivo sintetizar la información.

Con la generalización, se aumenta el nivel de información, tratando en lo posible de no cambiar el mensaje o la distribución de los fenómenos en un mapa. El objeto de la generalización, es darle calidad al mapa, suprimiendo la información que no es esencial, y darle un mayor énfasis a otros elementos básicos del fenómeno representado, en función de la finalidad del mapa.

⁹. Miranda, L. E. Apuntes de análisis e interpretación. 1984 (Inédito).

La generalización, está influenciada por las limitantes gráficas:

1. Físicas: Señaladas por la disminución del espacio en el cual se plasma la información.
2. Psicológicas: Se debe tomar en cuenta las características perceptivas del usuario (lector) y en relación a ellas mostrar la información del mapa.
3. Fisiológicas: Límites para el diseño de la simbolización.

2.3.1 Clases de Generalización

Según John Williams M. (Revista Cartográfica num 61). Existen varias clases de generalización, según el tipo del mapa, éstos pueden ser:

- **Generalización Topográfica:**

Un mapa topográfico contiene una gran cantidad de información y por eso el grado de generalización es mínimo, ya que se busca ante todo conservar las características de los elementos. Para efectuar una generalización en un mapa topográfico, se debe conservar la precisión planimétrica de acuerdo con la escala, mantener la forma y características de los accidentes del relieve; y tener en cuenta la relación entre los elementos del mapa (rasgos hipsográficos, rasgos hidrológicos y rasgos culturales).

- **Generalización Temática:**

En los mapas temáticos existe una mayor libertad para llevar a cabo una generalización, ya que lo que se busca es destacar la representación de un fenómeno en el espacio y los elementos ajenos a él, y la información secundaria irrelevante se suprime o disminuye su representación.

- Según el nivel de generalización está se subdivide en:

- Generalización estructural o gráfica.

Este tipo de generalización se presenta cuando hay unión de líneas y elementos particulares en especial, en un espacio más pequeño, cuando disminuye la escala. Aquí solo se modifican los elementos, pero se conserva la estructura e idea principal del fenómeno representado.

- Generalización conceptual

La generalización conceptual se asocia estrechamente con un cambio en el objetivo del mapa, es decir “modifica la forma de representación de un fenómeno, para responder a un nuevo enfoque y/o a un cambio en el nivel de observación”(ICA 1973:138)¹.

<p>GENERALIZACIÓN.</p> <p>A) LAGO DE DOMBES A 1:1 000 000 (BERTIN)</p> <p>B) GENERALIZACIÓN ESTRUCTURAL</p> <p>C) GENERALIZACIÓN CONCEPTUAL</p> <p>Fuente: Joly, Fernand</p>	<p>A</p> <p>Reducción del mapa IGN a 1:500 000</p>
<p>B</p> <p>Generalización Estructural de la representación anterior.</p>	<p>C</p> <p>Generalización Conceptual contorno de la región de los lagos.</p>
<p>Los cuadros A, B y C, presentan la imagen del mismo lago, solo que en B se muestra la generalización estructural (conserva la forma, disminuye el detalle). y C generalización conceptual (se mantiene la idea, pero sin detalles)</p>	

¹⁰ - John Williams M y Antonio Florez - Revista Cartografica Num 61-

2.3.2 Procesos de la Generalización

Para poderse llevar a cabo el proceso de la generalización, es necesario recurrir a varios métodos como: la simplificación, la selección, la simbolización, la clasificación, además de la omisión, el desplazamiento, exageración y la armonización.

- **Simplificación.**

Esta se produce cuando los elementos a representar son demasiados complejos y confusos y no se pueden representar con facilidad, por lo que se hace necesario la simplificación suprimiendo rasgos y características no esenciales, la simplificación esta sujeta a la escala.

- **Simbolización.**

La simbolización incluye a la generalización ya que gracias a un signo o símbolo es posible representar un fenómeno en el mapa. -La simbolización está relacionada con la escala, ya que si esta cambia, los símbolos también- (Dent 1985).

- **Selección.**

Es un proceso donde precisamente se selecciona minuciosamente los elementos más importantes del mapa, tomando en cuenta los el tema y los objetivos para el que se diseña la carta.

- **Clasificación.**

“La clasificación reduce la complejidad del mapa ayudando a organizar el mapeo de la información” (Dent 1985), la clasificación esta determinada por la escala, ya que si esta disminuye, se necesita hacer una reclasificación de la información, esta

clasificación se emplea mucho con información cuantitativa.

- Omisión.

En este proceso se descartan algunas características de un elemento o fenómeno seleccionado, este proceso depende del espacio disponible, lo que origina que se omitan algunos detalles y características, esta omisión de elementos depende básicamente del cartógrafo. (Flores y Williams. Revista Cartográfica num 61. 1992)

- Armonización.

Es un equilibrio básico de los detalles del mapa, es decir “preservar las relaciones espaciales que existen entre todos los elementos de la carta, y el equilibrio gráfico de los detalles, en función de la importancia relativa que se le conceda¹¹”

- Exageración.

Este proceso tiene como objetivo resaltar información relevante y que debido a su tamaño no se percibe con facilidad, esto hará que el documento sea más informativo, permitiendo distinguir con facilidad la información previamente seleccionada. La exageración del mapa está estrechamente ligada al tema, legibilidad y objetivos del mapa.

- Desplazamiento.

El desplazamiento depende de la exageración, ya que cuando se desee resaltar un objeto exagerándolo, se tendrán que mover otros elementos, con el fin de mantener una distribución acorde.

Todos los procesos citados anteriormente son herramientas que permiten darle mayor calidad a la información y están relacionados directamente con el juicio del

diseñador del mapa, el tema, la finalidad de la carta, el público al que va dirigido y sobre todo a la escala del mapa.

Resumiendo se puede decir que la generalización es un conjunto de procedimientos, por los cuales el cartógrafo reduce o cambia el nivel o enfoque de la información, y por medio de los cuales se puede establecer sobre un mapa, un fenómeno o relaciones de un espacio geográfico determinado, resaltando puntos claves para cumplir los objetivos del mapa, el tema, la escala y la zona representada.

2.4 Semiología Gráfica y Simbolización

Los mapas al ser representaciones de la superficie terrestre, necesitan expresar la información que contienen a través del empleo de un lenguaje especializado, para que esto se lleve a cabo la cartografía recurre a la utilización de la Semiología. La palabra semiología, proviene del griego “simeon” que significa “signo o símbolo” y “logos” que significa “tratado”. Así pues, la Semiología, es la ciencia que estudia la utilización y el significado de los signos, que aunados a las variables visuales, tienen la capacidad de transmitir la información geográfica o no, a un usuario potencial determinado, a este lenguaje codificado se le conoce como lenguaje cartográfico.

El símbolo es un diagrama, letra, carácter o figura, que se emplea en las cartas o mapas, y de acuerdo a una leyenda representa una característica específica. Además, el símbolo ayuda a descubrir las relaciones entre el espacio geográfico y

¹¹ Caire, I. Jorge Cartografía Matemática

los fenómenos que ocurren sobre éste por medio de su ubicación y distribución espacial.

Existen tres formas básicas de plasmar la simbología en los mapas, por medio de los símbolos puntuales, lineales, y zonales. (JOLY 1979)

2.4.1 Símbolos Lineales

Los símbolos lineales (fig 30), son aquellos que tienen por objetivo la representación de un fenómeno lineal, ya sean continuas o punteadas, estos símbolos se emplean para representar algunos rasgos hidrográficos, como son los ríos intermitentes y perennes; los límites nacionales e internacionales es decir la línea fronteriza; las variables como la altura (curvas de nivel); la temperatura (isotermas); la presión (isobaras); las vías terrestres; como son las carreteras, las veredas, brechas, terracerías, vías del ferrocarril, etc.

SIMBOLOS LINEALES

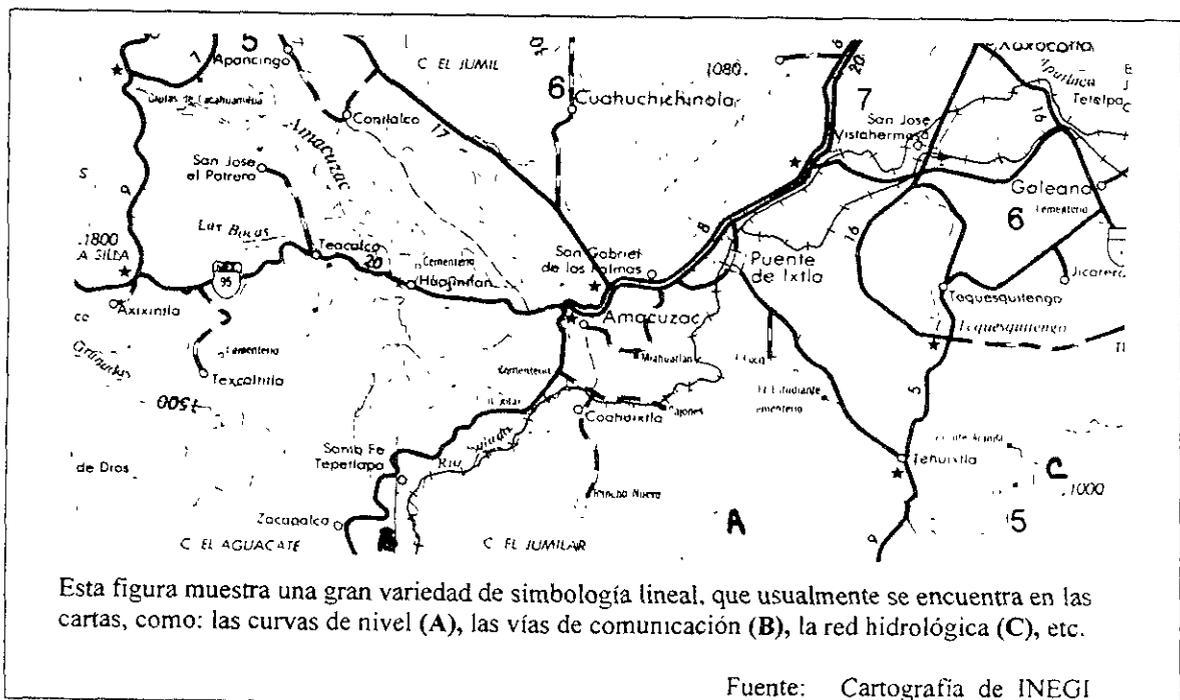


Fig 30

El objetivo de la línea es representar un límite, un trayecto, una longitud o una dirección, no representa área alguna, pero es la línea divisoria entre estas. El significado de las líneas puede variar con la aplicación de las variables visuales como son el grano, el ancho, el tamaño, el color, etc. Generalmente en este tipo de simbología a base de líneas se exagera la anchura del objeto lineal, y no corresponde en ningún momento a la realidad.

2.4.2 Símbolos Puntuales.

Los símbolos puntuales (fig 31), están compuestos por puntos y por pequeñas figuras geométricas, que se utilizan para representar fenómenos puntuales, aquí el significado es subjetivo y depende exclusivamente del tema, en los mapas topográficos representan vértices geodésicos, bancos de nivel, estaciones meteorológicas, etc. Un símbolo puntual no representa superficie, ni longitud y solo varia su percepción con la aplicación de variables visuales como el tamaño, el color, la orientación, el valor, el grano, etc

SIMBOLOS PUNTUALES

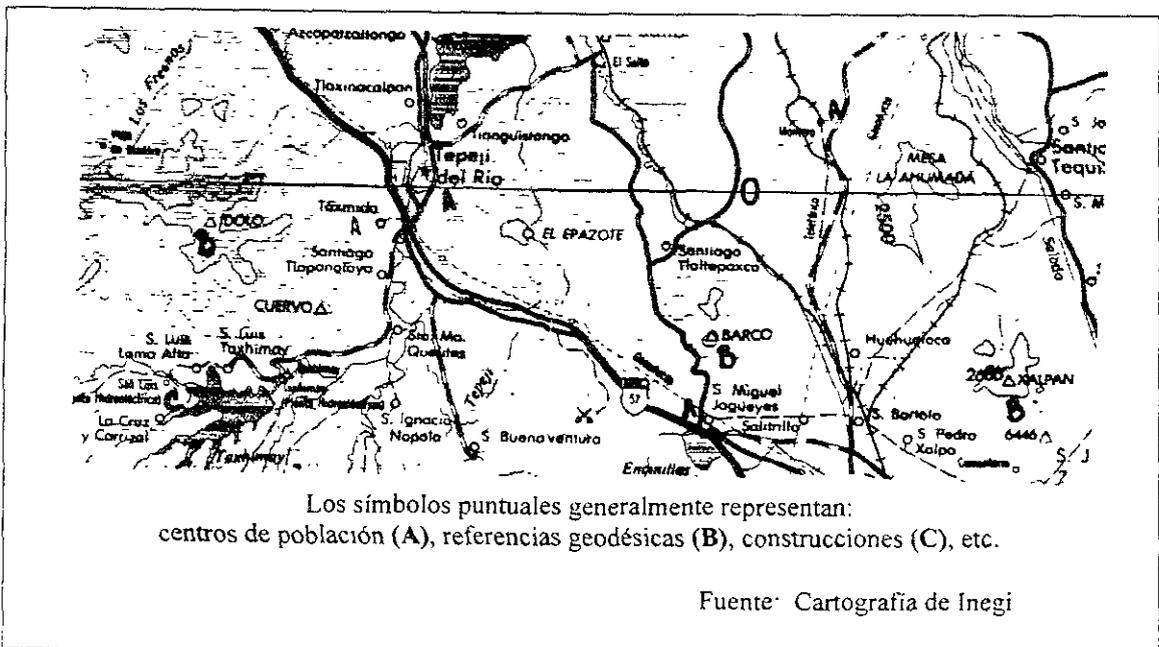


Fig 31

2.4.3 Símbolos Zonales

Los símbolos zonales tienen como fin representar información en un nivel cualitativo o cuantitativo y son los que representan áreas o superficies; se emplean para representar zonas de vegetación, cuerpos de agua, zonas agrícolas, zonas urbanas, zonas económicas, etc. (fig 32)

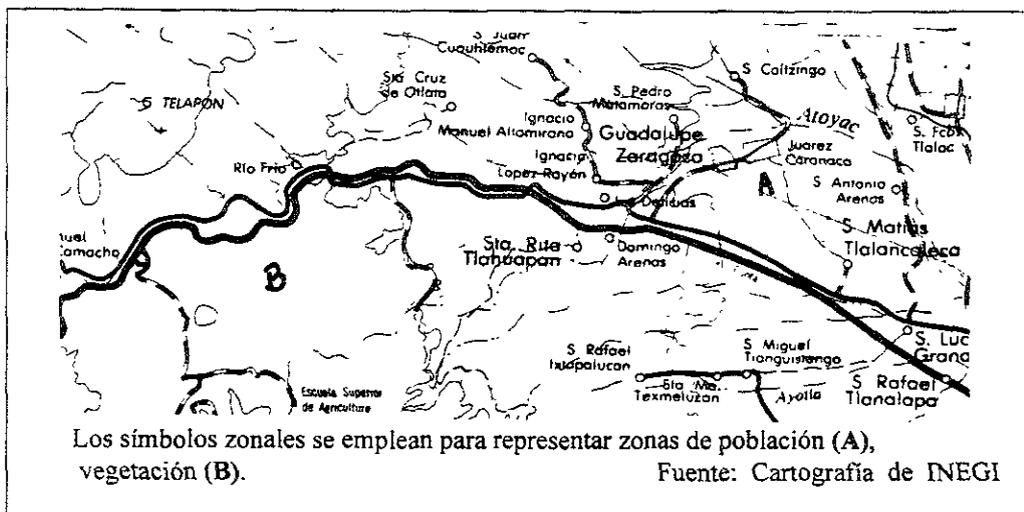


Fig 32

2.4.4 Símbolos Figura

este tipo de símbolos (fig 33), sirven para representar fenómenos no perceptibles a la observación directa, como son las variables económicas, culturales, de densidad de población, etc.

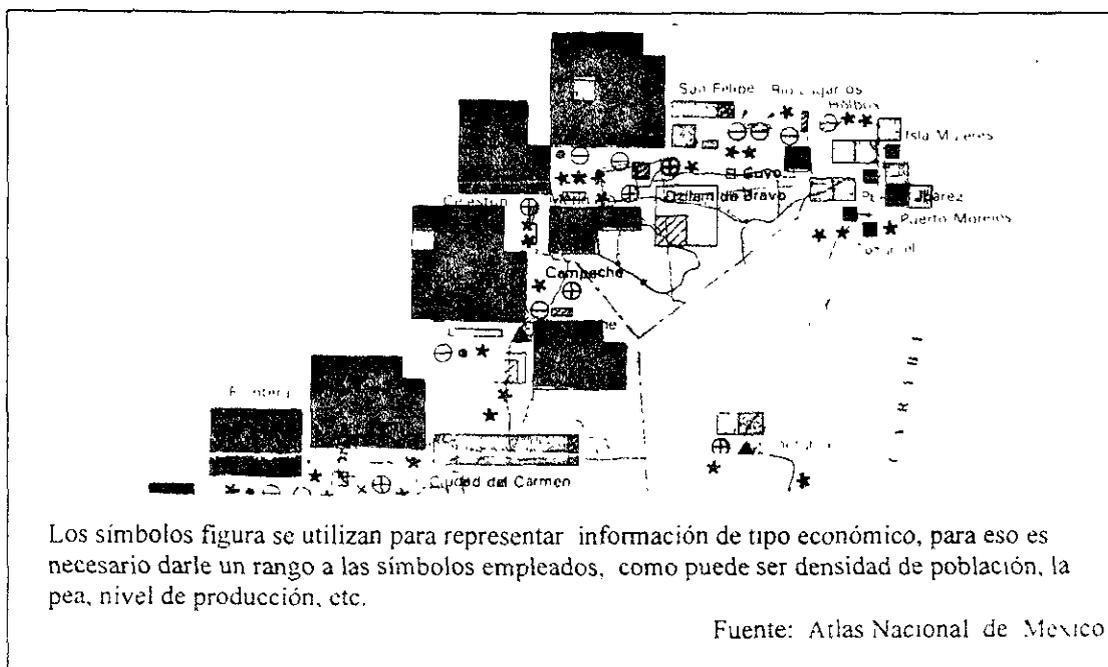


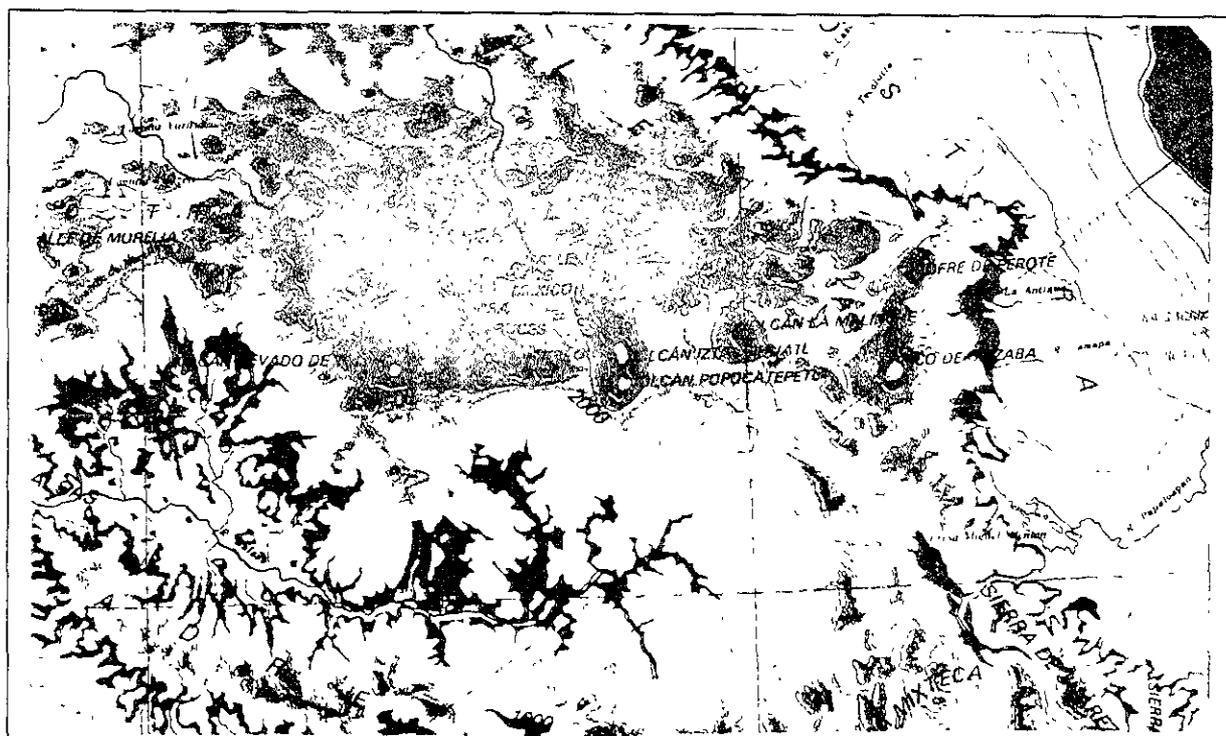
Fig 33

Existen además dos elementos que se utilizan para plasmar la información cartográfica, que son el color y la tipografía o rotulación.

2.4.5 El color

El color es el resultado de la excitación que causa en el nervio óptico ciertas emisiones ondulatorias que forman parte del espectro cromático.

Este es uno de los elementos más importantes en la simbología cartográfica, ya que complementa la información, reafirma la legibilidad y atrae más la atención del usuario. Los colores son una excelente variable selectiva, subraya semejanzas, facilita agrupaciones y permite identificar con gran rapidez zonas homogéneas (fig 34). El cartógrafo, debe tener mucho cuidado en seleccionar los colores adecuados en el mapa, ya que cada color tiene un significado invisible a simple vista, pero que el inconsciente si percibe. No hay que olvidar que el color tiene siempre un fin didáctico y en menor grado estético.



En esta figura el color es la clave para la percepción de la información, que en este caso es la identificación de las diferentes alturas, por medio de las curvas de nivel.

Fuente: Atlas Nacional de México

Fig 34

2.4.6 Tipografía

La tipografía o rotulación es otro elemento del que dispone la cartografía para expresar y plasmar información, aunado a los símbolos, signos y colores.

Cuando en un mapa no es posible expresar información por medio de un signo o símbolo para representar una característica especial de un objeto o elemento o área, se recurre a la rotulación la cual es la selección del tipo de letra, el tamaño, el grosor, el espaciamiento, y la orientación con la que se va a editar una carta. y se usa para indicar los nombres de los poblados, caminos, rasgos orográficos, fisiográficos, etc. La rotulación se encuentra ubicada dentro y fuera del área de estudio y generalmente es de color negro.

- a) Dentro, para la identificación de los elementos o áreas, y
- b) Fuera, en la información marginal, describiendo el significado de cada signo, símbolo o color empleado en la zona de estudio.

Cuando se rotula un elemento en el mapa, el diseñador tiene la obligación de tomar en cuenta las características anteriores, es decir a cada elemento en particular le corresponde un tamaño especial, un grosor especial, una altura especial y un espaciamiento definido. (Joly 1979).

Un ejemplo claro, en donde la tipografía (fig 35), funciona a manera de signo es en la rotulación correspondiente a las poblaciones (ubicada en la información marginal), ahí se puede observar claramente que según el tamaño de la letra y su grosor, le corresponde una población con determinado número de habitantes. (Fuente: carta topográfica de INEGI, escala 1:50 000).

POBLACIONES	
CON MAS DE 40,000 HABITANTES.....	PUEBLA
DE 15,001 A 40,000 HABITANTES.....	GUANAJUATO
DE 5001 A 15,000 HABITANTES.....	CHAPALA
DE 2501 A 5000 HABITANTES.....	Lerma
DE 501 A 2500 HABITANTES.....	Acolman
CON MENOS DE 500 HABITANTES.....	Corralejo

Fig 35

2.5 Percepción y Comprensión en Cartografía

La percepción se inicia como un proceso analítico-sintético del cerebro, que tiene como finalidad concebir o captar al mundo exterior, por medio de los sentidos, ya sea la vista, el tacto, el olfato, el auditivo y gustativo.

“La percepción es el reflejo del conjunto de cualidades y partes de los objetos y fenómenos de la realidad que actúan directamente sobre los órganos de los sentidos. La base fisiológica de la percepción son los reflejos condicionados a estímulos complicados y a relaciones entre los estímulos restantes de la actuación sobre los receptores de distintas partes y cualidades de los objetos¹²”.

La percepción permite organizar los datos sensoriales que dejan conocer la presencia de un objeto del exterior y organiza la información recibida según los deseos, necesidades y conocimientos precedentes del individuo.

¹² Enciclopedia de la Psicología. Tomo I.

Existen varias formas de percepción, en nuestro caso la percepción adecuada para recibir la información plasmada en los mapas es la percepción visual, la cual es el proceso de observar un objeto desde que emite su luz propia, reflejada hasta el cerebro del lector del mapa.

La percepción visual comprende tres etapas, fisiológica, física, y psicológica.

- Física:

Esta etapa se inicia cuando el observador capta la luz emitida por el objeto, la luz es la base de este proceso, ya que es esta la que produce el estímulo, es decir a menor luz menor estímulo y a mayor luz mayor incitación. El sentido visual no solo responde a la cantidad de luz, sino también a la gama del espectro electromagnético, es decir el color.

- Fisiológica:

Esta etapa es la continuación de la física, una vez que el sentido visual reacciona ante los estímulos externos, la señal llega al nervio óptico y este es el encargado de transmitirla al cerebro en donde se produce la impresión de la imagen.

- Psicológica:

Es la etapa en donde se produce una respuesta a los estímulos recibidos, es aquí donde el cerebro del sujeto tratará de interpretar las imágenes percibidas, relacionándolas con los conocimientos y experiencias pasadas que tengan.

(Marcial Israel, 1984 -Tesis)

Así pues, la percepción de la cartografía, tiene su origen en el proceso de la comunicación cartográfica, es decir, cuando el usuario tiene contacto con el mapa. La comunicación cartográfica (fig 36), esta compuesta por siete elementos, aunque pudieran ser más. El diagrama que comprende dicha comunicación es el siguiente:

Diagrama de la comunicación cartográfica

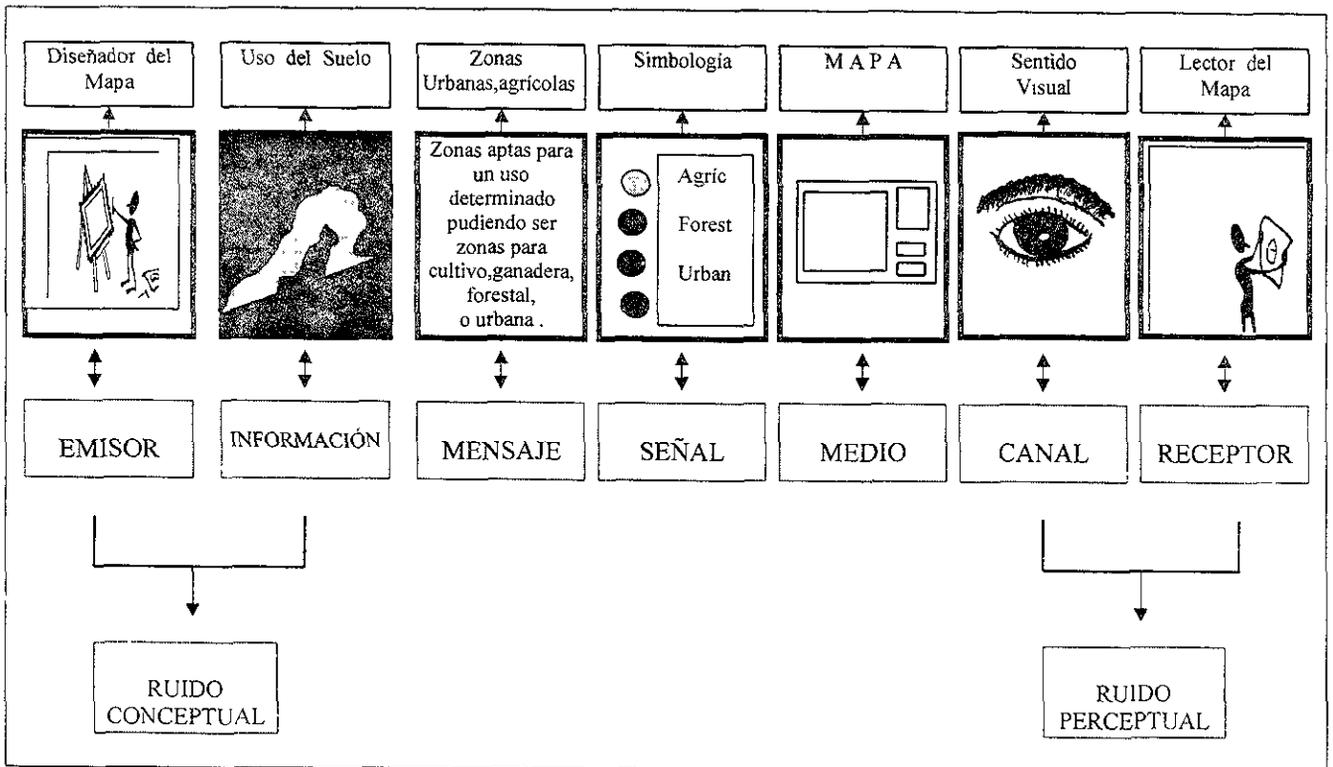


Fig 36

Fuente: Revista Cartográfica Num 61
Suavita, M. y Flores, A. - Modificado por D.F.M.

En este esquema el proceso de comunicación funciona de la siguiente forma: El emisor de la información en este caso es el diseñador del mapa, un cartógrafo, geógrafo, etc. El cual, al diseñar un mapa plasma sobre un plano una información determinada la cual puede ser geográfica o no, dependiendo del tema que se haya elegido, por ejemplo, si es de tipo geográfica, y el tema es densidad de población,

el mensaje puede ser, las zonas con mayor densidad de población. La señal en este caso está representada por achurados de diferentes tonos. El medio utilizado para la transmisión del mensaje es el mapa o carta geográfica, el canal implícito en está o cualquier otra forma de comunicación gráfica es obviamente el sentido visual, ya que la información que se recibe es captada por medio de la vista, la cual se encarga de transmitirla al cerebro por medio del nervio óptico y por último el destino en este caso es el receptor o lector del documento cartográfico.

Cabe recordar que en cualquier tipo de comunicación puede estar presente el ruido (cualquier perturbación que obstruya la información), en este tipo de comunicación cartográfica puede haber dos tipos de ruido, uno que es ocasionado por el emisor del mensaje y otro por el receptor; en el primer caso se produce a causa de una simbología mal empleada y difícil de entender, mala selección de colores, exceso de información (saturación), etc, A este tipo de ruido se le conoce como conceptual, y se puede eliminar con la generalización. En el segundo caso se le llama perceptual y se produce cuando el receptor tiene deficiencias visuales, o no tiene los conocimientos necesarios. En cualquier hecho, el receptor de la imagen cartográfica capta la información del mapa en forma deficiente, distorsionada y por lo tanto la considera carente de significado. Uno de los elementos más importantes del diagrama de la comunicación cartográfica, es la señal, ya que es la manera en la que se transmite el mensaje, en este caso la señal esta compuesta por el lenguaje cartográfico, es decir la semiología, que comprende el empleo de los signos y los símbolos los cuales forman el lenguaje visual de los mapas.

(Suavita, M y Flórez, A. - Revista Cartográfica num 61-).

CAPITULO III

LECTURA DE MAPAS

3.1 Niveles de Lectura

El objeto de un mapa es la representación de una zona del espacio geográfico, mostrando los elementos naturales y culturales existentes, se auxilia para expresar esta información por medio de una simbología con la cual puede mostrar el aspecto cualitativo o cuantitativo de un fenómeno.

Un mapa debe ser capaz de transmitir información a un usuario por medio de grafismos (variables auxiliares) que permiten jerarquizar la información. Es por eso que cuando se diseña un mapa, se deben seleccionar cuidadosamente las variables retinianas a utilizar y combinarlas adecuadamente para no saturarlo de información, ya que si esto sucede, pueden crearse confusiones al tratar de comprender el documento.

Generalmente cuando se trata de interpretar un mapa, se observa por partes, es decir se identifican primero los elementos dominantes, ya sean colores, formas, símbolos, etc. Después se observan determinados elementos con similitudes o que pertenecen a un grupo a fin. Posteriormente se trata de integrar toda la información en un solo elemento, esto quiere decir que existen varios niveles de lectura cuando se aborda un documento cartográfico.

Según Fernand Joly, existen tres niveles de lectura los cuales son:

- Nivel Elemental:

Este tipo de nivel de lectura corresponde a un nivel de tipo analítico, es decir, sé

analiza a cada uno de los elementos aisladamente para contestar cuestiones elementales y obtener una respuesta específica.

- Nivel de Conjunto:

Este nivel requiere de la observación total de la información plasmada.

Esta clase de lectura permitir la respuestas rápidas a preguntas sencillas, tales como ¿tema del mapa?, ¿a que zona se refiere?, etc.

- Nivel Medio:

Obedece a una lectura más profunda del mapa, este nivel puede permitir hacer regionalizaciones, identificar zonas homogéneas, localización de fenómenos similares, etc. Su objetivo es responder preguntas sobre las relaciones mutuas entre los objetos existentes en el espacio y los fenómenos que se desarrollan sobre este, los cuales son representados por medio de variables visuales.

La percepción y la lectura de un mapa está en estrecha relación con la persona a la que va dirigido el documento cartográfico y sobre todo el grado de conocimientos con que cuenta.

3.2 Sistemas De Localización (Posicionamiento En El Mapa)

Uno de los objetivos que deben cumplir los mapas además de proporcionar información sobre los fenómenos que ocurren sobre la superficie terrestre, es ante todo poder ubicar con precisión un punto sobre la superficie terrestre y la exactitud de la correspondencia entre la realidad y el plano.

Este posicionamiento se logra debido a dos sistemas que poseen los mapas y cartas geográficas, estos son:

3.2.1 Gradícula o canevá geográfico

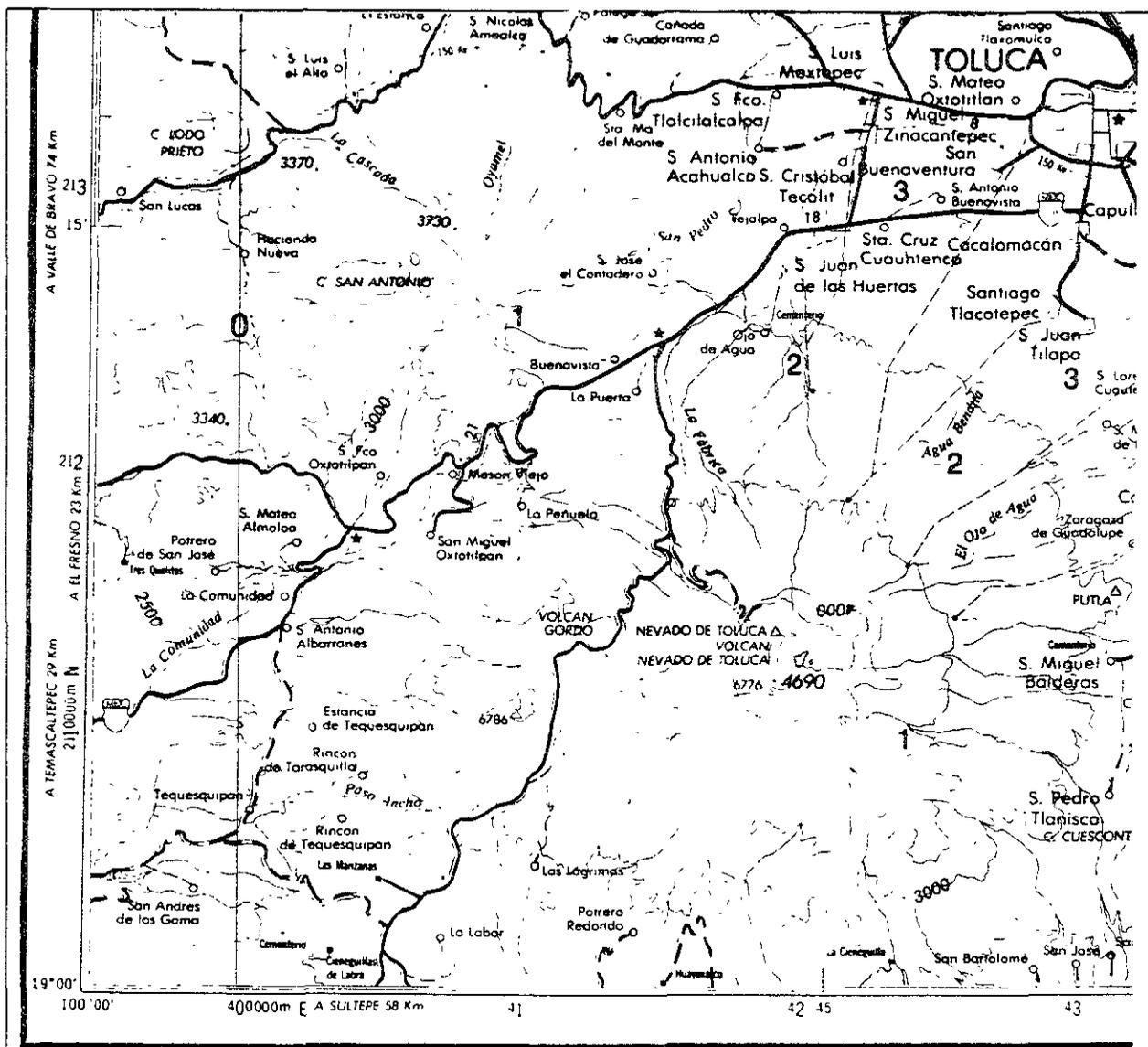
Ya se menciono con anterioridad que la gradícula corresponde a la intersección de un meridiano y un paralelo con la cual es posible determinar la latitud y longitud de un punto. Las coordenadas geográficas se representan alrededor de todo el contorno del área de la carta por medio de líneas segmentadas que representan una subdivisión de los grados o de los minutos según se trate, solo aparece en las esquinas el valor completo, es decir grados y minutos o incluso segundos.

3.2.2 Cuadrícula UTM.

Esta cuadrícula se refiere a las coordenadas numéricas en relación con la proyección empleada, por lo regular estas coordenadas corresponden a la proyección cilíndrica de Mercator, es decir son las coordenadas UTM. Este tipo de coordenadas solo aparecen si el mapa o carta esta diseñado sobre una proyección Universal Transversa de Mercator. Estas coordenadas aparecen siempre en la esquina inferior izquierda, con los valores completos de X, Y, después en las líneas subsecuentes solo aparece dos dígitos.

Algunas cartas como las diseñadas por INEGI o SEDENA poseen los dos sistemas de posicionamiento, por lo que es posible establecer las equivalencias entre los sistemas, por ejemplo si tenemos como "X" una coordenada UTM de 400 000.

En "Y" 2 110 000 correspondientes a la zona 14 Q eso corresponde en coordenadas geográficas a N 19° 00' 00" y W 100° 00' 00" aproximadamente. (fig 38)



Las coordenadas que presentan generalmente las cartas se muestran completas en la esquina inferior izquierda, ahí se pueden identificar claramente los dos tipos de coordenadas:

La primera línea de cuadrícula tiene un valor de 400 000 m, por lo que significa que esta se encuentra 100 000 metros al Oeste del meridiano central de la zona. La primera línea al norte de cuadrícula en el ángulo inferior izquierdo, tiene un valor de 2 000 000 m, lo que quiere decir que se encuentra a 2 000 000 metros al Norte del Ecuador y a 8 000 000 m del Polo Norte.

Fig 38

Al referenciar las coordenadas de la cuadrícula UTM, es de vital importancia ubicar correctamente la zona UTM que le corresponde, ya Fuente: Cartografía de INEGI errónea las coordenadas geográficas estarán desviadas longitudinalmente, aunque la latitud sea correcta.

- Si se desea saber las coordenadas de un punto en grados sexagesimales, es decir en coordenadas geográficas, el procedimiento a seguir en una carta es el siguiente:
 - Se tiene la carta de la Isla Socorro (fig 39), con escala 1:50 000 publicada por INEGI, y se desean conocer las coordenadas de la cima del Volcán Everman el cual se encuentra entre $19^{\circ} 47' N$ y $110^{\circ} 58' W$ y $19^{\circ} 48' N$ y $110^{\circ} 59' W$.

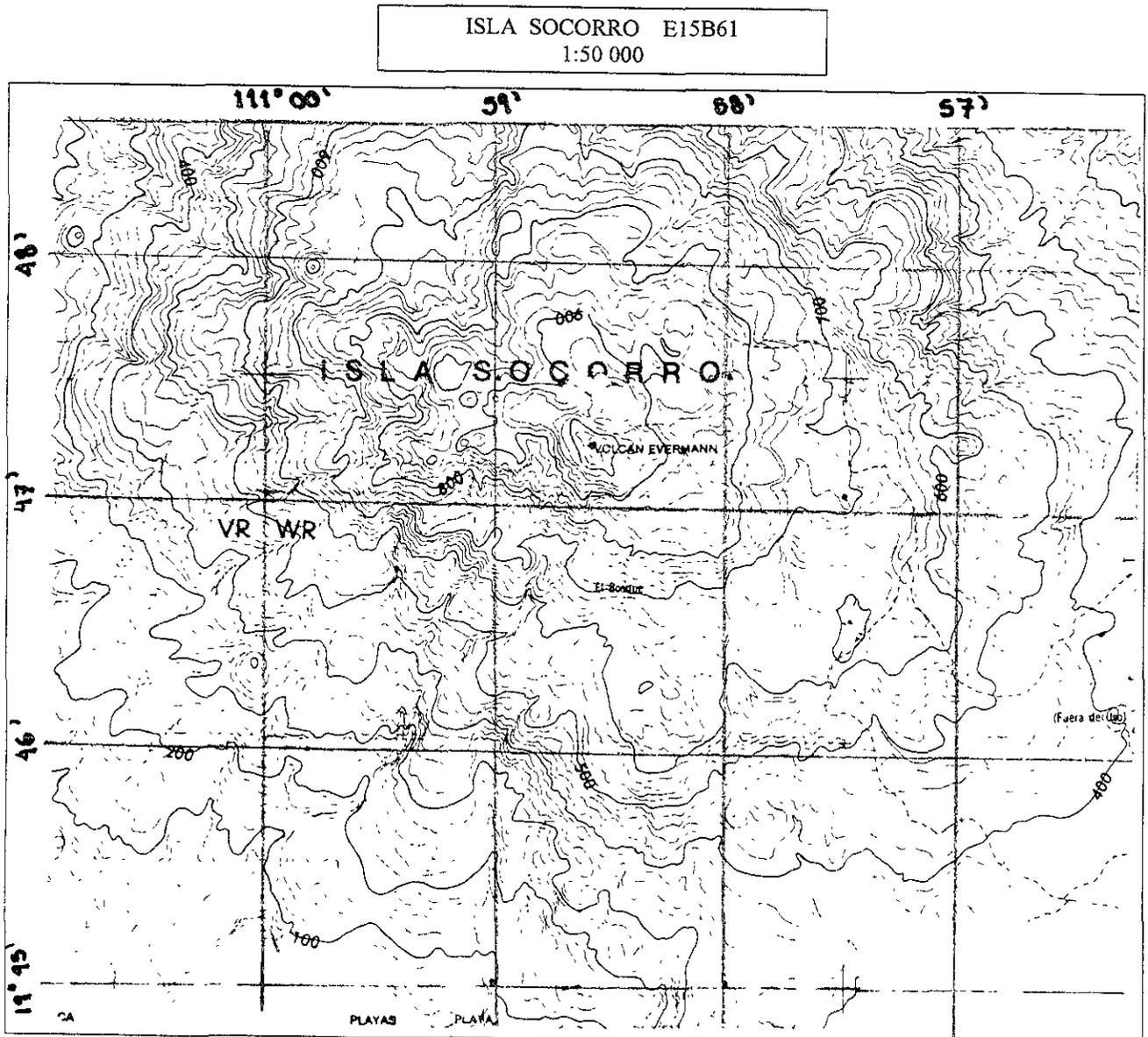


Fig 39

Fuente: Cartografía de INEGI

Se mide la distancia que equivale a un minuto en forma latitudinal, teniendo esté un valor de 37 mm, a partir de su inicio se mide la distancia hacia el punto que se desea localizar (en sentido Este – Oeste), encontrándose que dicha distancia es de 10 mm. Después se mide el equivalente a un minuto en forma longitudinal, la cual es de 35 mm y la distancia del punto que se desea encontrar equivale a 15 mm. (fig 40). Una vez obtenidos estos valores la operación es la siguiente:

$$X = \frac{20 \text{ mm} \times 60''}{35 \text{ mm}} = 00^{\circ} 00' 34.29''$$

$$Y = \frac{10 \text{ mm} \times 60''}{37 \text{ mm}} = 00^{\circ} 00' 16.22''$$

Como ya se tienen los valores correspondientes a los grados y minutos, entonces solo se sustituyen los valores de los segundos que se obtuvieron con el procedimiento anterior, quedando la coordenadas geográficas de la siguiente forma:

N 18° 47' 16.22" y W 110° 58' 34.29"

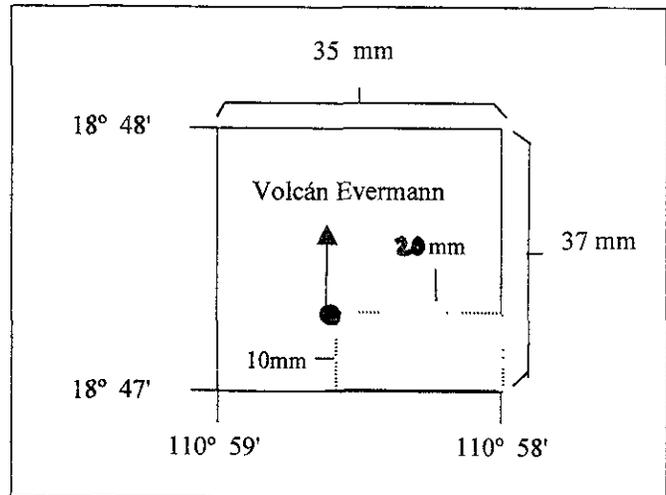


Fig 40

3.3 Interpretación del Relieve

El relieve y la altitud son dos de los componentes más importantes del espacio geográfico representado en un mapa. El relieve se define como: “las elevaciones o desigualdades de la superficie de un terreno¹³”, es decir las montañas, valles, planicie, llanuras, barrancas, entre otros; así se pueden conocer las características del espacio en el área cartografiada. La altitud es la “distancia vertical desde un plano de referencia, generalmente el nivel medio del mar, hasta un punto u objeto situado en la superficie de la Tierra¹⁴”. La representación en el mapa de estos componentes se realiza de la siguiente forma:

¹³.- Glosario de Términos Cartográficos y Fotogramétricos.

¹⁴.- Ibidem

El relieve se representa por medio de una simbología de tipo lineal y por medio de un color sepia. Dicho símbolo lineal es llamado curva de nivel o isohipsa y se le define como una línea continua que une puntos de igual altitud sobre un plano de referencia. Así mismo, esta línea presenta un acotamiento, el cual representa la altitud, y se mide a partir del nivel medio del mar, siendo este punto equivalente a cero metros.(fig 41)

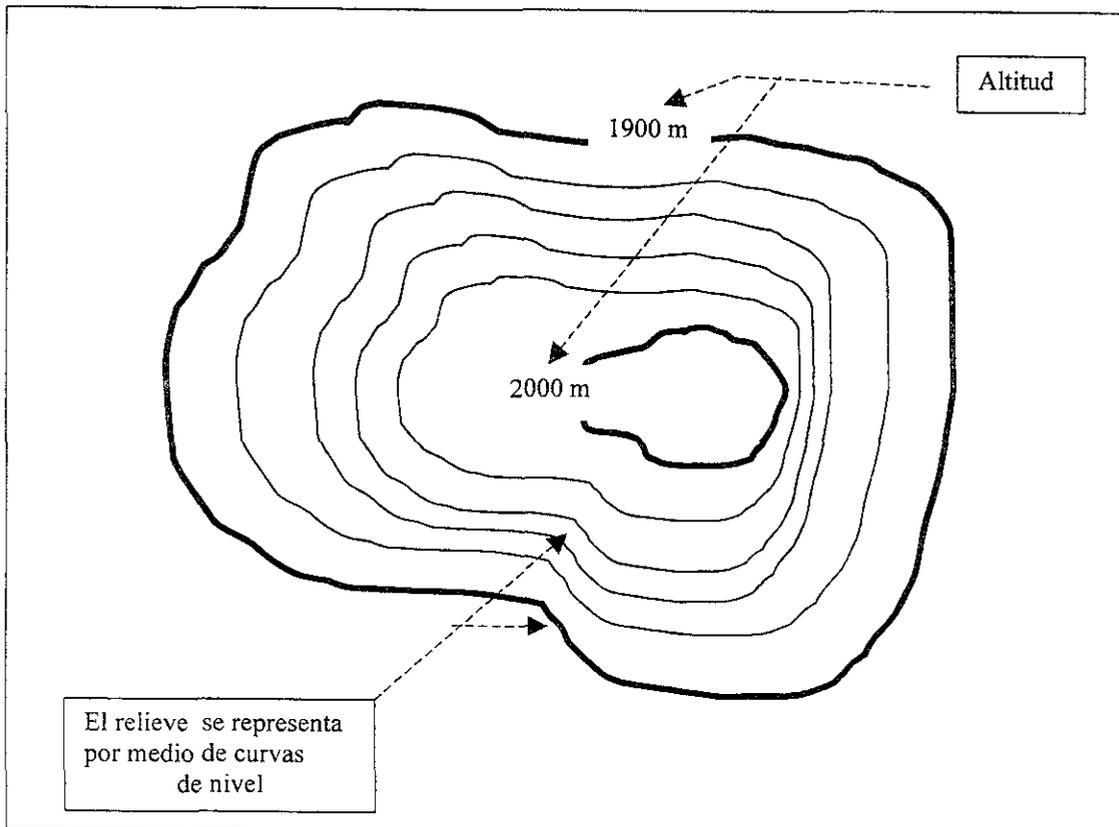


Fig 41

Diseño DFM

Por otra parte, existen varios tipos de curvas de nivel, como son: curvas maestras, ordinarias o intermedias, auxiliares, de nivel aproximado y las de depresión. Las curvas que identifican las alturas, ya sea por encima del nivel medio del mar, se les conoce como altimétricas, mientras las que se encuentran por debajo del nivel medio se les llama batimétricas y son las que se encargan de representar el relieve del fondo marino.

Las curvas de nivel no siempre presentan el mismo espaciamiento, a esta separación entre línea y línea, se le conoce como equidistancia entre curvas de nivel, y esta equidistancia depende de la escala del mapa, el tipo de relieve y su precisión. Entre mayor es la escala, menor es la equidistancia (fig 42).

Así que tomando en cuenta el tipo de relieve se tiene que:

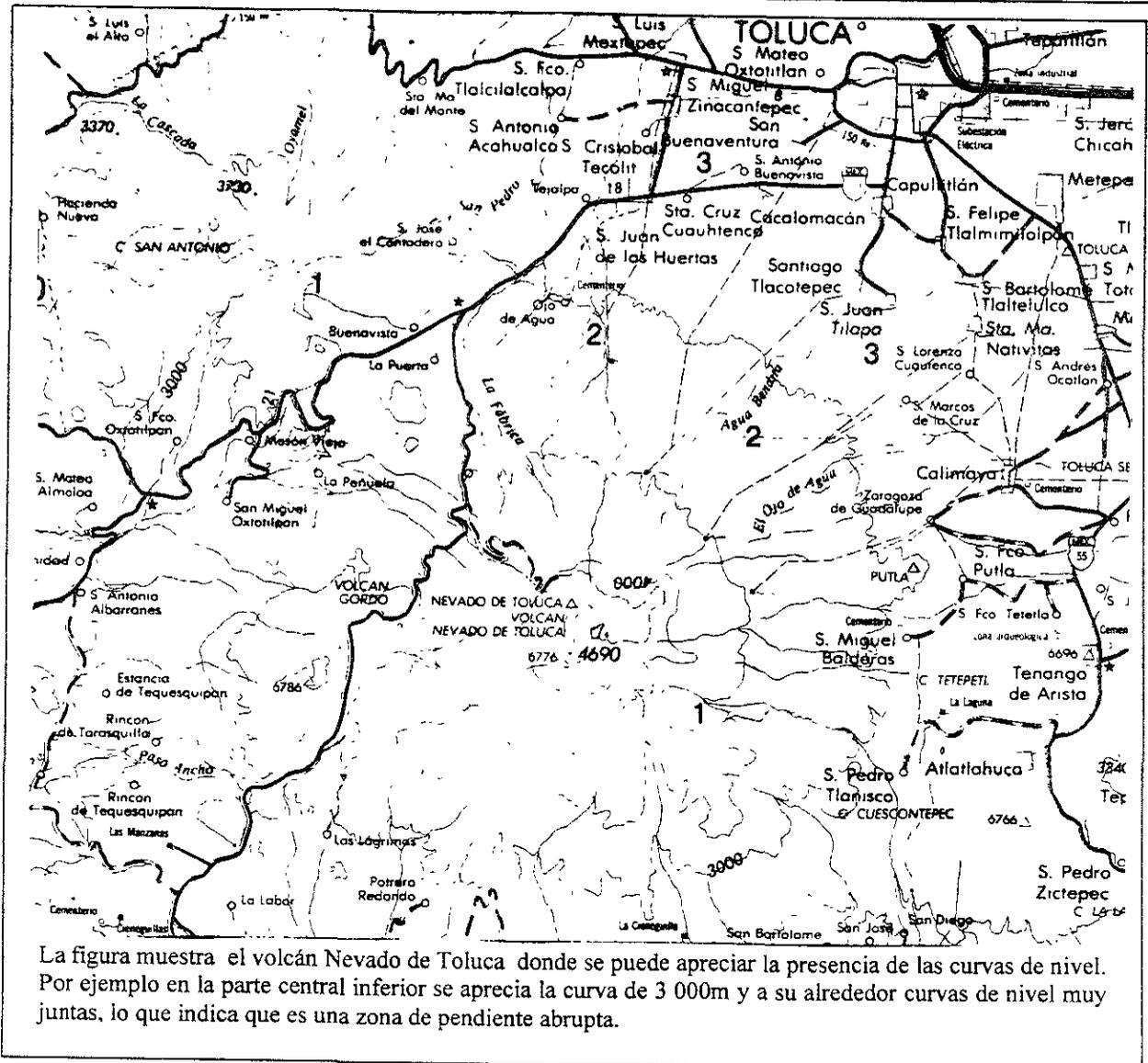
Escalas	Equidistancia Ideal
1: 5 000 a 1: 10 000	5 mts.
1: 10 000 a 1: 25 000	10 mts.
1: 25 000 a 1: 50 000	10 o 20 mts.
1: 50 000 a 1: 100 000	20, 40, o 50 mts.
1: 100 000 a 1: 500 000	50 o 100 mts.
1: 500 000 a 1: 1 000 000	100, 200 o 500 mts.

Fig 42

Las curvas maestras o también conocidas como curva directriz, al ser representadas en el mapa son más gruesas que cualquier otra, y entre estas se encuentran 2 o 4 curvas intermedias u ordinarias, las cuales son más delgadas. Además, presentan su acotamiento correspondiente y se coloca de manera que su pie indique la dirección en que descienden las cotas.

La interpretación del relieve depende de las curvas de nivel, su dirección y su espaciamiento, esto significa :

- Cuando las curvas de nivel se presentan muy juntas, se entiende que es una zona de pendiente fuerte y abrupta, por lo general corresponde a zonas altas representan la pendiente de las montañas, sierras o volcanes. (Fig 43).

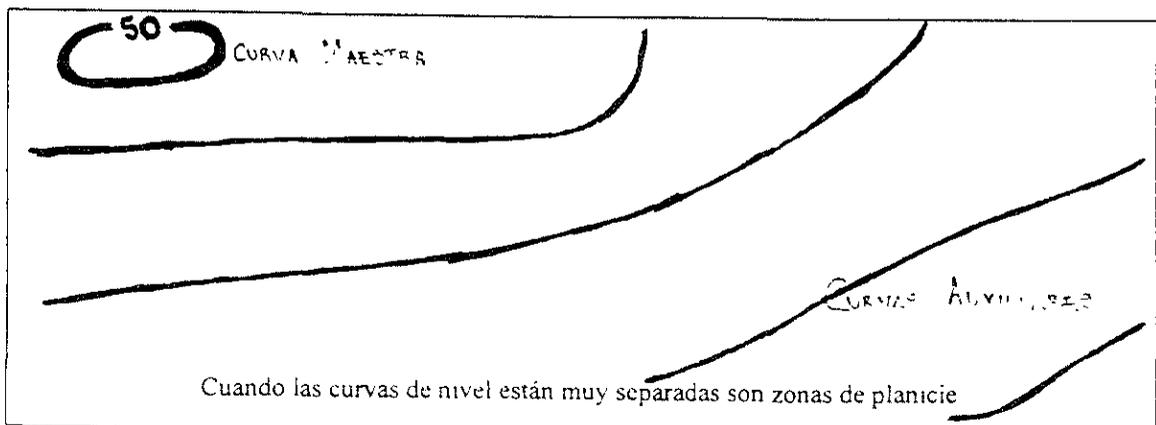


La figura muestra el volcán Nevado de Toluca donde se puede apreciar la presencia de las curvas de nivel. Por ejemplo en la parte central inferior se aprecia la curva de 3 000m y a su alrededor curvas de nivel muy juntas, lo que indica que es una zona de pendiente abrupta.

Fig 43

Fuente: Cartografía de INEGI

- Cuando las curvas de nivel se encuentran demasiado espaciadas se deduce que el relieve de esa zona es plano, y por lo tanto corresponde a las zonas de planicie, estas curvas son características de los valles. (fig 44)



Quando las curvas de nivel están muy separadas son zonas de planicie

Fig 44

- Si se observa una carta topográfica, se podrá notar que las curvas generalmente forman un vértice saliente hacia la parte baja del terreno, este tipo de vértice se le conoce como espolón (Fig 45). En cambio si el vértice se dirige hacia las partes altas de las elevaciones, ya sean montañas o sierras, se les llama escurrideros (Fig 45), ya que es precisamente por esa parte donde escurre con más facilidad el agua proveniente de la precipitación.

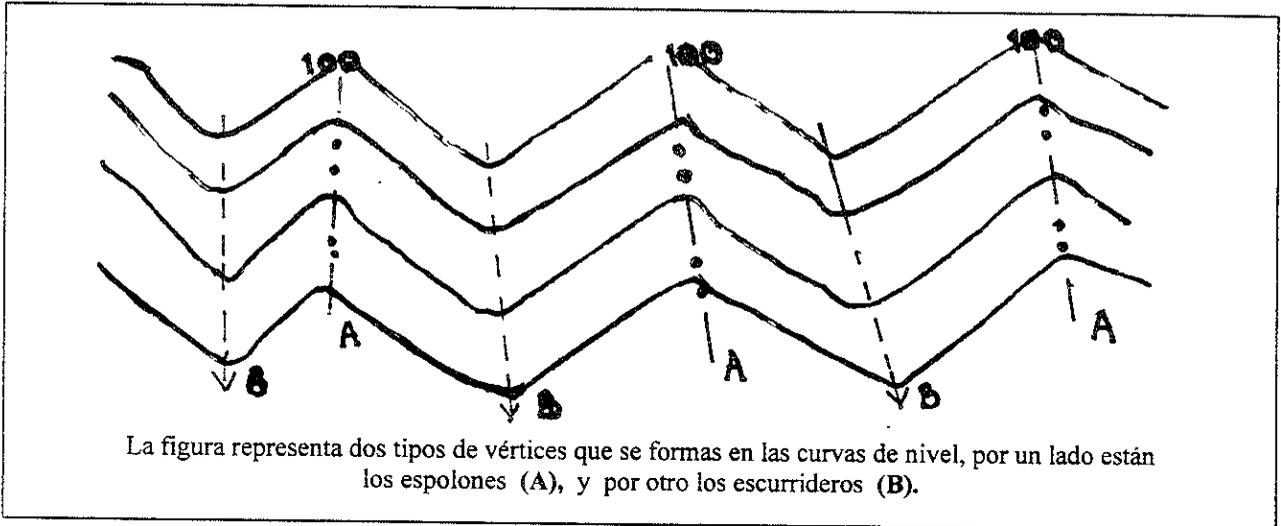


Fig 45

Las curvas de nivel siempre son líneas circulares cerradas sobre si mismas, ya sea por dentro o por fuera de los límites de una carta o un mapa. Si estas se encuentran en espacio pequeño formando semicírculos concéntricos, indican la presencia de una elevación que puede ser una montaña, cerro, o volcán (fig 46), si estas mismas curvas se presentan en un área alargada y son cerradas se identificara la presencia de una sierra (fig 47).

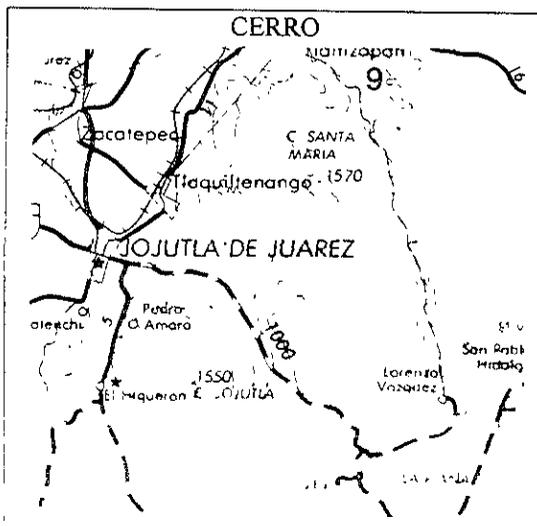


Fig 46

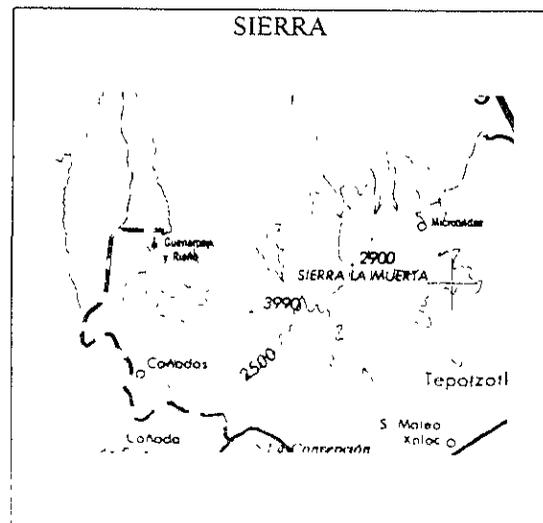
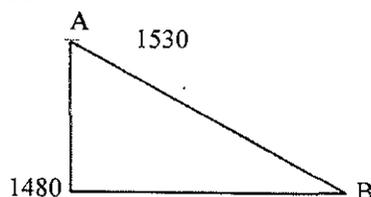


Fig 47

Mediante las curvas de nivel es posible calcular la pendiente del terreno, ya sea en grados sexagesimales o en porcentaje. Esto se obtienen de la siguiente forma:

Se tienen dos curvas de nivel en una elevación, la cima tiene un valor de 1530 m y la parte baja 1480 m, existiendo una altura de 50 m entre ellas. El mapa presenta una escala de 1:100 000, la distancia entre dos puntos de las curvas de nivel, A y B, es de 15 cm. ¿Determine el ángulo de inclinación de la pendiente existente entre los dos puntos?.



$$AB = 15 \text{ cm}$$

$$1 \text{ cm} = 100\,000 \text{ cm}$$

$$1 \text{ cm} = 1000 \text{ m} = 1 \text{ km}$$

$$15 \text{ cm} = 15\,000 \text{ m} = 15 \text{ km}$$



$$\tan = \frac{50}{15000} = 0.0033333 \text{ (tan}^{-1}\text{)} = 0.190998331$$

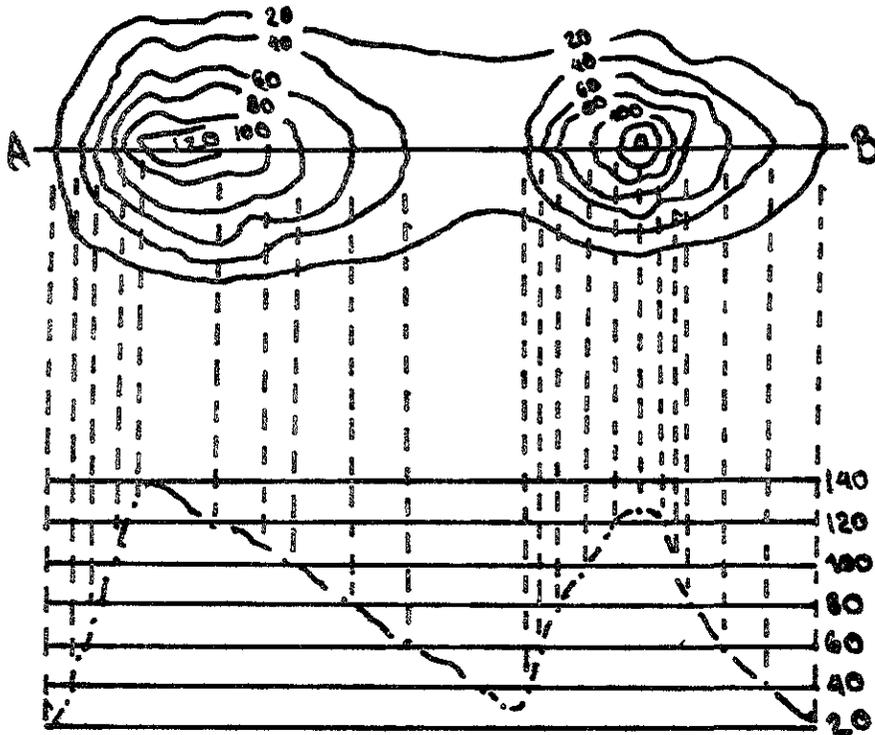
$$15000$$

$$(\text{° ' ''}) = 0^\circ 11' 27.55''$$

$$0.190998331 (100) = 19 \%$$

Las curvas de nivel permiten saber como es la forma del relieve en un mapa observándolo desde arriba, pero también permiten conocer su forma en sentido vertical, es decir haciendo un perfil topográfico, el cual es un corte transversal exagerado de la superficie terrestre, y es la forma más satisfactoria de estudiar los declives de los mapas o cartas que permiten establecer y demostrar varias características del relieve. se obtiene dibujando sobre el eje de la X de un gráfico las distancias ente las curvas de nivel consecutivas que va atravesando la línea de la que se desea el perfil y trazando sobre el eje de las Y, a la escala adecuada o requerida, intervalos de elevación iguales a la equidistancia. Uniendo los cruces correspondientes, se obtendrá la representación deseada (Fig 48).

Perfil topográfico



El dibujo de la parte superior de la figura muestra a las curvas de nivel en planta, y el dibujo de la parte inferior, muestra su perfil.

Fig 48

3.4 Obtención de Distancias y Áreas

Una de las dificultades con las que se enfrenta un lector común de mapas y cartas, es la obtención de distancias entre dos o más puntos.

3.4.1 Distancias

Para la determinación de distancias existen varios métodos, los más sencillos son por medio de una fórmula matemática y por medio de una regla o escalímetro.

La fórmula matemática para la obtención de la distancia entre dos puntos es :

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

está fórmula se utiliza cuando se tienen las coordenadas UTM, y el proceso a seguir es el siguiente:

- Se tiene la carta 1:50 000 de la Isla Socorro, se obtienen las coordenadas UTM de los puntos deseados, en este caso el poblado de la parte sur: x 504 950 y y 2 070 050, y el aeropuerto: x₂ 507 450 y y 2 075 275.

Poblado	$D = \sqrt{(507\ 450 - 504\ 950)^2 + (2\ 075\ 275 - 2\ 070\ 050)^2}$
X ₁ = 504 950	$D = \sqrt{(2500)^2 + (5225)^2}$
Y ₁ = 2 070 050	$D = \sqrt{6250000 + 27300625}$
	$D = \sqrt{33550625}$
Aeropuerto	
X ₂ = 507 450	D = 5792.290 m
Y ₂ = 2 075 275	D = 5.79 km

La determinación de las distancias con regla se hace de la siguiente manera, en una carta 1: 50 000 se puede observar que 1 cm de la regla equivale a 500 m sobre el terreno y 2 cm equivalen a 1 km, una vez que se conoce cuanto equivale 1cm en el mapa, se coloca la regla en el punto donde se quiere iniciar la medición, en este caso el poblado de la isla socorro (fig 49), y el otro extremo de la regla en el aeropuerto, entonces se puede observar que dicha distancia en la regla equivale a 11.5 cm, como se sabe que dos centímetros en la carta equivalen a un 1km, se divide 11.5 / 2, lo cual es igual a 5.75, entonces la distancia entre esos dos puntos es de 5.75 kms.

La distancia también se puede obtener con un escalímetro y solo es necesario colocar el escalímetro en la escala adecuada de la carta, después posicionar, el cero del escalímetro sobre el punto de inicio y el extremo contrario en el punto que se desea medir, aquí no es necesario hacer ninguna división, la distancia que marque el escalímetro es automáticamente la que se desea conocer.

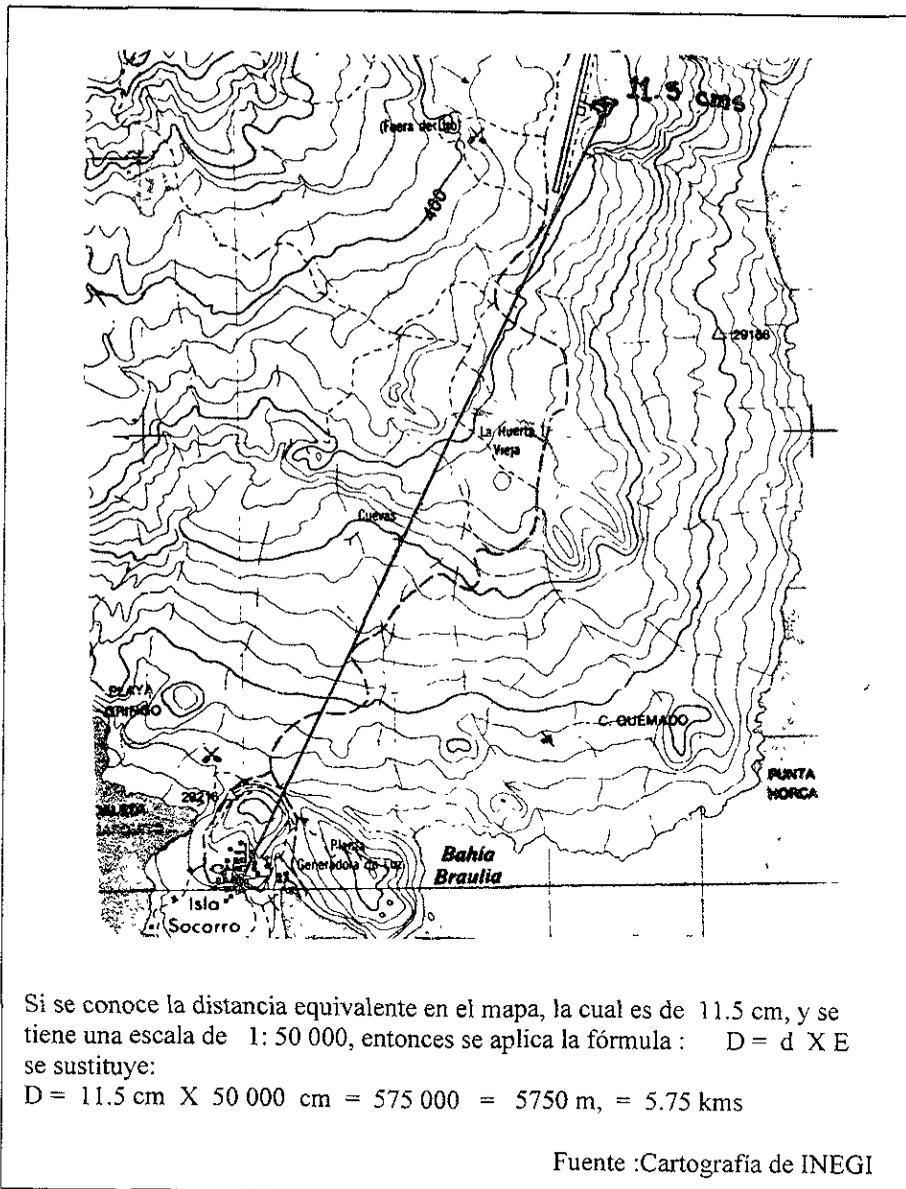


Fig 49

3.4.2 Áreas:

La determinación de áreas comprende un proceso más complicado que la determinación de las distancias, ya que existe una gran variedad de métodos para obtenerla, algunos son más laboriosos que otros, estos métodos son: por el pesado del papel, por medio de un planímetro, conteo de puntos, por formulas de trigonometría, etc.

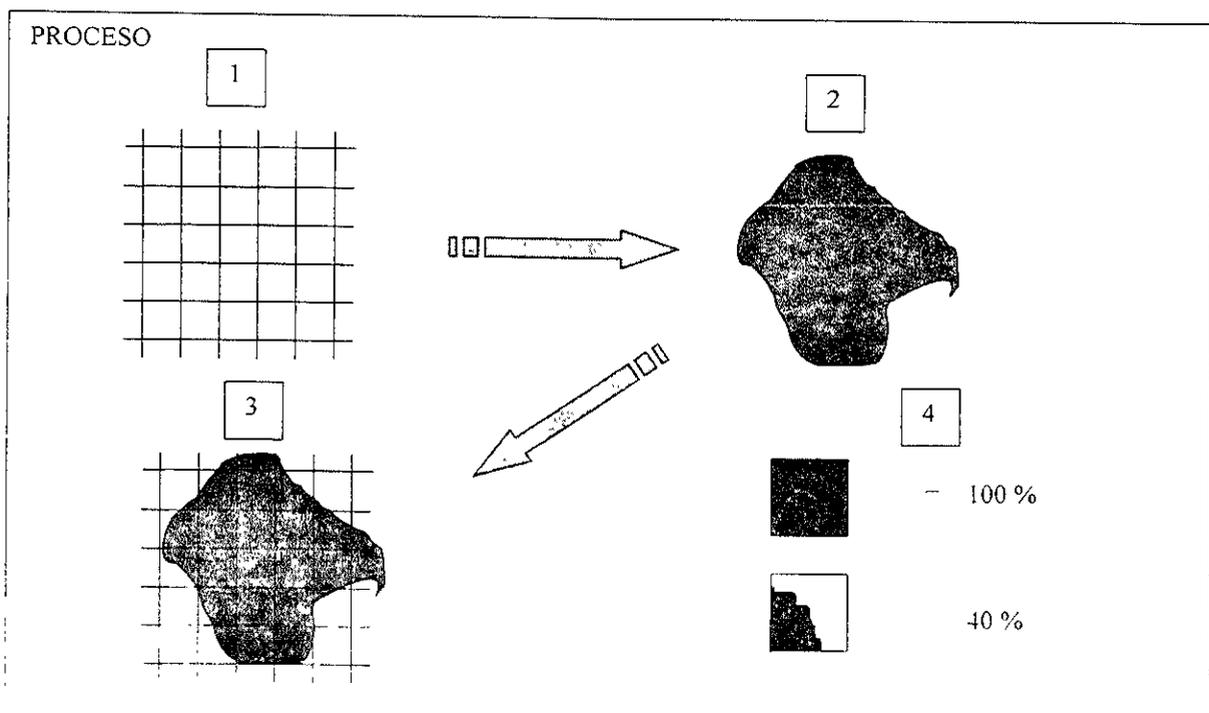
del papel, por medio de un planímetro, conteo de puntos, por formulas de trigonometría, etc.

En este trabajo se muestra un ejemplo de cómo obtener el área de la isla socorro, por medio de una cuadrícula, el cual es uno de los métodos más sencillos, cabe destacar que este método no tiene una gran precisión, pero si se acerca bastante a la realidad.

El proceso es el siguiente:

- Por ejemplo, se desea saber el área correspondiente a la Isla Socorro (fig 50), aunque presenta una forma irregular, el proceso es el siguiente:

1. Se diseña una cuadrícula. (sabiendo que un cuadrado equivale a un área determinada en el dibujo).
2. Se sobrepone la cuadrícula a la Isla.
3. Se suman los cuadrados que presenten un 100% de cobertura, y se estima el porcentaje de los cuadros que no presenten cobertura total.
4. Por ultimo se suman los cuadrados completos y el porcentaje de los incompletos, y eso dará el área total.



VER PLANO ANEXO AL FINAL

El dibujo muestra el contorno de la isla Socorro, sus coordenadas correspondientes, y la cuadrícula que se sobrepuso para determinar su área

Fuente Cartografía de INEGI

En el caso de la isla Socorro está tiene una escala de 1: 50 000, por lo tanto, 1 centímetro en la carta, equivale a 500 m, por lo tanto 2 cm es igual a 1000 m o 1 km.

Cada cuadro es de 2cm x 2cm, entonces si 2cm es igual a 1 km, 2cm x 2 cm equivale a 1 km²

El número de cuadros que cubren la isla con un porcentaje del 100%, es de 121 + 13.75 que equivale a los cuadritos con cobertura incompleta.

Así pues, el área total aproximada de la Isla Socorro es de:

134.75 km²

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

CAPÍTULO IV

USO Y APLICACIONES DE LOS MAPAS

4.1 Usos convencionales de los mapas

Las aplicaciones de los mapas se reflejan principalmente en las ciencias que se refieren al espacio terrestre.

Desde la realización de los primeros mapas, éstos han tenido dos usos comunes:

1. La ubicación de lugares sobre un plano georeferenciado , y
2. Para la planeación de itinerarios, es decir trazar la ruta más corta para llegar a un lugar determinado.

Aparte de estos dos usos, los mapas tienen la posibilidad de aplicarse a fines didácticos, educativos, científicos, inventario, administrativos, etc.

El mapa es un excelente medio de referencia espacial, es un instrumento que permite almacenar información, es decir, es un sistema de información georeferenciada, organizada, analizada y clasificada.

El mapa permite la administración; por ejemplo, en un mapa se pueden observar las áreas que representan los recursos naturales de un país, así como planear su explotación.

El mapa también permite el análisis de la información, es decir, por medio de la sobreposición de varios mapas de la misma zona, a la misma escala y con diferentes temas, se pueden identificar fenómenos antes no perceptibles a primera vista.

Permite correlacionar la información plasmada, por ejemplo observando un mapa hidrológico de aguas superficiales y uno de cuencas hidrográficas.

También hace posible la identificación de zonas o fenómenos homogéneos, puede servir como documento de investigación, ya que permite hacer el análisis de un fenómeno que ocurra sobre la superficie terrestre, crear hipótesis, relacionarlo con otras variables, conocer las consecuencias de dicho fenómeno, e identificar elementos clave que permitan su estudio.

Se puede usar para la planeación, por ejemplo para seleccionar una planicie, que cuente con determinadas características geográficas (tipo de suelo, clima, vegetación, entre otras características), para la futura implantación de un centro urbano, una zona industrial, una carretera, o una presa, etc.

Igualmente permite el análisis y síntesis de la información, este aspecto queda reflejado en los mapas temáticos.

No se puede olvidar que también cumplen un papel pedagógico, ya que se emplean en los centros educativos desde los niveles básicos como los mapas murales y los atlas escolares, en donde por medio de ellos, se enseña la ubicación de nuestro país continental y mundialmente, como se encuentra dividido el país, cuales son sus países vecinos, cuales son sus fronteras y sus costas, que tipo de relieve hay en el país, entre otros.

También se emplea en el nivel superior, para estudios específicos, como por ejemplo, el inventario de los recursos naturales, actividades económicas, como afectan los fenómenos naturales a los centros de población, etc.

4.2 Los Mapas y su combinación con las Tecnologías (Sistemas de Información Geográfica y Posicionamiento Global)

En los últimos años, la tecnología y la información geográfica se han combinado y han tenido una gran evolución, que se refleja en la utilización de nuevos sistemas capaces de crear, manipular, y almacenar bases de datos correspondientes a una zona geográfica en especial, con todas las características e información que el usuario requiera.

Los sistemas originados a partir de esa unión, SIG o Sistemas de Información Geográfica, los cuales aunados a otros procesos permiten la creación de mapas provenientes de un almacenamiento de datos georeferenciados, originando así mapas en formato digital, los cuales cuentan con las mismas características que los mapas hechos por medios convencionales.

Aunado a esto, también esta la tecnología satelital conocida como GPS o Sistema de Posicionamiento Global, la cual es capaz de proporcionar la posición de un punto determinado –coordenadas geográficas- sobre la superficie terrestre. Las coordenadas de un punto por medio de este sistema, pueden ser anexadas a los mapas hechos en los sistemas de información geográfica, enriqueciendo así la información contenida en los mapas.

4.2.1 Combinación de los Sistemas

Estos dos sistemas en conjunto, permiten la creación de mapas en formato digital, por una parte los SIG, permiten la creación de una extensa base de datos de todo tipo, enfatizando la información geográfica a través de la sobreposición de

capas o “layers” con información de diferentes temas, como hidrología, uso del suelo, poblaciones, vegetación, clima, entre otros, haciendo posible el análisis de muchas variables en una sola imagen (fig 51). En cambio el sistema GPS permite la obtención de las coordenadas de un punto en especial, ya sea en coordenadas geográficas o coordenadas UTM.

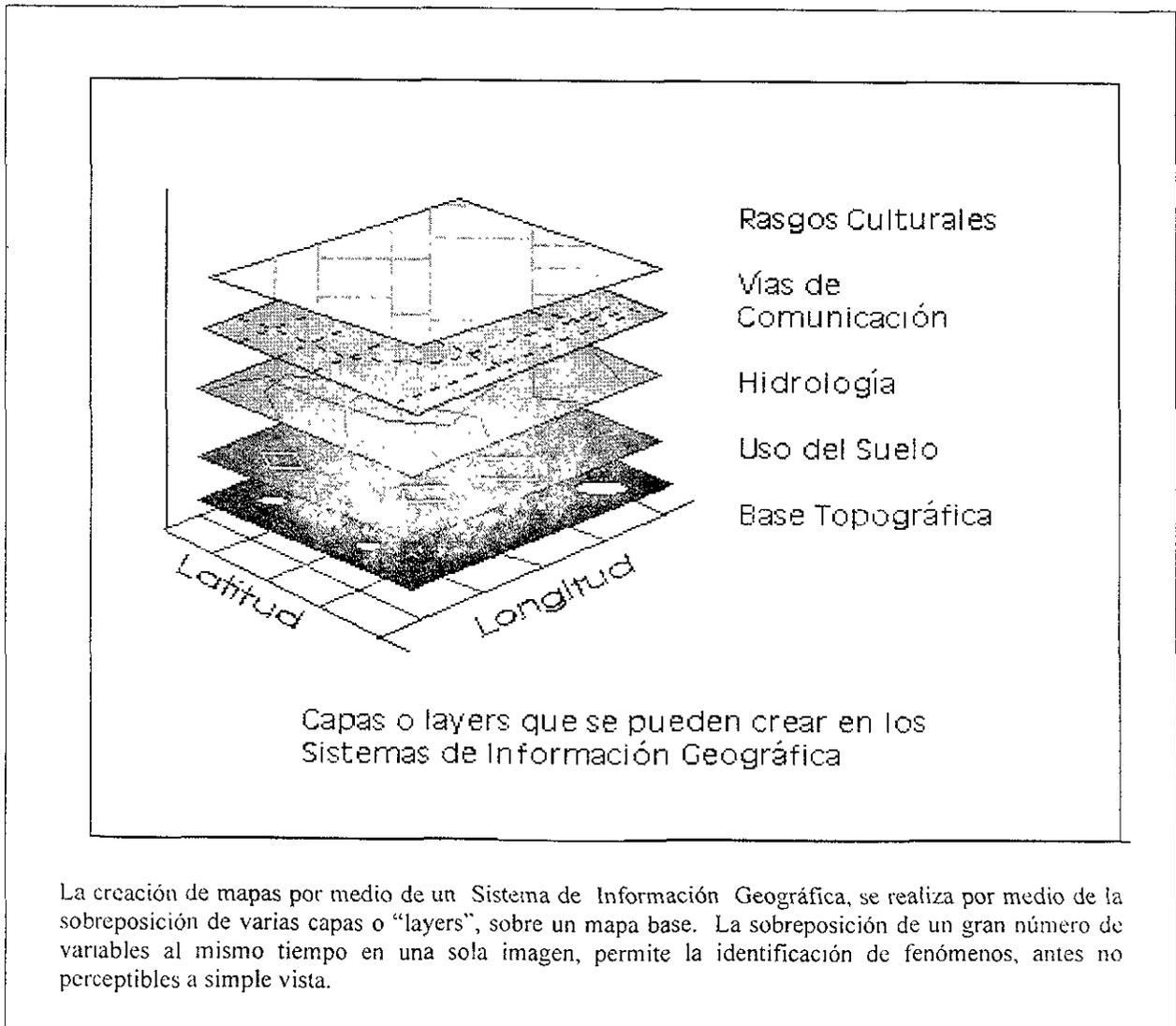


Fig 51

4.3 Introducción los Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica, son un conjunto de conocimientos y procedimientos utilizados para obtener, almacenar, manipular, visualizar, analizar y representar información georeferenciada que permite la creación de mapas, gráficas, tablas (además de otros procedimientos como, organizar, digitalizar, modificar la información), a partir de una base de datos.

Los primeros SIG surgieron en las décadas de los 60's y 70's en Canadá y los EU.A posteriormente en los 80's llegaron a algunos países europeos y actualmente en la década de los 90's su uso se hace generalizado en todo el mundo, en actividades como la planeación, prevención, utilización, administración, etc.

"Los sistemas de información geográfica son el resultado de un proceso de evolución que se inicia con la aparición de las computadoras, las cuales permitieron pasar de los tradicionales archivos de documentos, a los archivos magnéticos, de los archivos de datos a los manejadores de bases de datos, de los dibujos en papel automatizados hasta los mapas digitalizados en computadora¹⁵".

Objetivos de los SIG.

- a) Obtener un conjunto de herramientas poderosas para coleccionar, recuperar, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real.

- b) Proveer los medios para realizar un análisis que involucre específicamente los componentes geográficos de los datos.

c) Permitir el despliegue de la información geográfica sobre mapas, los cuales son un producto implícito de los SIG. Además proveen otro tipo de despliegues de información, como: las tablas, gráficas o textos, los cuales pueden combinarse al mismo tiempo con los mapas.

- Componentes de un SIG. Existen varios tipos de SIG, pero por lo regular casi todos cuentan con ciertos elementos básicos:

1. Subsistema de captura de datos, los cuales colectan y/o procesan datos espaciales derivados de mapas existentes, sensores remotos, etc.
2. Subsistema de almacenamiento y recuperación de datos espaciales, este subsistema permite al usuario la fácil y rápida introducción y recuperación de datos.
3. Subsistema de manipulación y análisis, el cual permite una simulación de fenómenos en espacio y tiempo.
4. Subsistema de reporte de datos, el cual permite desplegar y manipular datos, Entregando como salida modelos espaciales en forma tabular o en forma de mapa. La creación de esos despliegues de mapas, involucra lo que se llama cartografía digital o computarizada.

4.3.1 Para que sirve un Sistema de Información Geográfica:

Un Sistema de Información Geográfica, debe ser capaz de responder a cinco a cuestiones como:

1. Localización: ¿Que hay en tal lugar...?

Esta respuesta se refiere a identificar que es lo que se encuentra en una zona determinada. La localización puede describirse de varias formas, por ejemplo, por su topónimo, por su código postal, o por sus referencias geográficas como latitud y longitud.

2. Condición: ¿Dónde se encuentra ...?

Esta respuesta requiere de un análisis espacial. En lugar de buscar un punto en común, lo que se busca es un lugar que reúna ciertas características (por ejemplo, un ducto que transporte gasolina, que no cruce por pantanos ni ríos, que tenga menos de 20 km de largo, que se encuentre cerca de una carretera y que suministre a una población de menos de 3 millones de habitantes, alejados de la costa).

3. Tendencia: ¿Que ha cambiado desde ...?

La respuesta involucra a las dos anteriores, y se refieren al estado a que ha sufrido un área en particular en un lapso determinado de tiempo.

4. Distribución: ¿Que patrones de distribución existen...?

Para responder a esta cuestión, es necesario recurrir a analizar variables en común. También, al querer conocer cuantas situaciones anormales se producen en una determinada distribución espacial y donde se localizan.

5. Modelización : ¿Que sucede si ...?

Cuestión que se plantea al intentar conocer que pasa en un sistema cuando ocurre un hecho determinado es decir, crear una simulación de lo que podría pasar si pasara algún fenómeno, por ejemplo, que sucede si se produjera un determinado vertido tóxico en la red de suministro de agua potable o un río, a que poblaciones afectaría, como modificaría esto a la fauna y vegetación, etc. Las respuestas a estas preguntas requieren, además de la información geográfica, otros conceptos adicionales, como pueden ser determinadas leyes científicas.

4.3.2 Funcionamiento de los Sistemas de Información Geográfica

Un SIG funciona mediante múltiples procesos que nos permiten generar y manipular modelos que son una representación abstracta de la realidad. Estos modelos de información pueden estar representados por mapas, bases de datos referenciados al espacio, proyectos, etc.

La información que ingresa a la computadora necesariamente requiere una codificación (para su posterior identificación y manipulación), la cual es la organización de datos que permite hacer uso de las relaciones entre la información cuantificable y su representación cartográfica.

- Captura de la información.

Básicamente existen tres formas para capturar información en un sistema de información geográfica, el teclado, la digitalización y vía escaner.

1. Teclado:

Para introducir información temática (textual).

2. Digitalización:

Método automatizado, está representado por la captura de mapas, y se realiza por medio de una tableta digitalizadora y una estación de trabajo, la cual permite la vectorización de la información gráfica para su posterior introducción.

3. Vía Escáner: (dispositivo electrónico)

Técnica producida por una imagen digital en un formato raster, el cual tiene como objetivo cambiar el formato de representación de la información en formato gráfico.

- Base de datos

Es una colección lógica de archivos manejados como una unidad.

La base de datos de un SIG está compuesta por una colección de entidades, algunas de las cuales tienen su localización dentro de la dimensión espacial, por lo general hay una conjunción de entidades (geográficas y no geográficas). Las entidades geográficas tienen propiedades físicas, como: posición, dimensión y forma y pueden expresarse por medio de coordenadas espaciales. Estas, pueden ser representadas por medio de puntos, líneas y superficies.

Las entidades no geográficas son variables que describen un fenómeno en particular, en un tiempo específico, estos pueden estar descritos por una o más variables las cuales pueden ser jerarquizadas según convenga a los intereses del usuario.

El software de un SIG, debe contar con elementos que permitan un análisis de información para la posterior manipulación y administración de esta, la cual se

puede desarrollar por medio de funciones como son la recuperación, medición, clasificación, sobreposición y conectividad o funciones de red.

(Díaz, L. Alejandro y Miranda, R. José 1996).

- Aplicaciones y alcances de los sistemas de información geográfica.

- a) Planificación Urbana
- b) Prevención, manejo de desastres y recuperación.
- c) Topografía y navegación.
- d) Exploración mineral
- e) Oceanografía
- f) Agricultura
- g) Monitoreo de aguas
- h) Catastro
- i) Explotación de recursos naturales
- j) Cartografía digital

Algunos de los Sistemas de Información Geográfica, existentes en el mercado son: Arc/info, Arc/view, Geo/sol, Info/cad, Map/Info, Mge, Micromap, Spans, Terrasoft, Erdas/imagen, entre otros. Las diferencias entre estos sistemas es que utilizan diferentes plataformas, la cuales tienen mayor capacidad de memoria para almacenar y recuperar información.

(Seminario Sistema de Información Geográfica. – Julio - 1997)

4.4 Introducción al Sistema de Posicionamiento Global

El sistema conocido por sus siglas como GPS (en inglés, Global Position System), salió a la luz en 1978 con la puesta en órbita de la tecnología satelital de la serie NAVSTAR (Navigation Satellite Timing And Ranging), este nuevo sistema dio nacimiento a una nueva era en el posicionamiento terrestre de alta precisión para la determinación de puntos de levantamientos planimétricos y altimétricos. El Sistema de Global de Posicionamiento "GPS NAVSTAR" fue creado por los EUA, y es manejado por la fuerza aérea de este país y tuvo un costo de más de 13 billones de dólares.

El sistema GPS (fig 52), es un sistema de radio navegación basado en las señales transmitidas por los satélites de la constelación Navstar y que son captadas por pequeños receptores portátiles en tierra.

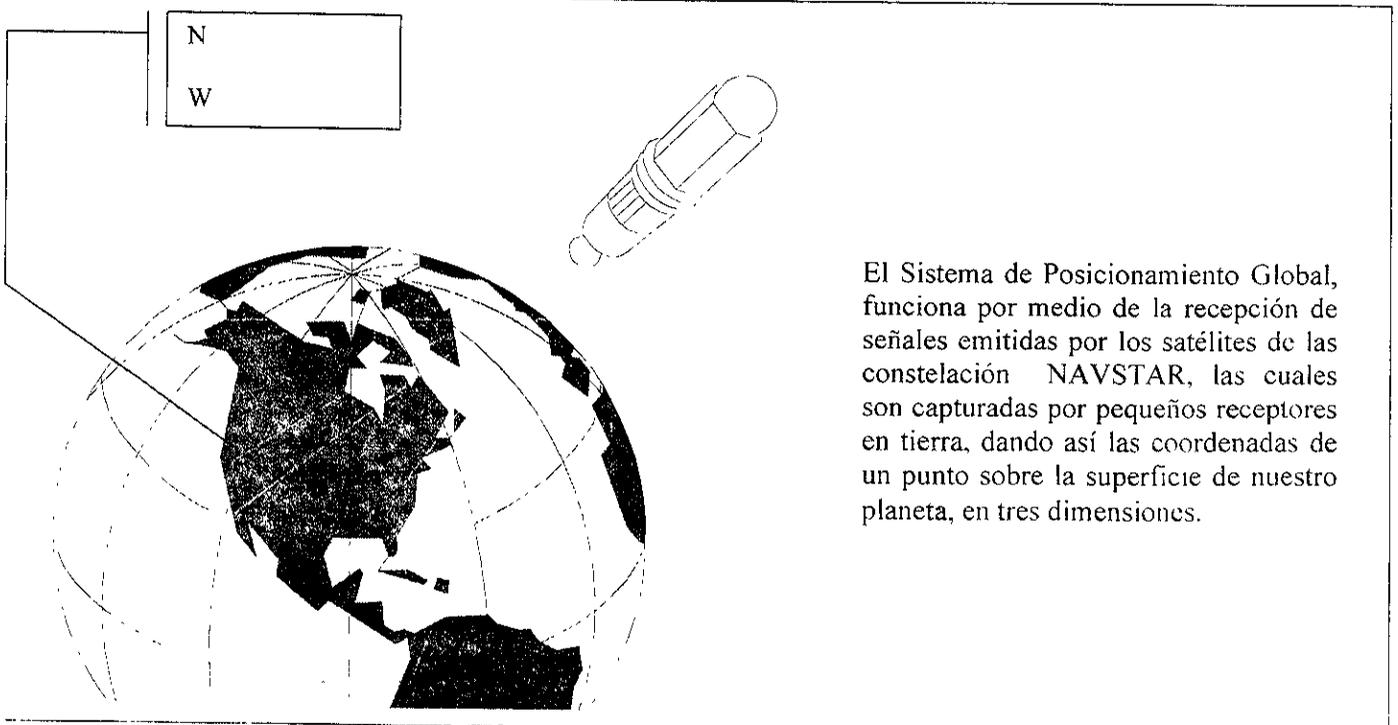


Fig 52

El Sistema de Posicionamiento Global, está constituido por tres grandes Subsistemas, 1) Subsistema Satelitario, 2) Subsistema de Control, y 3) Subsistema del Usuario, estos subsistemas se componen de la siguiente forma:

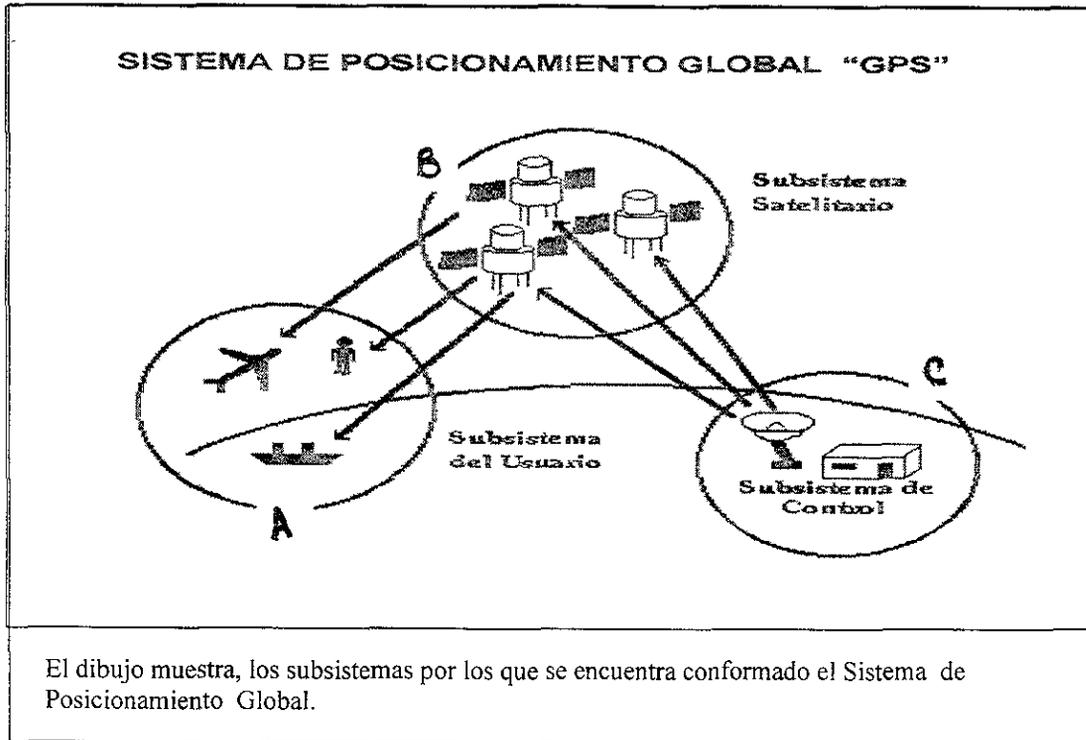


Fig 53

- Subsistema del Usuario (A)

El subsistema del usuario está compuesto por todos los usuarios de sistemas portátiles GPS, los cuales tienen canales de recepción de ondas de radio frecuencia, en cada una de las cuales se recibe una señal única de un satélite individual. Los receptores pueden ser de tipo geodésico (de muy alta precisión hasta centímetros), y tipo navegadores (con menor precisión). (fig 53).

- Subsistema Satelitario (B)

El subsistema satelitario, conocido como Constelación NAVSTAR, (Navigation Satellite Timing And Ranging) compuesto por 24 satélites operativos, distribuidos

en 6 planos orbitales, donde cada plano esta compuesto por 4 satélites, con 90° de separación entre satélites del mismo plano, la inclinación de cada plano orbital es de 55° a partir del Ecuador, y se encuentran a una altura de 20,000 kms y cada satélite tiene un periodo orbital de 11 horas, y 58 minutos, con 24 horas de cubrimiento mundial. (Fig 53).

- Subsistema de Control (C)

Este subsistema esta compuesto por 5 estaciones de control repartidos a lo largo del Ecuador, las cuales son: 1. Hawai, 2. Ascensión, 3. Diego García, 4. Kwajalein, y 5. Colorado Springs, siendo este el principal de todos y los cuales son manejados exclusivamente por el Pentágono y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, y tienen como objetivo controlar las señales emitidas por los satélites, la salud y disponibilidad de los mismos. (fig 53).

4.4.1 Como funciona el Sistema de Posicionamiento Global (GPS):

El posicionamiento se basa en una triangulación espacial. El satélite transmite su posición y el tiempo exacto cada mil veces por segundo (cada milisegundo) a la Tierra en donde un receptor computarizado puede calcular a que distancia se ubica de un satélite (en particular), al que se encuentra enganchado el receptor, multiplicando la velocidad de la luz por el tiempo transcurrido de la señal del satélite al receptor GPS. Al combinar las señales de varios satélites, el receptor puede establecer con "exactitud" su propia posición, en tres dimensiones, latitud, longitud, altitud e inclusive velocidad.

La idea básica de la determinación se basa en la triangulación de los satélites. Para calcular el tiempo de travesía de la señal a través de las capas de la atmósfera, conociendo de antemano la velocidad de la luz. Para calcular el tiempo de travesía, los receptores GPS necesitan calcular los tiempos en ambos relojes, el del receptor y el del satélite, de una manera muy precisa, lo cual se realiza con algunas técnicas especiales. Además de la distancia se necesitan saber donde están los satélites en el espacio. Las altas órbitas y el minucioso monitoreo son el secreto. Finalmente se debe corregir cualquier retraso que experimente la señal al viajar a través de la atmósfera.

La precisión de las coordenadas obtenidas a partir de un levantamiento GPS, depende de precisamente del tipo de señales que capte el receptor portátil y de la disponibilidad selectiva, entendiéndose por disponibilidad selectiva a la recepción del código P, el cual es accesible únicamente a grupos militares mediante el código especial llamado encriptado, y del cual el subsistema de control de los satélites se reserva el derecho de la disponibilidad del mismo para usos civiles. Esta disponibilidad selectiva origina una degradación en la precisión de los resultados obtenidos.

Si la disponibilidad selectiva esta activada, se obtendrán valores válidos en un radio de 100 m, si esta desactivada, los resultados serán válidos en un radio de 20 m y hasta menores.

En si la precisión de las coordenadas obtenidas por GPS depende de varios factores, los cuales son:

- Disponibilidad Selectiva
- Geometría de la Constelación
- Efectos atmosféricos (ionosfera y troposfera)
- Tipo de receptor y cantidad de receptores
- Precisión de las efemérides, etc.
- Errores de la estación

Una forma de obtener resultados más precisos es utilizar más de un receptor GPS al mismo tiempo y realizar un proceso diferencial, es decir por medio de un postproceso computarizado y con la ayuda de un software especial se comparan los resultados de los diferentes receptores, se promedian los resultados, y se eliminan los elementos que puedan distorsionarlos.

Las coordenadas de un punto en especial se obtienen a partir del enganche del receptor portátil de los satélites, por lo regular los receptores más sencillos captan de 6 a 8 satélites, y los más sofisticados pueden captar hasta 12 o más satélites. Si el receptor solo capta tres satélites, este solo computará su posición en 2D (dos dimensiones), es decir latitud (X), y longitud (Y).

Si se captan cuatro satélites se pueden resolver las cuatro incógnitas del sistema GPS, (latitud, longitud, altura y tiempo), si esto es posible, entonces el receptor obtendrá la posición en 3D (tres dimensiones), (ϕ) latitud (X), (λ) longitud (Y), y altura (Z).

4.4.2 Métodos de levantamiento

- Posicionamiento con GPS.

"Se entiende por posicionamiento con GPS a todas las actividades necesarias para dar coordenadas a puntos sobre la superficie de la tierra¹⁶". Existen 2 técnicas para el posicionamiento o levantamiento con GPS en campo:

a) El Método Absoluto o Autónomo (fig 54):

En este proceso se determinan las coordenadas en tiempo real y se realiza con un receptor funcionando independientemente y solo es necesario mantenerse estático unos minutos en el punto deseado y proceder a capturar las señales provenientes de los satélites. Cabe destacar que para este tipo de proceso se recomienda si es posible planear la misión, es decir por medio de un software y un programa adecuado que permita conocer el número de satélites presentes en el momento del levantamiento, la hora adecuada para realizarlo y poder descartar así la hora en donde la precisión es baja, y además eliminar en lo posible los obstáculos que distorsionan la llegada y salida de las señales.

La precisión de este método esta estrechamente ligado con el tipo de receptor que se utilice, si el receptor recibe el código P, la precisión estará alrededor de unos 40 cm, en cambio si el receptor sólo capta el código C/A su precisión será alrededor de 10 m, en estricta condición con la disponibilidad selectiva, ya que esta puede mermar la precisión hasta en 100 m o más.

MÉTODO AUTÓNOMO GPS

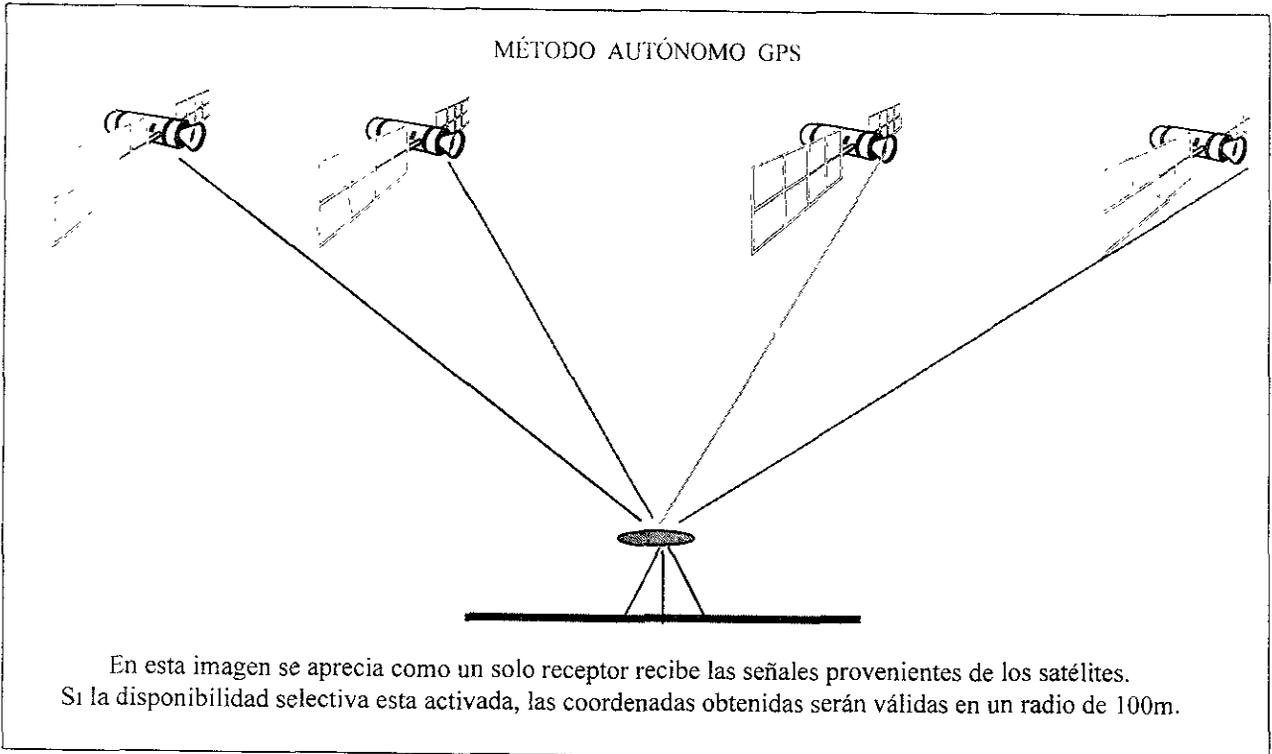


Fig 54

Diseño. DFM

b) El Método Diferencial (fig 55):

Este levantamiento se hace con varios receptores GPS, los cuales deben observar la misma constelación satelital en un lapso común de tiempo. Un receptor en especial se instala como estación base (con coordenadas conocidas con precisión), este receptor debe estar funcionando durante todo el tiempo que dure el levantamiento. Después los otros receptores remotos proceden a la captura de la captura de archivos se graban y se apagan todos los receptores al mismo tiempo.

Posteriormente para obtener las coordenadas de los puntos levantados con mayor precisión que con el método absoluto, se procesan los archivos del receptor base y de los receptores remotos en programas especializados de computadora (diseñados por la misma marca de los receptores), los cuales trabajan con algoritmos

especiales para poder proporcionar los resultados del levantamiento. Este proceso diferencial aumenta la precisión de las coordenadas en el orden centimétrico o subcentimétrico.

Este levantamiento se utiliza con mayor frecuencia en la propagación de control terrestre, como son los levantamientos geodésicos y topográficos.

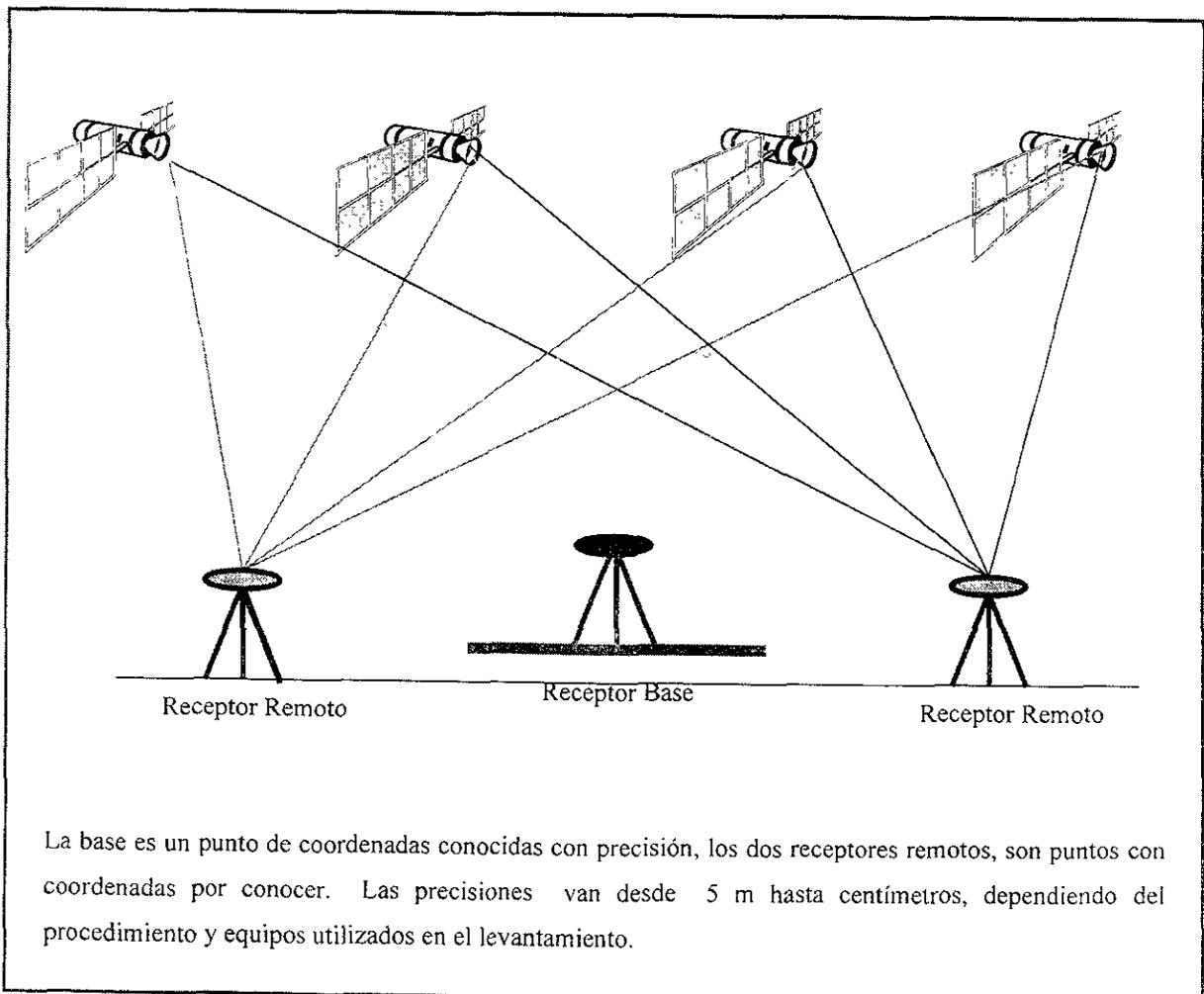


Fig 55

Diseño: DFM

(Seminario Sistema de Posicionamiento Global -Mayo y Julio, 1997-)

4.5 Aplicación real del Sistema de Información Geográfica y Sistema de Posicionamiento Global, en el caso del Instituto Mexicano del Petróleo.

Un ejemplo de la cartografía digital que puede ser creada con estos sistemas es la realizada por el Instituto Mexicano del Petróleo, correspondiente a la gerencia de Geofísica, en donde actualmente se está realizando un proyecto en conjunto con Petróleos Mexicanos (Pemex), denominado "Sistema de Información Geográfica y Posicionamiento de Ductos". Siendo uno de sus objetivos principales: la ubicación georeferenciada en mapas digitalizados de las líneas de transporte de hidrocarburos, la ubicación de los elementos superficiales del mismo, como las válvulas, las llaves de paso, las trampas, etc. Además de base de datos con información sobre el estado actual de estos.

Para llevar a cabo esta tarea, se requirió la utilización de los sistemas antes mencionados, los Sistemas de Información Geográfica y el Sistema de Posicionamiento Global.

Estos sistemas en conjunto permitirán obtener mapas topográficos o temáticos, con información e imágenes del entorno geográfico y de las tuberías encargadas del transporte de hidrocarburos.

- Proyecto del Instituto Mexicano del Petróleo

El objetivo del presente trabajo consistió en localizar geográficamente la trayectoria de un poliducto de 12 " ubicado en el estado de Veracruz, el cual va de la refinería Lázaro Cárdenas en Minatitlan a la refinería de Pajaritos, además de generar una base de datos con todos los rasgos y características asociadas al ducto para integrarla al sistema de información geográfica. Para la realización de este

trabajo, se utilizaron tres receptores GPS, dos de la marca Astech modelo Reliance, y el otro de la marca Garmin, modelo 12XL, así como el sistema de Información Geográfica, Arc View 3.0a.

El trabajo de campo consistió en la georeferenciación (procedimiento mediante el cual se determina la posición de los elementos gráficos dentro de un marco de referencia geográfico real) de la trayectoria del poliducto, así como en la ubicación de los elementos superficiales asociados al mismo, como: la cubeta de pateo, las trampas, las válvulas, los potenciometros, y los rectificadores, así mismo se tenía que identificar el entorno geográfico por el que cruza el ducto o lo que se podría llamar el uso del suelo, en este caso se identificaron zona industrial, zonas poblada, zonas de cultivo, zonas de pantano, etc.

- Descripción del trabajo de campo.

El desarrollo del trabajo de campo se inicio con la ubicación de un punto de coordenadas conocidas por medio del GPS (navegador), en este caso un vértice geodésico perteneciente a la RGNA (Red Geodésica Nacional Activa, propiedad de INEGI)*. En base a este punto se generó un segundo punto base, el cual se ubicó en las cercanías del área de trabajo para poder realizar esto, se ubicó un GPS en el punto de coordenadas conocidas, y otro GPS sobre el segundo punto base, grabando coordenadas durante el mismo lapso de tiempo (2 Hrs). Posteriormente se realizó un postproceso diferencial para calcular las coordenadas exactas de el segundo punto base, éste postproceso consiste en calcular las diferencias obtenidas entre cada medición y las coordenadas reales del punto RGNA, para despues aplicar el mismo factor de corrección a las coordenadas del punto levantado, con lo

* Red Geodésica Nacional Activa (ver Apéndice).

cual se obtienen las coordenadas reales de este segundo punto, el cual se utilizó como punto base durante el resto del levantamiento de las coordenadas del ducto.

Posteriormente se aplicó el mismo proceso a todos los puntos obtenidos durante el levantamiento del ducto, solo que esta vez el punto tomado como base fue aquel que se obtuvo en base a el punto de la RGNA.

La localización del ducto se realizó por medio de un detector de tuberías, una vez que se localizaba se tomaban las coordenadas de ese punto con el receptor GPS, este proceso se realizó para ubicar la trayectoria completa del ducto, así se levantaron las coordenadas de la línea, haciendo especial énfasis en los puntos donde cambiaba de dirección, también se realizaba el mismo procedimiento si el ducto cruzaba por vías de comunicación, como autopistas, carreteras, brechas y veredas, por cuerpos de agua como: ríos, lagunas y pantanos, además del cruce con zonas de población.

Cabe destacar que mientras se realizaba el levantamiento, se creo una base de datos con información sobre el entorno geográfico e información técnica asociada al ducto.

Finalmente los puntos levantados por medio del GPS, fueron procesados e integrados en las cartas correspondientes a la zona del levantamiento previamente digitalizadas, en este caso esas cartas fueron Coatzacoalcos E15A85 y Minatitlan E15C15 escala 1:50 000, las coordenadas obtenidas en cada punto de la línea fueron asociadas de acuerdo las coordenadas de las cartas, obteniéndose así una referencia completa de la zona.

El Sistema de Información Geográfica fue utilizado para relacionar las cartas digitalizadas, los puntos obtenidos por medio del GPS y la información contenida en la base de datos, para poder realizar así un análisis detallado de información geográfica relacionada con el poliducto de Pemex .

El resultado final del trabajo descrito anteriormente es la creación del "SIGPD" (Sistema de Información Geográfica y Posicionamiento de Ductos), el cual se describe a continuación:

4.5.1 Sistema de Información Geográfica y Posicionamiento de Ductos

¿QUE ES EL SISTEMA?

El Sistema de Información Geográfica y Posicionamiento de Ductos (SIGPD), es un conjunto de hardware, software, datos espaciales, datos descriptivos y procedimientos capaces de crear, manipular y almacenar bases de datos correspondientes a una zona geográfica específica, con todas las características e información que el usuario requiera; permitiendo de esta manera organizar, analizar y clasificar dicha información. El sistema, apoyado en una PC, permite al usuario visualizar sobre un mapa digitalizado, la posición geográfica exacta de los ductos, con relación a un sistema universal de coordenadas, permitiendo conocer así la ubicación precisa de instalaciones superficiales, el entorno geográfico asociado, y los datos relacionados con programas de inspección.

Lo anterior integra dos geotecnologías, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El SIG maneja un conjunto de datos espaciales, datos descriptivos, y demás procedimientos que tienen como objetivo coleccionar, analizar y desplegar información geográficamente referenciada, y

el sistema GPS esta apoyado en un sistema de radionavegación que utiliza las señales transmitidas por los satélites de la constelación NAVSTAR y que son captadas por pequeños receptores en Tierra, los cuales proporcionan la posición tridimensional (latitud, longitud y altura) de cualquier punto deseado. La complementación de ambas tecnologías permiten la creación de mapas en formato digital, así como la creación de una extensa base de datos de todo tipo, enfatizando la información geográfica a través de la sobreposición de capas o “layers” con información de diferentes temas, rasgos hipsográficos, rasgos hidrológicos, rasgos culturales, vegetación, entre otros, haciendo posible un análisis de muchas variables en una sola imagen, mostrando además las coordenadas geográficas, ya sea en grados sexagesimales o coordenadas UTM (correspondientes a la proyección Universal Transversa de Mercator) de cada elemento cartografiado.

OBJETIVOS:

- ◆ Obtener las coordenadas geográficas tanto del ducto, así como de los elementos asociados a él.
- ◆ Aprovechar la información obtenida durante los programas de inspección y mantenimiento para la generación de bases de datos.
- ◆ Conocer el entorno geográfico a través del cual cruza el ducto.
- ◆ Proveer los medios para realizar un análisis en forma sencilla que involucre específicamente información asociada al ducto.
- ◆ Permitir el despliegue de información geográfica sobre mapas digitalizados, además proveer otro tipo de despliegues de información como: tablas, gráficas, imágenes y textos. Los cuales pueden combinarse al mismo tiempo con los mapas.

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA:

El proceso de la generación de una aplicación asociada a un ducto específico consta principalmente de cuatro etapas:

1) Levantamiento GPS:

Esta fase consiste en la captura de las coordenadas geográficas de los puntos definidos a lo largo de la trayectoria del ducto.

2) Procesamiento de la información

Esta fase comprende el procesamiento de los datos obtenidos durante el levantamiento GPS, para adecuar la información a estructuras compatibles con el sistema, además incluye la creación y organización de bases de datos relacionadas con los datos de inspección asociados al ducto

3) Generación de documentos cartográficos

Esta fase consiste en la adquisición de mapas digitalizados, los cuales serán editados, resaltando la información que más convenga al usuario, para permitir un análisis más sencillo de la información.

4) Integración de la información

Esta fase consiste en generar el entorno visual a través del cual el usuario tendrá acceso a toda la información georeferenciada concerniente al ducto en cuestión.

A continuación se muestran unas imágenes del entorno de trabajo del SIGPD, en las cuales se pueden observar las principales operaciones y características del sistema. El entorno consta principalmente de cuatro secciones. La primera donde se despliega el mapa, así como todos los atributos temáticos que están relacionados con el ducto. La segunda sección de la simbología del mapa, la cual está compuesta por los temas que incluye el mapa, por medio de esta lista se pueden activar o desactivar ciertos temas para la visualización de los demás atributos. Otra sección es una barra de menús y comandos de uso común. Finalmente la cuarta sección es una serie de ventanas que muestran información relacionada con ciertos puntos del mapa.

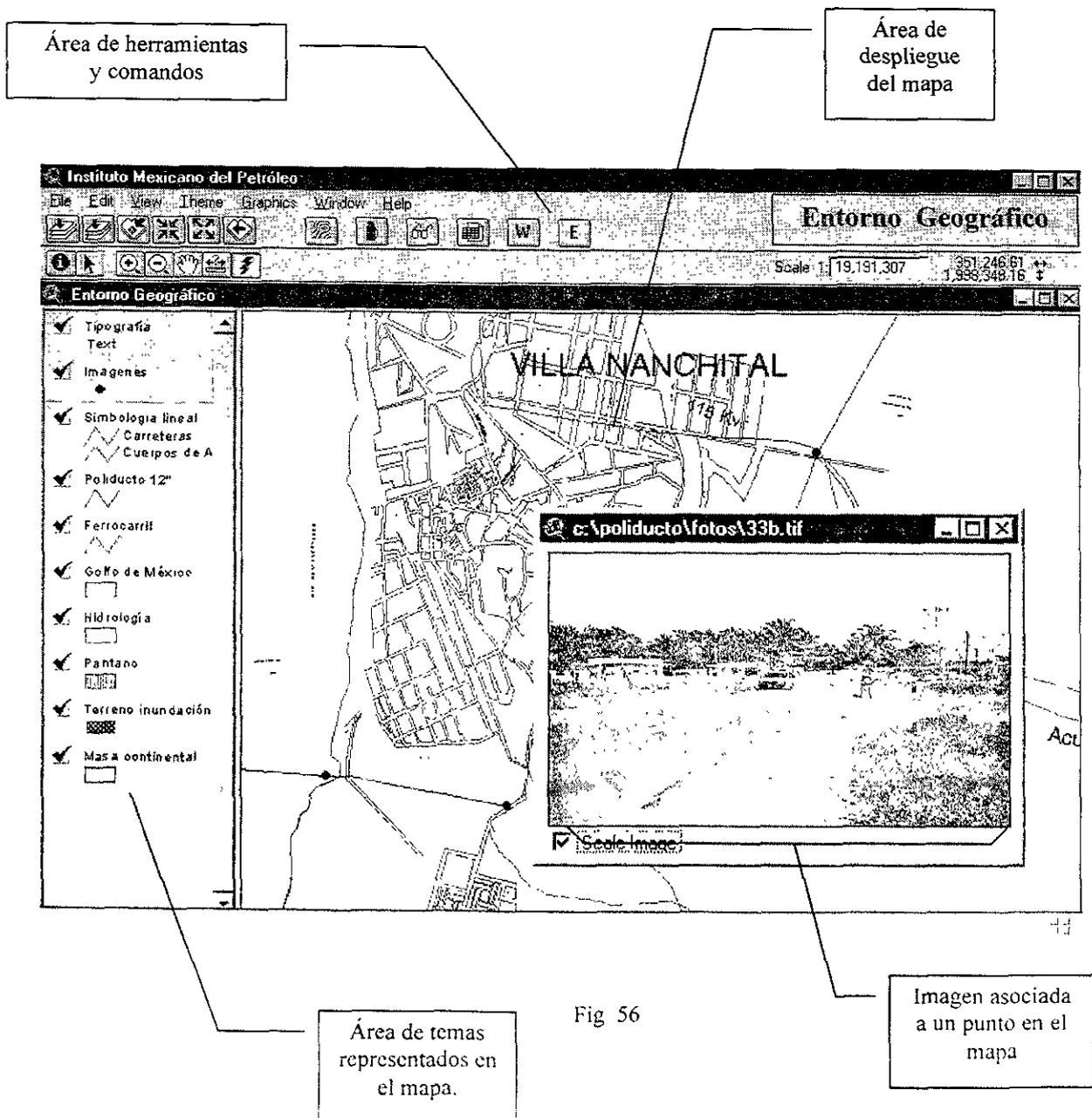


Fig 56

Imagen correspondiente al tema de instalaciones superficiales, en donde se puede apreciar un ejemplo de una tabla de datos (fig 57).

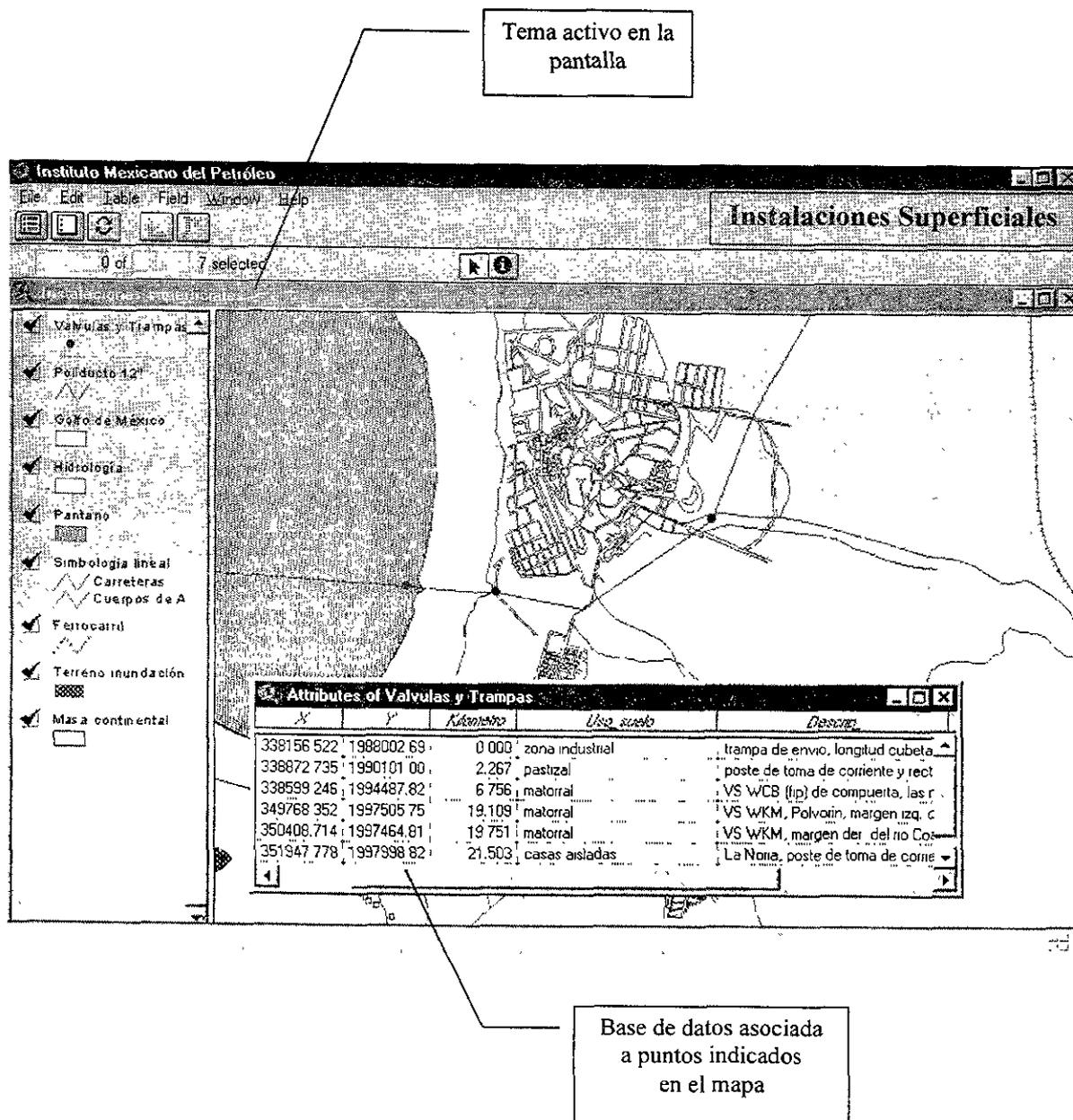


Fig 57

Imagen correspondiente al tema de Instalaciones Superficiales asociados al ducto
(fig 58)

Puntos levantados por medio del Sistema GPS.

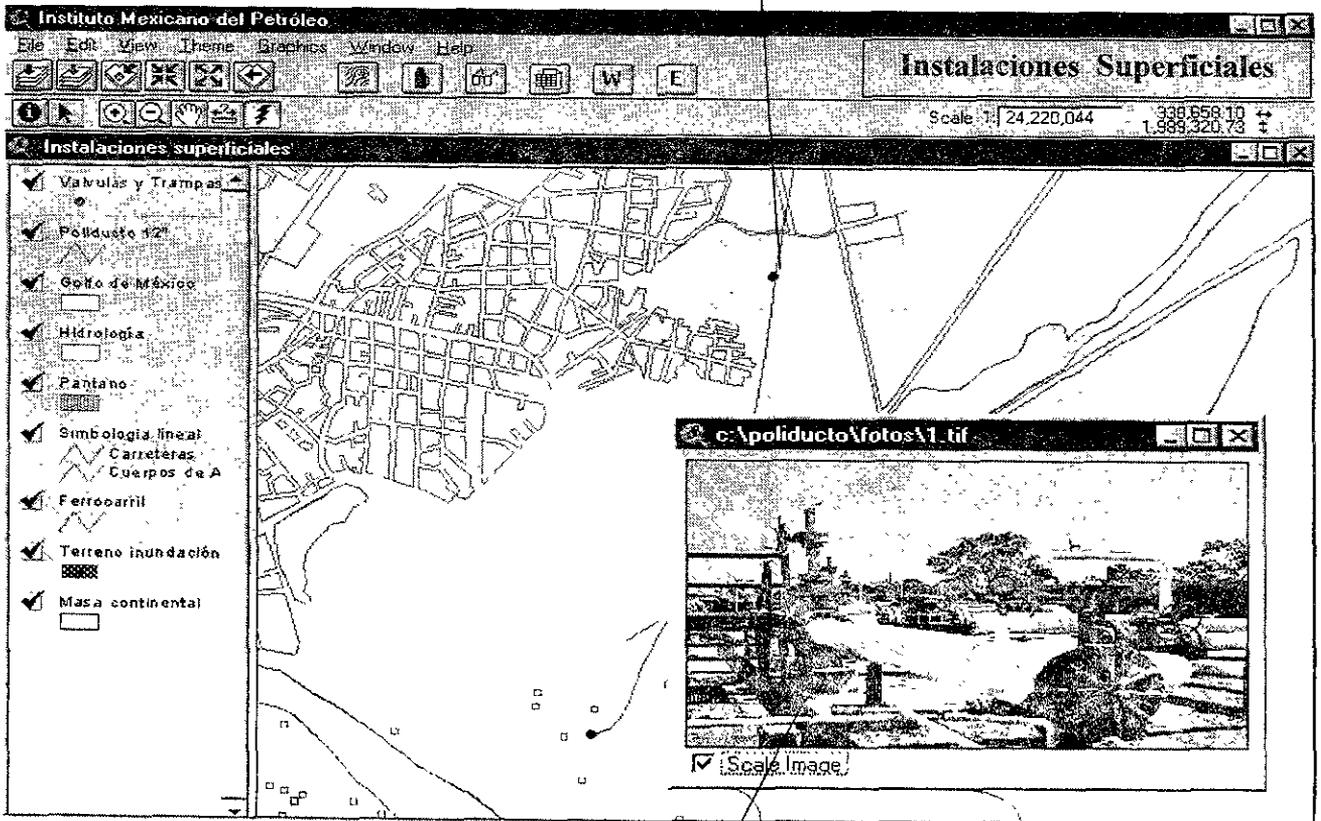


Imagen que corresponde a las instalaciones superficiales existentes en la zona de trabajo

Fig 58

La siguiente pantalla representa un ejemplo de la información que puede ser anexada al tema en cuestión, como por ejemplo los resultados de la inspección realizados por otra compañía.

(fig 59)

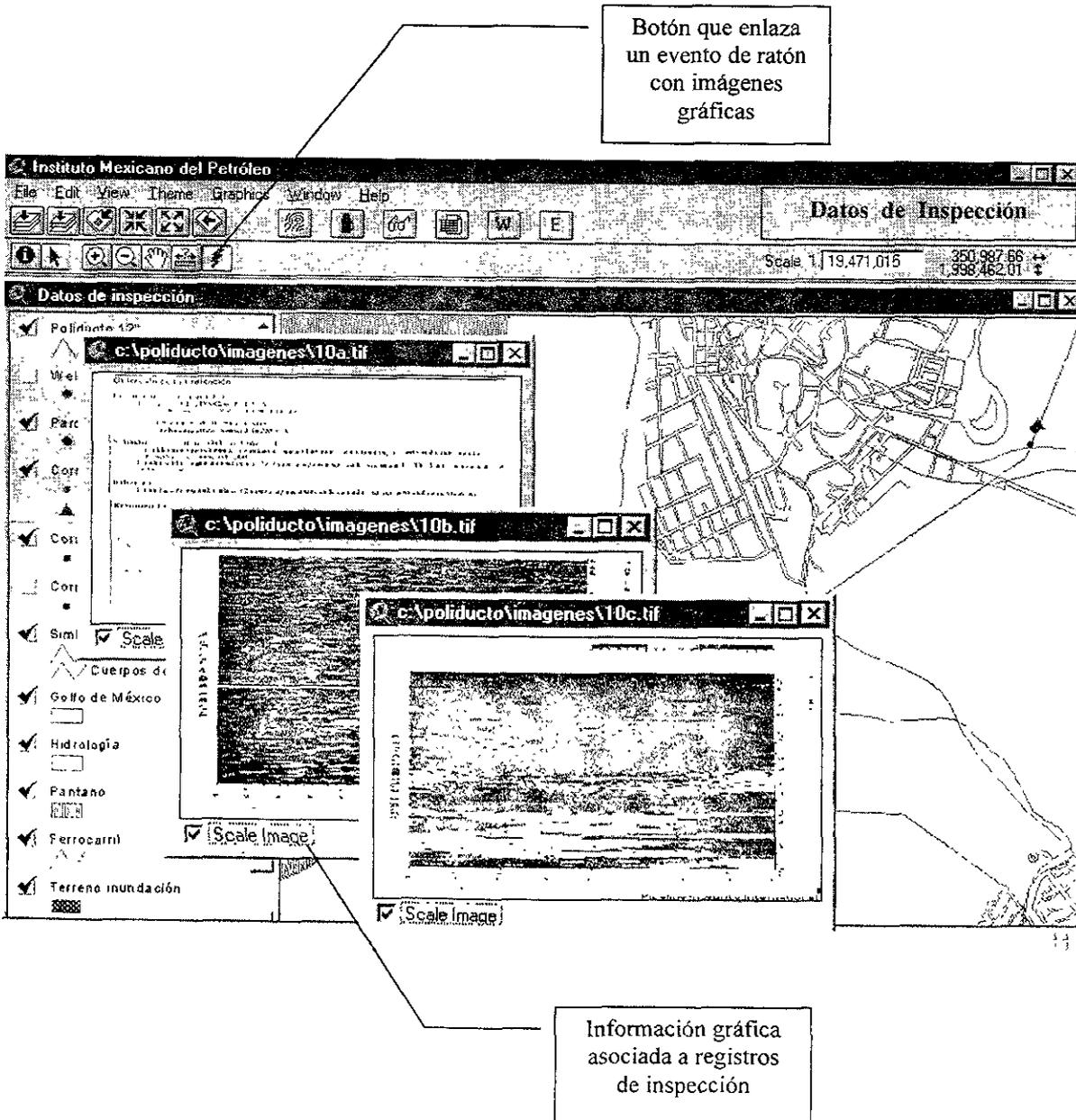
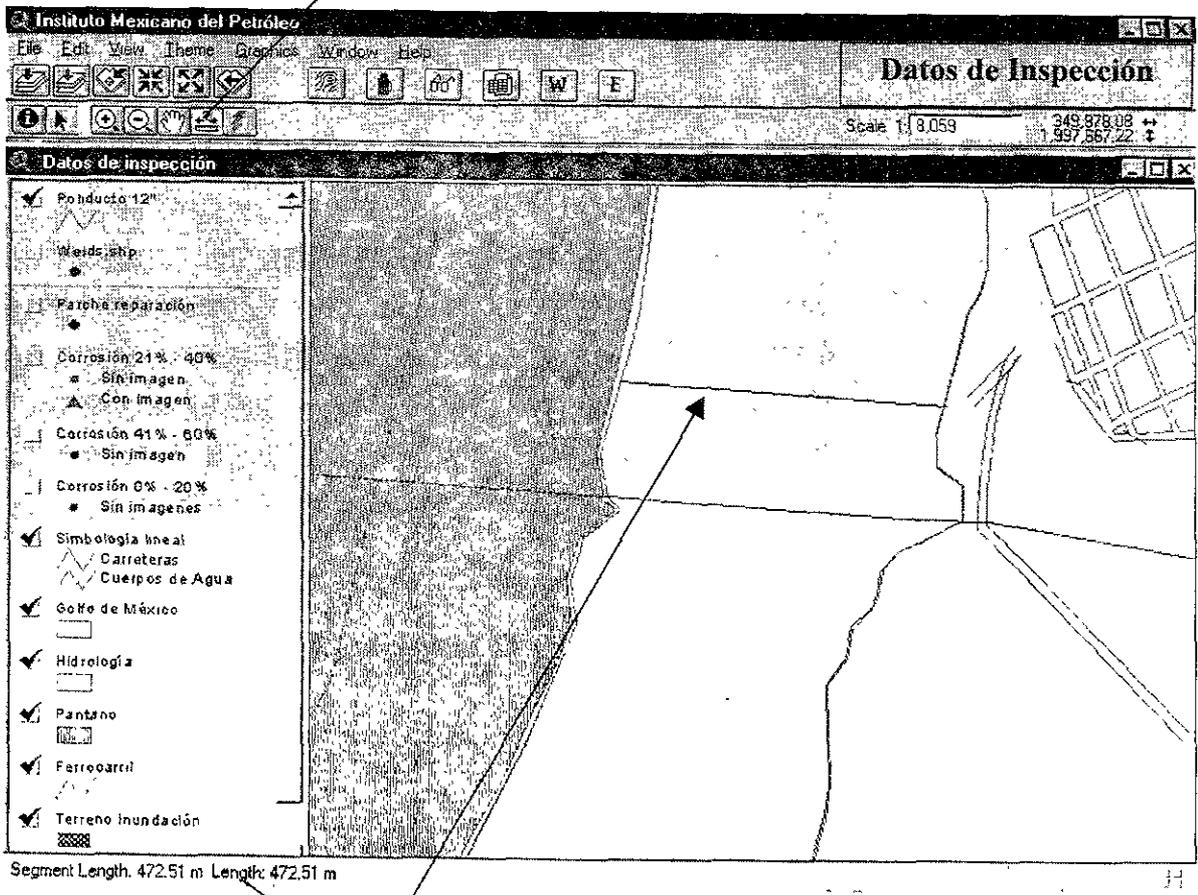


Fig 59

El sistema permite obtener distancias reales sobre el terreno.
(fig 60)

Las herramientas del sistema, permiten medir distancia sobre el mapa y conocer su equivalencia en el terreno



Distancia real sobre el terreno

Fig 60

CAPACIDADES DEL SISTEMA

- ◆ Capacidad para almacenar y recuperar información.
- ◆ Análisis de la información para la identificación oportuna de tuberías en malas condiciones de operación
- ◆ Diseño de mapas a partir de una base de datos georeferenciada

BENEFICIOS:

Los beneficios resultantes de la utilización de este sistema pueden ser:

- ◆ Disponibilidad de información actualizada de los ductos con relación a su trayectoria, entorno geográfico, instalaciones superficiales, información de las inspecciones internas recientes (cuando existan), sobre mapas debidamente georeferenciados, utilizando como plataforma una PC. Manipulación del sistema de acuerdo a las necesidades del usuario mediante la sobreposición de capas de información. Medición de distancias reales sobre el terreno, utilizando herramientas del sistema. Visualización de imágenes reales de alta resolución del entorno geográfico, instalaciones superficiales e información de inspecciones internas recientes (cuando existan). Manipulación y consulta de las bases de datos del sistema y creación de gráficas relacionando parámetros particulares. Enlace de eventos particulares seleccionados por el usuario con documentos Word y Excel para realizar reportes específicos o anotaciones relacionadas con dichos eventos. Posibilidad de integrar al sistema información adicional para realizar estimaciones del volumen de obra y costo de rehabilitación en líneas que se encuentran en esa etapa. Y sobre todo disponibilidad de información en forma confiable y rápida, como apoyo en la

toma de decisiones para la determinación o establecimiento de las prioridades de mantenimiento y pruebas de inspección en la red nacional de ductos.

Por último las ilustraciones siguientes, representan un ejemplo de los mapas que se obtuvieron por medio del SIGPD una vez que se realizó el proyecto, las imágenes corresponden a las cartas E15A85 Coatzacoalcos y E15C15 Minatitlan, con escala 1:50 000, diseñados por INEGI y digitalizados por SICORI.

***RED GEODÉSICA NACIONAL ACTIVA**

R G N A

INEGI

La RGNA esta compuesta por 14 estaciones fijas repartidas a lo largo y lo ancho de la República Mexicana, dichas estaciones tienen como uno de sus fines rastrear las señales de los satélites de la constelación NAVSTAR.

El objetivo primordial de la Red Geodésica Nacional Activa, es contar con un marco de referencia uniforme y confiable, que de acuerdo a las precisiones que otorgan la utilización de equipos de posicionamiento vía satélite –sistema GPS-.

El sistema de referencia (datum), de la RGNA es el ITRF 92 (marco de referencia terrestre internacional de 1992- el cual es equivalente la sistema de referencia usado por el sistema GPS que utiliza el WGS 84), asociado al sistema de referencia GRS 80, aceptado por la Asociación Internacional de Geodesia.

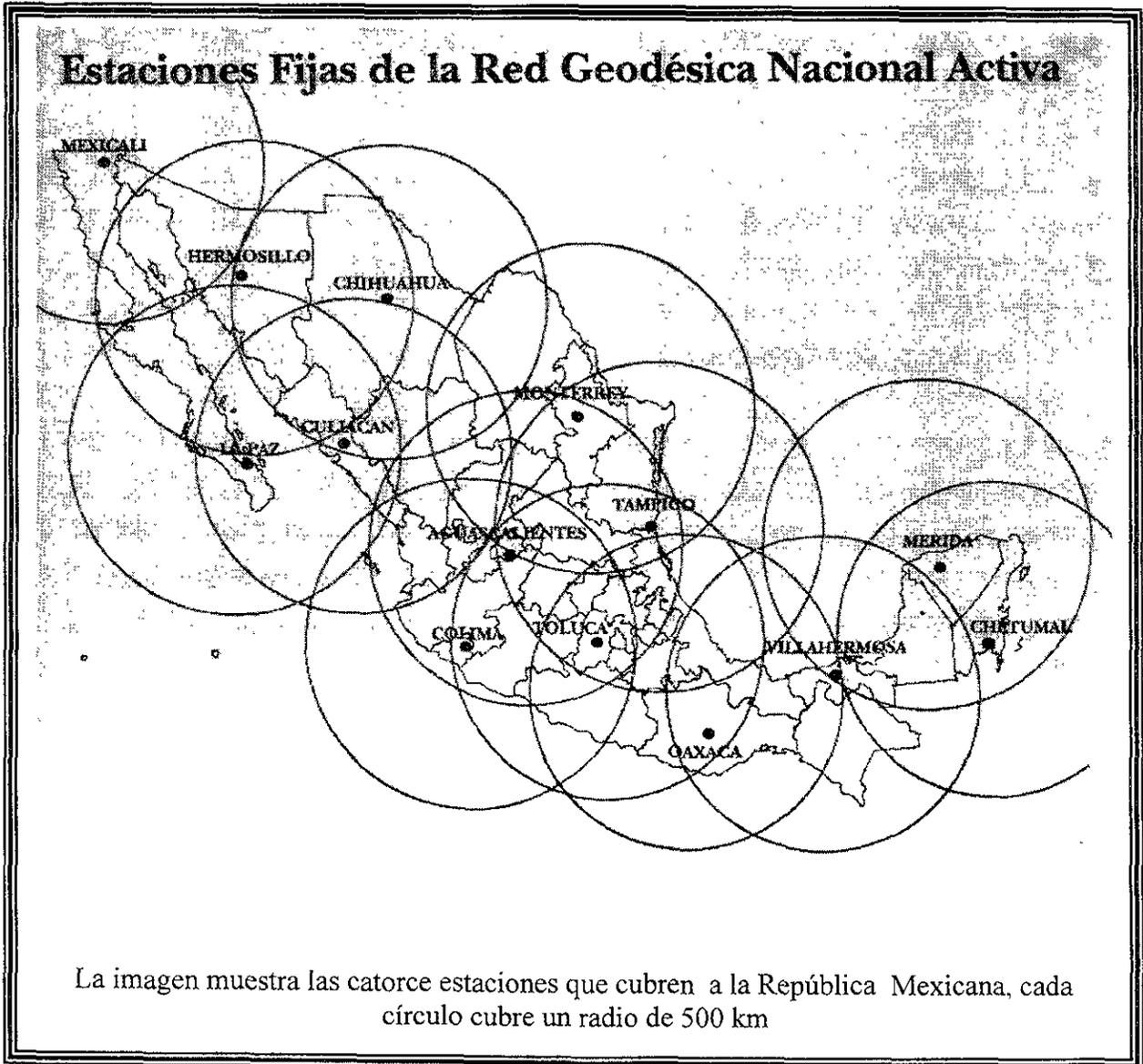
Esta red geodésica se creó para registrar datos, durante un lapso de 23 al día, monitoreo los 365 días del año. Cada estación cubre un radio de 500 km, lo cual hace posible que el país quede cubierto completamente.

La Red Geodésica Nacional activa permite establecer la posición GPS (ubicación geográfica) del cualquier punto deseado, por medio de la combinación de los archivos del receptor remoto (usuario común), y los archivos de la estación elegida. Realizando de esta forma un levantamiento de modo diferencial. La red no funciona con cualquier receptor GPS, si no que tiene que cumplir con ciertas características con base en las frecuencias que captan los receptores.

Las catorce estaciones con las que cuenta el país son:

Aguascalientes, Ags; Chihuahua, Chic; Hermosillo, Son; Mexicali, B.C; Culiacán, Sin; Monterrey, N.L; Toluca, Méx; Oaxaca, Oax; Villahermosa, Tab; Mérida, Yuc; La Paz, B.C. S; Manzanillo, Col; Tampico, Tams; y Chetumal, Q.R.

RED GEODÉSICA NACIONAL ACTIVA
(INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA)



Fuente. La Nueva Red Geodésica Nacional - Una visión hacia el futuro - INEGI. 1995.
La Nueva Red Geodésica Nacional, 1994. Tecnología de Vanguardia INEGI 1994
Tesis. El proceso de la generación cartográfica Bernabe Merlan Ch. 1995
Revista Cartografica num 61 La red geodesica nacional activa de México- IPGH 1992

CONCLUSIONES

Los mapas constituyen una fuente de comunicación gráfica que integran un contenido de muy diversos temas, que de alguna forma están asociados con el espacio geográfico. La lectura e interpretación de estos documentos cartográficos es una labor compleja, que requiere poseer conocimientos básicos de cartografía entre ellos: proyecciones cartográficas, escalas, sistemas de coordenadas, simbología, etc.

La comprensión de la información plasmada en un mapa, requiere por parte del usuario una gran capacidad para analizar cada uno de los elementos de una gran dedicación para poder llevar a cabo un análisis de cada uno de los elementos que lo conforman, con el fin de poder extraer información trascendente que en ocasiones no es evidente a simple vista, sin pasar por alto que también es necesario tener un mínimo de conocimientos especializados de los diferentes tópicos que contiene el mapa, para obtener información lo más completa posible.

La gran cantidad de información que se obtiene de la interpretación de un mapa forma parte de los sistemas de información geográfica, los cuales permiten relacionar la información de diferentes temas para generar mapas especializados con nuevos temas. Otro de los sistemas en los cuales se puede apoyar la generación de mapas temáticos es el sistema de posicionamiento global el cual permite obtener las coordenadas de cualquier punto sobre la superficie terrestre, logrando de esta forma georeferenciar la información específica en un mapa.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARONOFF, S. Geographic Information Systems. Otawwa-Canada 1989.
2. CAIRE. L. Jorge. Cartografía Matemática. Instituto Politécnico Nacional. México. 1983
3. COLOMBO, Oscar y WATWINS, Michael. "Posicionamiento Satelitario" Revista Cartográfica num 58. IPGH 1990
4. DÍAZ. L. Alejandro y MIRANDA. R. José. "Sistemas de Información Geográfica Aplicados al Análisis Socioeconómico" Trabajo de Diplomado. UNAM-FFYL 1996.
5. ESPINOZA Y DE LOS MONTEROS. José. M. "Laboratorio de Cartografía". Edit. Trillas 1988.
6. FLORES. A, y THOMAS, B. "Las variables visuales en cartografía temática" Revista Cartográfica num 61. IPGH 1992
7. FLORES. A, y MONTOYA, John. "La Generalización Cartográfica" Revista Cartográfica num 61. IPGH 1992
8. GLOSARIO de términos cartográficos y fotogramétricos. I.P.G.H. pub. 413. 1986
9. "Guía para la interpretación de cartografía" INEGI. 1989
10. HATHWAY, A. James. La historia de los mapas. Ed. Novaro. México. 1982
11. JOLY, Fernand. La Cartografía. Ed. Ariel. Barcelona - Caracas - México. 1979
12. KLEUSBERG, Alfred. "Interrelación GPS/GIS" Revista Cartográfica num 59. IPGH 1991
13. LANGLEY, B. Richard. "Geodesia básica para GPS" Revista Cartográfica num 61. IPGH 1992
14. FLORES. A, y THOMAS, B.
14. MANUAL de Cartografía. Sedena. México. Marzo 1992

15. MARCIAL, S. Israel. Tesis: "Motivación para el uso de la cartografía didáctica en el proceso de la enseñanza-aprendizaje" UNAM. México 1984
16. MARTINET, Jeanne. Claves para la semiología. Ed. Gredos. Madrid, España. 1976
17. MENDOZA, M. Alfredo. Tesis: "Elaboración de productos cartográficos como elemento para certificar la tenencia de la tierra a nivel ejidal" UNAM. México. 1996.
18. MONKHOSE y WILKINSON. Mapas y Diagramas. Ed. Oikos-Tau Barcelona, España. 1966
19. MIRANDA, Villaseñor. Apuntes de Análisis e Interpretación de Mapas. (inédito) 1984
20. ROBINSON, H. Arthur. Elementos de Cartografía. Ed. Omega. Barcelona, España. 1987
21. SALITCHEV, Konstantin. Cartografía. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba 1979.
22. SEMINARIO "Generación y Actualización de Bases de Datos GIS, con Tecnología GPS" Noviembre 1997
23. SEMINARIO "Introducción al Sistema de Posicionamiento Global" (GPS), Mayo 1997 y Enero 1998
24. "Sistemas de Información Geográfica" (SIG). Boletín de Política Informática No. 2 (INEGI). 1995.
25. TURCO, G. Carlos. Los Mapas. Edit. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 1968
26. SUAVITA, Miriam y FLORES, Antonio. "Percepción y Comprensión en Cartografía Temática" Revista Cartográfica num 61. IPGH 1992