

# **MANUAL DE CONCEPTOS BÁSICOS**

# Índice

---

## Introducción

### Topografía

1. Aspectos generales
2. Elementos básicos de topografía
3. Error en las medidas
4. Precisiones y tolerancias
5. Métodos de medición de poligonales
6. Determinación de áreas
7. Altimetría o control vertical
8. Registros de campo
9. Instrumentos más comunes de medición

### Geodesia

1. Aspectos generales
2. Levantamientos geodésicos
3. Interacción topografía-geodesia en el programa PROCEDE
4. Sistema de posicionamiento global (GPS)

### Cartografía

1. Aspectos generales
2. Componentes de un mapa
3. Interpretación y uso de cartas topográficas

### Fotogrametría

1. Definición de fotogrametría
2. Fotografía aérea
3. Líneas e índices de vuelo
4. Vuelos SINFA
5. Vuelos especiales (V.E.)
6. Vuelos de zona
7. Fotomapas
8. Componentes de la cámara métrica
9. Películas fotográficas
10. Aeronaves
11. Equipo auxiliar y sistema de navegación
12. Avances tecnológicos en la fotografía aérea
13. Productos derivados de la fotografía aérea
14. Restitución
15. Estereoscopía

### Fotointerpretación

1. Definición
2. Técnicas
3. Características de la imagen fotográfica

4. Elementos para el análisis de las fotografías aéreas
5. Instrumentos para la fotointerpretación

## **Anexos**

- A. Glosario técnico

## Presentación

---

Con la finalidad de enfrentar positivamente los proyectos de desarrollo sustentable, se hace necesario incrementar la utilización de nuevas tecnologías para el manejo y generación de datos geográficos.

En este sentido, en nuestro país, resulta conveniente contribuir a la creación de condiciones que garanticen el papel de la infraestructura de información geográfica como herramienta para el desarrollo en el marco de una política estratégica.

Asimismo, es indispensable generar los instrumentos técnicos adecuados para la creación, incremento y depuración de las bases de datos geográficos que serán utilizadas por todos los sectores de la sociedad.

El **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)**, en atención a esos requerimientos, se ha dado a la tarea de propiciar una generación ordenada y precisa de datos espaciales, contando para ello con los elementos tecnológicos indispensables.

Una de las vías para la captación de los datos espaciales, consiste en el levantamiento de información mediante las mediciones directas en campo, que contribuyan a la generación de un catastro rural nacional moderno y confiable que apoye actividades tales como el ordenamiento territorial, la planeación del crecimiento de las localidades y la elaboración de programas de protección al medio ambiente.

Para llevar a cabo la captación de los datos espaciales, se requiere de un marco normativo que garantice la homogeneidad de la información. Ello ha propiciado la generación de una serie de manuales y especificaciones técnicas sobre procedimientos de medición.

Corresponde en este caso, presentar el **Manual de conceptos básicos**, documento que apoyará en el conocimiento de los procedimientos operativos de medición.

## Introducción

---

El presente documento servirá para el logro de los objetivos del Programa, el cual ha sido elaborado y estructurado para proporcionar al personal del operativo los conceptos básicos que debe conocer y entender para la correcta aplicación de los métodos directo e indirecto de medición.

El objetivo de este manual es permitir conocer las bases que fundamenten los trabajos de medición, contribuyendo así al desempeño eficiente de los mismos.

El manual se estructura en seis apartados y tres anexos. En el primero se presentan conceptos de topografía donde se explican los aspectos generales, definiciones, tipos de levantamientos, instrumentos útiles en cartografía, elementos básicos de la topografía, precisiones y tolerancias y la importancia de los registros en estos levantamientos. El segundo corresponde a la Geodesia donde se abordan los aspectos generales, los tipos de levantamientos geodésicos, un repaso general del sistema de posicionamientos global (GPS) y la forma como interactúan la topografía y la geodesia.

El apartado tercero se refiere a la Cartografía donde se incluyen aspectos básicos como las proyecciones cartográficas, el sistema de coordenadas UTM, componentes de los mapas y uso de las cartas topográficas. El cuarto corresponde a la Fotogrametría; sus definiciones, conceptos de fotografía aérea, índices de vuelo, líneas de vuelos, vuelos SINFA, estereoscopio y cámaras aéreas, así como los avances tecnológicos en la materia y productos fotogramétricos. El quinto se refiere a los conocimientos básicos de la Fotointerpretación y los elementos necesarios para su ejecución y el sexto apartado hace referencia a las características del ejido.

Por último se incluyen tres anexos en los cuales se hace referencia a glosarios de términos de interés técnico, jurídico y de programas de cómputo utilizados a fin de destacar conceptos y reforzar conocimientos.

# Topografía

---

## 1. ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Definición y bases de la topografía

La Topografía es la ciencia que tiene por objeto el estudio del conjunto de procedimientos para determinar la posición de puntos sobre la superficie de la Tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio que son: Elevación, Distancia y Dirección.

Comúnmente a este conjunto de procedimientos se le llama *Levantamiento*, la mayor parte de estos, tienen por objeto el cálculo de superficies y volúmenes mediante la obtención de medidas angulares y lineales tomadas en el campo para la elaboración de planos y perfiles.

La teoría de la Topografía se basa esencialmente en geometría plana, geometría analítica y del espacio, trigonometría rectilínea y esférica, además de otros conocimientos matemáticos.

Con estas bases el trabajo de un topógrafo se divide en cinco actividades principales:

- Selección del método de levantamiento, del instrumental y de la ubicación más probable de vértices
- Colocación de señales para deslindar o marcar linderos, guiar trabajos de medición
- Adquisición de datos, realización de mediciones y registros de datos en campo
- Cálculos topográficos con datos de campo para determinar la ubicación de vértices para la obtención de superficies y/o volúmenes
- Dibujo o representación de las medidas para obtener un plano, mapa o gráfico de forma tradicional, ayudándose con métodos modernos computarizados

### 1.2 Tipos de levantamiento topográfico

Existen muchos tipos de levantamiento, siendo cada uno tan especializado que alguna persona con amplia experiencia en diferentes áreas de la misma difícilmente las abarcaría en su totalidad. Sin embargo la persona dedicada a la topografía debe tener conocimientos complementarios de Astronomía práctica, Geodesia y Cartografía, ya que todas ellas están estrechamente relacionadas en la práctica moderna.

De manera breve se describe la clasificación de los principales tipos de levantamientos topográficos:

**Topografía plana.** En esta rama suponemos que el plano de referencia para el trabajo de campo y los cálculos es una superficie horizontal.

**Topografía geodésica o geodesia.** Consiste en la determinación de longitudes y acimutes de líneas largas que requieren la consideración del tamaño y forma de la Tierra.

**Fotogrametría.** Son levantamientos por medio de la fotografía aérea, a través de cámaras instaladas en aviones o satélites. Los mapas y datos obtenidos se basan en los principios de la fotografía o la detección remota.

**Levantamientos de control.** Consisten en establecer una red de señalamientos (horizontales y verticales), que sirven de marco de referencia para otros levantamientos. Generalmente se usan procedimientos geodésicos.

**Levantamientos orográficos de configuración.** Estos levantamientos sirven para elaborar planos o mapas que muestran la ubicación de los accidentes orográficos naturales, los construidos por el hombre y las elevaciones de puntos del terreno.

**Levantamientos hidrográficos.** Es la representación gráfica de líneas litorales y el relieve del fondo de lagos, ríos, embalses y otras grandes masas de agua. A la combinación de levantamientos orográficos e hidrográficos se le llama Topografía Orohidrográfica.

**Levantamiento de vías terrestres.** Son los levantamientos para carreteras, vías férreas, sistemas de conducción, líneas de conducción, líneas de transmisión, canales y demás obras de gran extensión lineal.

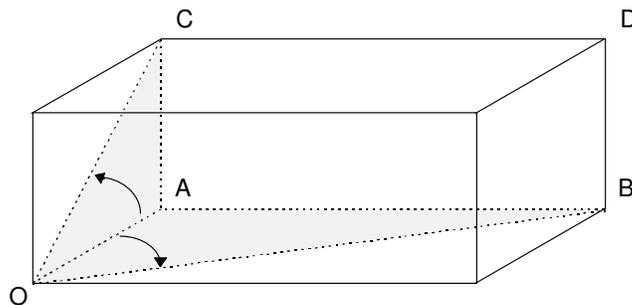
**Agrimensura.** Esta rama es la técnica para establecer la delimitación de los predios, sus vértices, linderos, colindancias y áreas.

## 2. ELEMENTOS BÁSICOS DE TOPOGRAFÍA

La medición de distancias y ángulos es la base de toda topografía. Existen cinco elementos necesarios para el desarrollo de la topografía plana, estos son:

Distancias	horizontal
	vertical
	inclinada
Ángulos	horizontales
	verticales

Con estos valores se pueden conocer todas las medidas de un espacio tridimensional según se ilustra en la figura siguiente:



Para este caso, el punto O es el punto base para la medición, la distancia horizontal se refiere a las mediciones hechas de las líneas OA y OB, el ángulo horizontal es AOB y el ángulo vertical AOC. La distancia inclinada se representa como OC ya que siempre se determina según el plano inclinado con respecto a la horizontal, y por último la distancia vertical es AC.

## 2.1 Medición lineal

### **Con odómetro**

El odómetro es un instrumento que convierte el número de revoluciones o vueltas de una rueda de circunferencia conocida en un valor de distancia.

### **Longimétrica**

Utilizando una cinta de medida conocida para cubrir una distancia requerida.

### **Estadía o taquimetría**

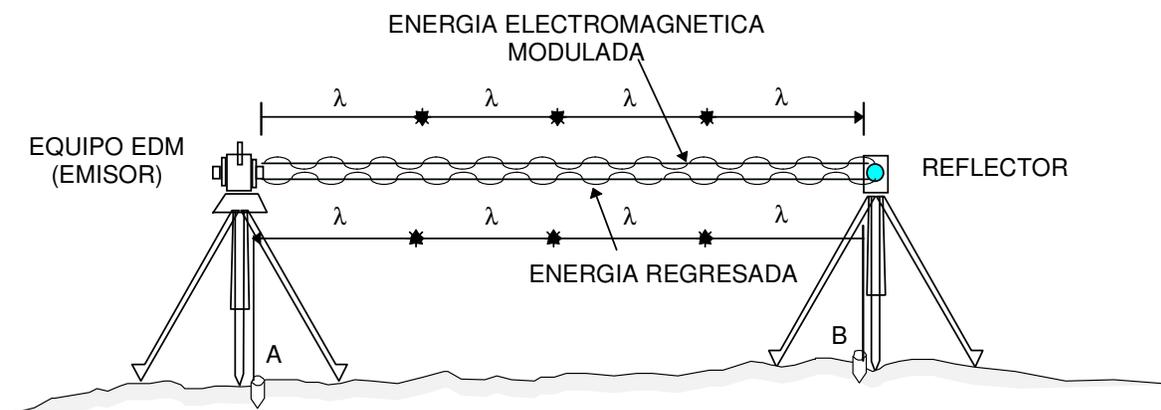
Es una técnica que se emplea para determinar rápidamente la distancia, dirección y la diferencia de elevación de un punto por medio de una sola observación hecha desde una misma estación de instrumento.

### **Distanciometría electrónica**

Se ejecuta con instrumentos electrónicos y se basa en el tiempo que requiere la energía radiante electromagnética para viajar de un extremo al otro de una línea.

Ejemplo de estos instrumentos es la Estación Total, equipo de alta precisión, útil para realizar levantamientos topográficos. Se integra por un teodolito y un distanciómetro electrónico; el teodolito tiene como función la medición de ángulos horizontales y verticales y el distanciómetro para la medición de las distancias determinando las coordenadas (x, y, z) que son almacenadas en la memoria interna, integrada al instrumento, o en una memoria externa (Libreta Electrónica).

El equipo se complementa con un prisma que se coloca en balizas o tripiés que reflejan las emisiones de rayo infrarrojo emitidas por la Estación Total, que se instalan en los puntos de referencia para las observaciones.



## 2.2 Medición angular

La unidad de medida angular es el grado, que en sistema sexagesimal divide a la unidad grado ( $^{\circ}$ ) en 60 minutos ( $60'$ ) y el minuto en 60 segundos ( $60''$ ).

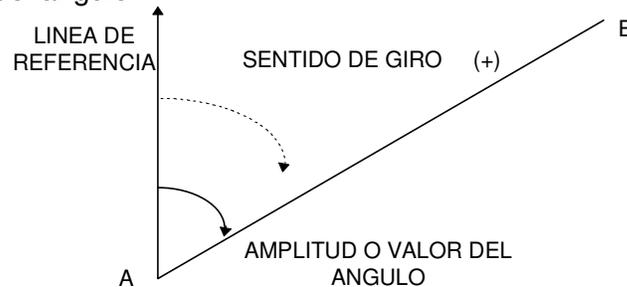
Para localizar puntos y orientar líneas, se requiere de medidas angulares y direcciones. Estas últimas se expresan en topografía por rumbos y acimutes. Para lograrlo se requiere conocer más ampliamente algunos conceptos, mismos que se explican a continuación:

## Ángulos

### a) Elementos de ángulo

Existen tres elementos básicos que determinan un ángulo, como se ilustra en la figura, estos son:

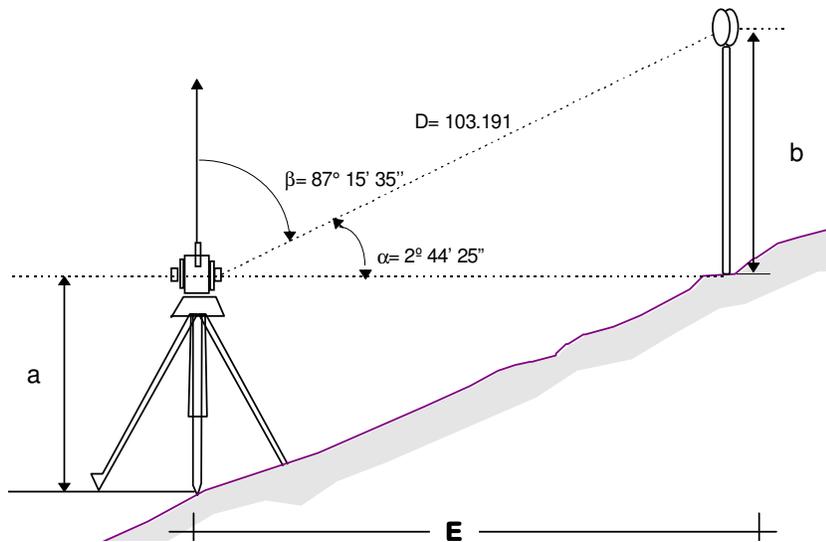
- La línea de referencia
- Sentido de giro
- La amplitud o valor del ángulo



En topografía los ángulos se clasifican en horizontales y verticales. Los ángulos horizontales son las medidas básicas que se necesitan para determinar rumbos y acimutes.

### b) Ángulos verticales

Los ángulos verticales se aplican constantemente en levantamientos taquimétricos. Conforme se va levantando una poligonal o un trazo determinado se lleva el control vertical y horizontal, si dichos trabajos así lo requieren, según se observa en la figura.



En donde:

- E = Distancia horizontal
- D = Distancia inclinada
- $\alpha$  = Ángulo de inclinación ( $90^\circ - \beta$ )
- $\beta$  = Ángulo cenital
- b = Diferencia de alturas

Para calcular la distancia horizontal realiza la siguiente ecuación:

$$E = D \cos \alpha$$

$$E = 103.91(0.99885)$$

$$E = 103.970$$

$$E = D \sin \beta$$

$$E = 103.91(0.99885)$$

$$E = 103.970$$

Para calcular la distancia vertical (b diferencia de alturas)

$$b = D \sin \alpha + a$$

$$b = 103.91(0.047801) + a$$

$$b = 4.9613 + a$$

$$b = D \cos \beta + a$$

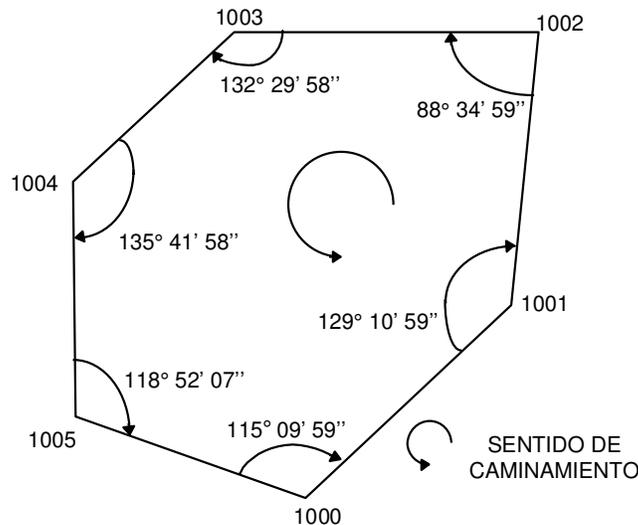
$$b = 103.91(0.047801) + a$$

$$b = 4.9613 + a$$

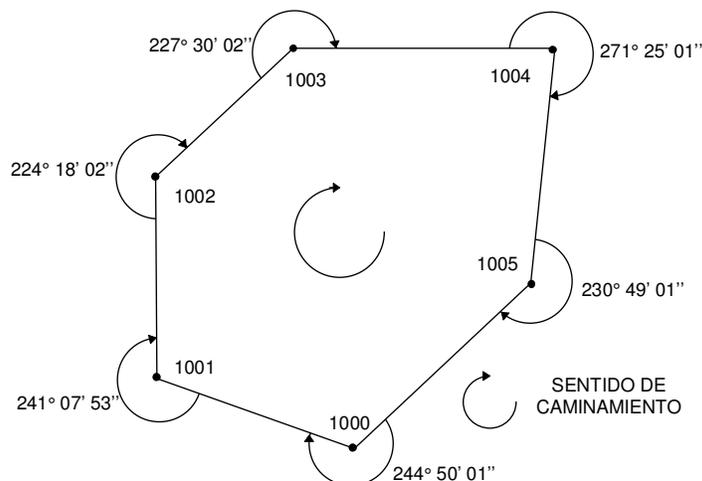
c) Ángulos horizontales

Los ángulos horizontales medidos comúnmente en topografía son:

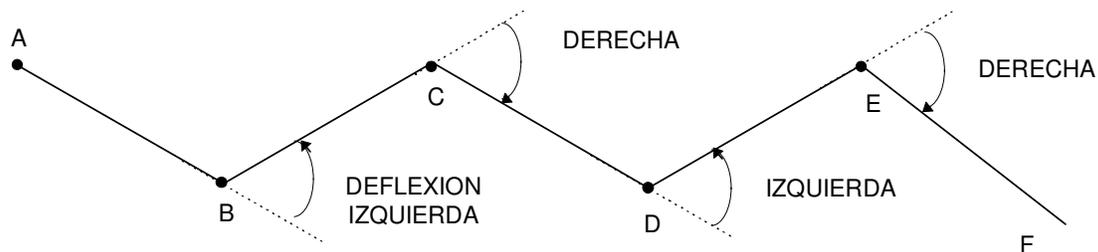
- Ángulos interiores: Son los que quedan dentro del polígono; para obtener los valores de estos en forma directa, el caminamiento debe ser en contra las manecillas del reloj.



- Ángulos exteriores: Son los que quedan fuera del polígono, para obtenerlos en forma directa, el caminamiento debe ser en el sentido del giro de las manecillas del reloj.



## ☑ Ángulos de deflexión.



La deflexión según el croquis, es el ángulo que forma en un vértice la prolongación del lado anterior con el lado siguiente. De acuerdo al sentido en que se va a recorrer el polígono, habrá deflexiones derechas e izquierdas. Los ángulos de deflexión siempre son menores a  $180^\circ$  y debe especificarse el sentido del giro en que se miden. Cabe hacer notar que dentro de la topografía, la medición de ángulos por deflexiones es usual en trazo de caminos y canales.

### ***Declinación magnética***

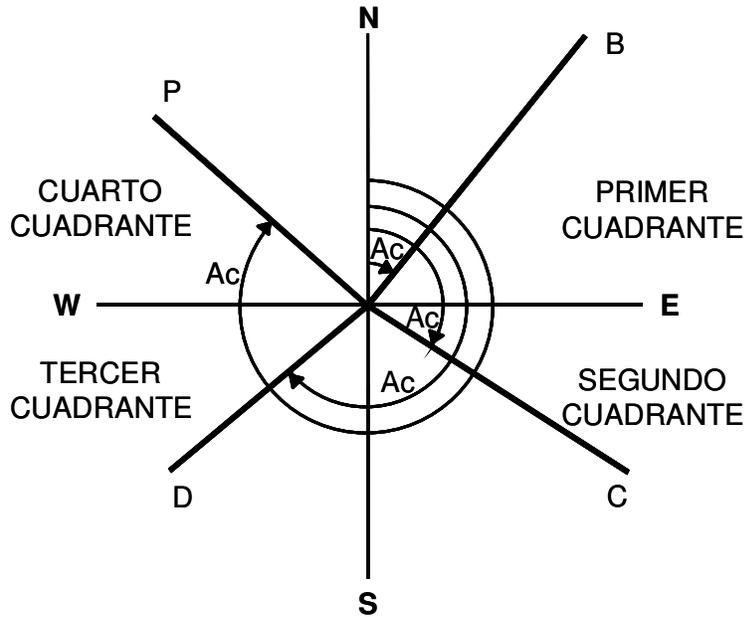
Se llama declinación magnética, al ángulo que forma el meridiano astronómico o norte verdadero y el norte señalado por la aguja magnética, pudiendo ser oriental (E) u occidental (W), considerándose el primero como positivo (+) y el segundo como negativo (-). Este ángulo no es constante en todos los lugares de la Tierra. En la República Mexicana varía desde  $+6^\circ\text{E}$  al oriente de la Península de Yucatán, hasta  $+15^\circ\text{E}$  en Baja California Norte.

Este concepto es necesario para calcular adecuadamente el acimut.

### ***Acimut***

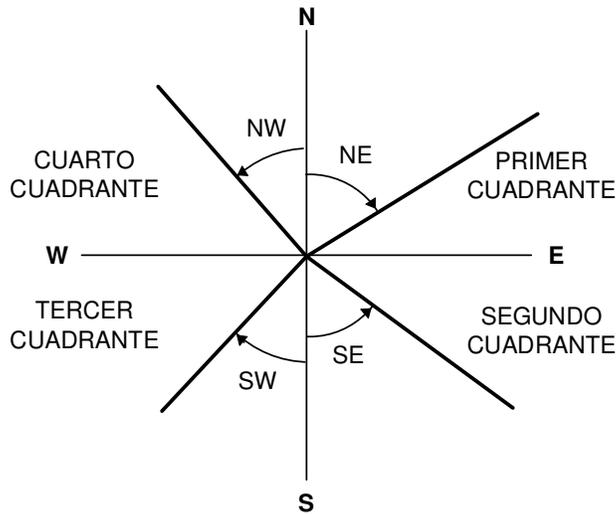
Es el ángulo que forma una línea a partir del norte o del sur (dependiendo del hemisferio en que se encuentre), medido de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  en el sentido del movimiento de las manecillas del reloj. Este puede ser magnético o astronómico, a este último se le considera invariable y por eso se le conoce como verdadero. Para el caso de México la orientación será al Norte.

La dirección de una línea se da por su ángulo horizontal medido desde una línea de referencia conocida como meridiano de referencia.



**Rumbo**

Es el ángulo que forma una línea con el eje norte-sur medido de 0° a 90°; a partir del norte o del sur y hacia el este (E) o el oeste (W). Los rumbos son un medio para establecer direcciones de línea.

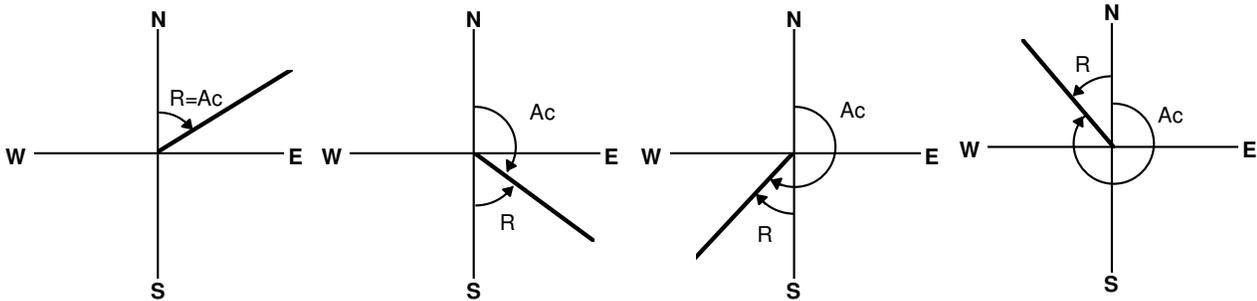


**Cálculo de acimutes y rumbos**

Para calcular los acimutes se realiza el siguiente procedimiento:

- ☑ Al acimut de la línea de partida, se le suma el ángulo horizontal de la siguiente línea, a este valor se le restan 180° y el resultado es el acimut de la siguiente línea. El procedimiento se realiza sucesivamente para todos los lados hasta llegar al acimut de partida.
- ☑ En caso de que el valor del acimut más el ángulo horizontal sea menor a 180° en vez de restar los 180°, hay que sumarlos, según el ejemplo siguiente:

CUADRANTE	ORIENTACIÓN	ACIMUT	RUMBO
PRIMERO	N.E.	0° A 90°	VALOR = ACIMUT
SEGUNDO	S.E.	90° A 180°	180° - ACIMUT
TERCERO	S.W.	180° A 270°	ACIMUT - 180°
CUARTO	N.W.	270° A 360°	360° - ACIMUT



### 3. ERROR EN LAS MEDIDAS

En un levantamiento topográfico se requieren efectuar varias actividades donde las mediciones juegan un papel muy importante. Para medir se requiere ejecutar algunas operaciones elementales como la preparación del instrumento, determinación del punto a medir, el visado del mismo, la comparación de lecturas y la obtención de un valor numérico, pero debido a la variedad de pasos puede establecerse incondicionalmente que:

- Ninguna medida es exacta
- Ninguna medida puede repetirse de manera idéntica
- Toda medida contiene error
- Ninguna medida obtiene el valor verdadero
- El error que hay en cualquier medida siempre será desconocido, únicamente estimado

#### 3.1 Tipo de errores

Los errores que se presentan en las mediciones se clasifican en tres tipos:

##### **Errores instrumentales**

- a) Los niveles de la alidada están desajustados.

Si las directrices de los niveles del instrumento no son perpendiculares al eje acimutal no estará perfectamente vertical cuando se han centrado las burbujas de dichos niveles. Esta situación ocasiona errores en los ángulos medidos, tanto horizontales como verticales, que no pueden eliminarse con el ante-ojo promediando lecturas en posición directa e inversa.

- b) La línea de colimación no es perpendicular al eje de alturas

Si existe esta situación, los ángulos horizontales medidos serán incorrectos. Estos errores se eliminan promediando las lecturas en posición directa e inversa.

- c) El eje de alturas no es perpendicular al eje acimutal

Esta situación hace que la línea de colimación describa un plano inclinado al invertir el anteojo y por lo tanto, si las visuales hacia atrás y hacia adelante tienen ángulos diferentes de inclinación, resultarán ángulos horizontales con error. Estos errores pueden eliminarse promediando las lecturas directas e inversas.

### ***Errores climatológicos y atmosféricos***

- a) Viento

El viento hace vibrar al aparato, lo que ocasiona que al momento de realizar las observaciones pueden estar equivocadas. Algunas estaciones totales están provistas de un interruptor que activa el compensador automático que permiten desactivarlo en cada punto cuando se requiere.

- b) Cambios de temperatura

Las diferencias de temperatura ocasionan dilatación desigual de diversas partes de los aparatos de precisión. En los niveles de burbuja, ésta se desplaza hacia el extremo más caliente del tubo. Los efectos de la temperatura se reducen protegiendo los instrumentos contra efectos de calor o del frío.

- c) Refracción

La refracción desigual desvía la visual y puede ocasionar una ondulación aparente al momento de realizar una observación. Es conveniente evitar mediciones en el momento en que los rayos solares inciden en la lente del objetivo. En algunos casos deben posponerse las observaciones hasta que mejoren las condiciones atmosféricas.

### ***Errores personales***

- a) El instrumento no está centrado exactamente sobre el punto

Durante el tiempo que se ocupa una estación, de preferencia en radiaciones, debe verificarse a intervalos la posición de la plomada óptica, para asegurarse de que permanece centrada y de que el instrumento está precisamente sobre el punto.

- b) Las burbujas de los niveles no están perfectamente centradas

Deben revisarse las burbujas con frecuencia ya sea antes de iniciar o después de terminar las mediciones, pero nunca se debe nivelar en el momento de las observaciones.

- c) Uso incorrecto de los tornillos tangenciales

- d) Enfoque deficiente

Para que no haya error por paralaje, es necesario enfocar correctamente el ocular sobre los hilos reticulares y el objetivo sobre el punto visado.

e) Verificación de alineamiento

El revisar y volver a verificar la posición del ajuste de la retícula sobre una mira, produce en realidad resultados menos efectivos que los de una observación rápida. Se recomienda realizar el alineamiento rápido con los hilos de la retícula y de inmediato continuar con la operación.

f) Tripiés inestables

Los tornillos de las patas de un tripié deben estar lo suficiente apretados para que no tengan movimiento ni estén forzados, los regatones deben estar fijos al terreno.

#### 4. PRECISIONES Y TOLERANCIAS

Según se señaló anteriormente, las mediciones realizadas durante un levantamiento son correctas sólo dentro de ciertos límites, debido a los errores que no se pueden eliminar totalmente.

El grado de precisión de cualquier medición depende de los métodos e instrumentos utilizados y de otras condiciones que influyen en los levantamientos. Por su parte las tolerancias están dadas por el empleo de métodos o instrumentos que permiten mantener los errores dentro de ciertos parámetros o límites admisibles.

Un término muy usual en las mediciones de los levantamientos es el de Precisión relativa, el cual se refiere a la relación o proporción que existe entre la precisión de una medición dada y el valor de la medición en sí. Entonces si  $D$  es la distancia medida y  $OD$  es la medición, la precisión relativa será  $OD/D$ .

La precisión relativa es una cantidad que puede expresarse con un porcentaje o una proporción fraccionaria como 1:5 000, 1:10 000, o como partes por millón (PPM). Esta última es la que utilizan los distanciómetros electrónicos (EDM) de alta precisión en la medición de distancias. La precisión relativa se puede evaluar después de que una medición y su precisión se han determinado, o pueden ser dadas al principio y empleadas para determinar la tolerancia requerida en las mediciones.

El error en distancias se expresa normalmente como una precisión relativa, de tal forma que una precisión 1:10 000, significa que obtendremos un error de un metro en una distancia medida de 10 000 mts.

En el caso de la precisión en la medida de ángulos, ésta no es posible igualarla con respecto a la obtenida en los cálculos de distancias, sin embargo los levantamientos deben realizarse de tal forma que la diferencia entre las precisiones angulares y lineales no sea grande, para esto, es importante conocer que un error angular de  $01'$  corresponde a un error de 3 cm. en 100 mts.

A continuación se ejemplifica el siguiente problema común:

Si deseas levantar una poligonal cerrada con un aparato de  $2''$  de aproximación en los círculos horizontal y vertical, se requiere también una precisión lineal mínima de 1:20 000.

Se realizó el levantamiento y se obtuvieron los siguientes resultados:

VÉRTICE	ÁNGULO HORIZONTAL	LONGITUD
1	135°10'03"	266.82
2	145°05'07"	300.00
3	100°09'22"	250.00
4	110°03'12"	120.00
5	115°17'08"	360.00

6	114°15'04"	64.12
	719°59'56"	1,360.94 m.

#### 4.1 Cálculo del cierre angular (error angular)

Conociendo la fórmula para interior  $\sum = 180^\circ (N - 2)$   
 ~~$\sum$~~  exterior  $= 180^\circ (N + 2)$

Para este caso  $180^\circ (6 - 2) = 180^\circ (4) = 720^\circ 00' 00''$

Comprobación cierre angular	720° 00' 00"
Valores de ángulos internos	<u>719° 59' 56"</u>
	00° 00' 04" = error angular

#### 4.2 Cálculo de tolerancia angular

El error angular permisible se obtiene de la fórmula

$$\pm A \sqrt{N}$$

Donde:  
A = Aproximación del aparato  
N = Número de lados

Para este caso  $2'' * \sqrt{6} = 4.8''$

Error angular 04'' menor a la tolerancia 4.8''

#### 4.3 Cálculo de la tolerancia y precisión lineal

La longitud medida (suma de lados del polígono) = 1,360.94 m.

Las coordenadas de salida	X = 1000.00	y = 1000.00
Coordenadas de llegada	X = <u>999.96</u>	y = <u>999.95</u>
	0.04	0.05

El requerimiento de tolerancia para una precisión de 1:20 000 es:

1 cm en 200 m

La tolerancia lineal se obtiene aplicando una regla de tres

$$\begin{array}{l} 1 \text{ cm} - 200 \text{ m} \\ X - 1,360.94 \text{ m} \end{array} = 6.8 \text{ cm } \text{ ó } 0.068 \text{ m}$$

La tolerancia lineal permisible (calculada) es de 0.068 m. y el error obtenido en la medición es de 0.060 m por lo que es aceptable.

El cálculo de la precisión se obtiene mediante al formula:

$$P \text{ relat} = \frac{\text{Perímetro}}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

donde : Perímetro = Sumatoria de distancias    x = error en x    y = error en y

por lo que : 
$$P \text{ relativa} = \frac{1360.94}{\sqrt{0.06^2 + 0.04^2}}$$

## 5. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE POLIGONALES

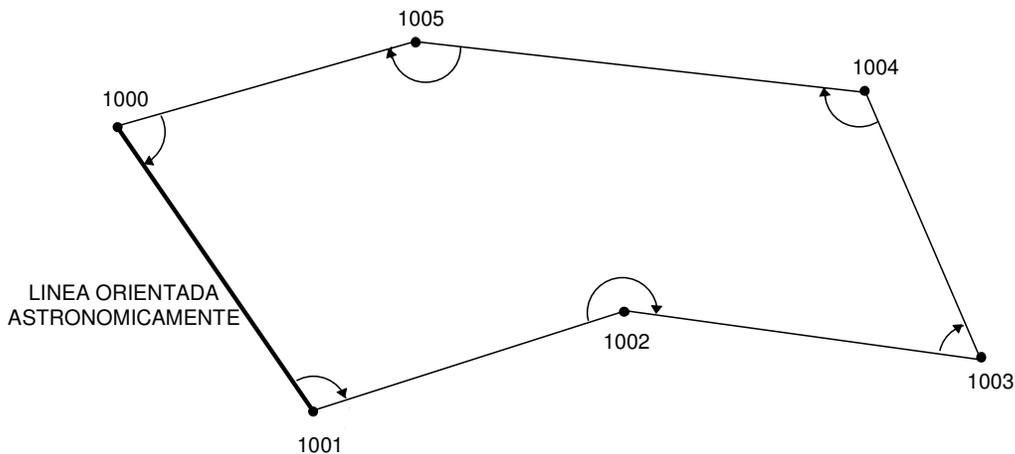
### 5.1 Poligonales

Son figuras geométricas compuestas por una serie de líneas consecutivas cuyas longitudes y direcciones se determinan a partir de mediciones en el campo. Básicamente existen dos tipos de poligonales, la cerrada y la abierta.

#### **Poligonal cerrada**

Se define como la figura geométrica regular o irregular, a la cual se le da forma por medio de la medición de ángulos y distancias de sus lados, haciendo apoyo en cada uno de sus puntos.

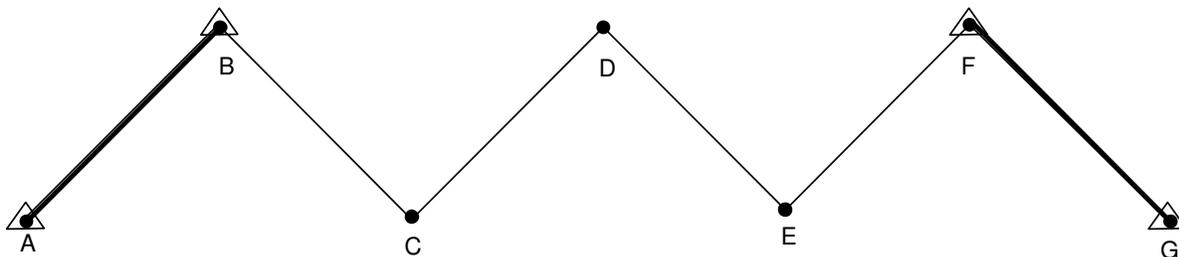
También se expresa que en una poligonal cerrada las líneas regresan al punto de partida formando así un polígono geométrico y analíticamente cerrado



Según el dibujo: la línea 1000-1001 está orientada astronómicamente por procedimientos topográficos o geodésicos para determinar la latitud y longitud deduciendo el acimut astronómico.

#### **Poligonal abierta**

Es el trazo de una serie de líneas consecutivas unidas entre sí, que se mide partiendo de un punto al cual no regresa, es decir, este trazo se inicia en un punto del extremo de una línea de referencia de coordenadas conocidas y termina en el punto del extremo de otra línea de coordenadas conocidas que tiene precisión igual o mayor que la de inicio, formando un polígono geoméricamente abierto, pero analíticamente cerrado.



Según la figura las líneas (A-B y F-G) están orientadas astronómicamente por procedimientos topográficos o geodésicos, de los cuales se obtuvieron las coordenadas para después realizar el comparativo de ambas coordenadas quedando así geoméricamente abierta y analíticamente cerrada.

## 5.2 Aplicación de algunos métodos de medición en poligonales

Los métodos que se usan para medir ángulos o direcciones de las líneas de las poligonales son:

- Con brújula por rumbos o acimutes
- Por ángulos interiores
- Por ángulos exteriores
- Por deflexiones
- Acimutal o por conservación de acimutes

### **Con brújula por rumbos o acimutes**

Este método es muy usual en minas subterráneas, puede decirse que el 50% de todo el trabajo topográfico se realiza con brújula colgante o brújula manual tipo Brunton.

Este método se puede usar dentro del PROCEDURE en los momentos de reconocimiento general y de la elaboración del croquis del núcleo agrario.

Para realizar este tipo de levantamiento, realiza los siguientes pasos:

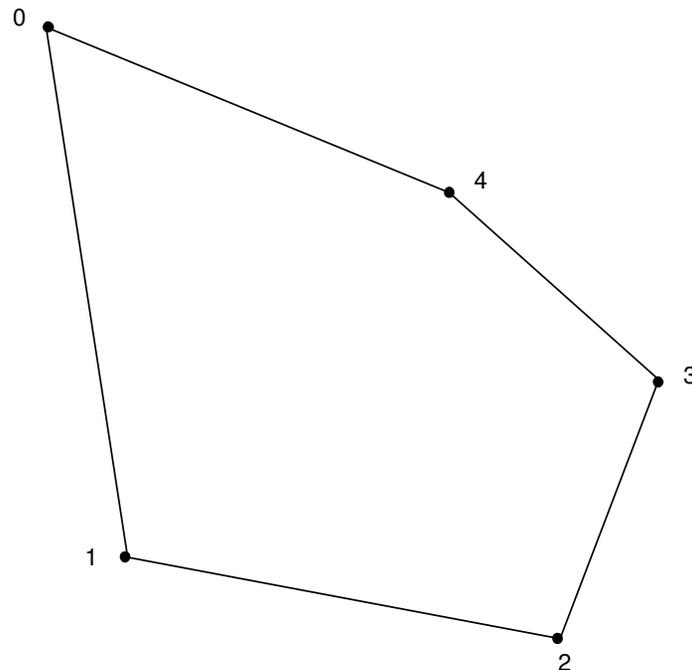
- 1º. Centra y nivela la brújula en el punto de inicio de la poligonal
- 2º. Por medio de las miras que indican el norte, visa el punto de adelante aflojando la aguja
- 3º. Lee y registra el rumbo o acimut, luego mide la distancia horizontal o inclinada, registrando el ángulo vertical
- 4º. Pasa al siguiente punto y aplica el mismo procedimiento hasta terminar, tomando en cada estación los detalles de importancia como esquinas de predios, colindantes, arroyos, vías férreas, caminos, canales, anotando rumbo y distancia a cada detalle. Deberás hacer un croquis explicativo en la parte derecha de la libreta de tránsito.

Si hay alguna distancia inclinada que debas tomar, mide el ángulo vertical de la misma con el clisímetro o clinómetro de la misma brújula, registrando el ángulo vertical.

El registro lo llevas en la forma siguiente:

LADOS	ACIMUTES*	DISTANCIA HORIZONTAL	DISTANCIA INCLINADA	ÁNGULO VERTICAL	NOTAS Y CROQUIS
0-1	175° 30'	145.20	-	0°00'	-
1-2	108° 30'	128.20	-	0°00'	-
2-3	31° 15'	80.50	-	0°00'	-
3-4	316° 45'	98.00	-		-
4-0	288° 30'	116.96	117.00	1°30'	-

\* Esta columna puede ser de rumbos o acimutes indistintamente. Es conveniente registrar el rumbo o el acimut inverso para asegurarse que el directo es correcto.



**Medición por ángulos interiores**

Este método es usual en poligonales para levantamientos catastrales y rurales. Al iniciar el levantamiento opta por medir los ángulos a la derecha y ejecuta el caminamiento del polígono en sentido izquierdo. Si sigues fielmente este método evitarás errores de lecturas, de anotación y de avance del trazo.

**REGISTRO DE CAMPO DE UN TRIÁNGULO**

EST.	P.V.	ÁNGULOS HORIZONTALES	DISTANCIA	RUMBO	NOTAS
-	3	-	-	σ N 17°35'35"W	Rumbos de inicio
1	2	σ 79°31'01"	σ 94.211	* N 61°55'26" E	EST. _____ 1 P.R. _____ 3
2	3	σ 40°12'32"	σ 106.670	* N 77°52'02"W	
3	1	σ 60°16'27"	σ 70.054	* S 17°35'35"E	
σ DATOS OBTENIDOS EN CAMPO					

Después de terminar el levantamiento, verifica que el cierre angular esté dentro de la tolerancia requerida de acuerdo a la precisión del aparato.

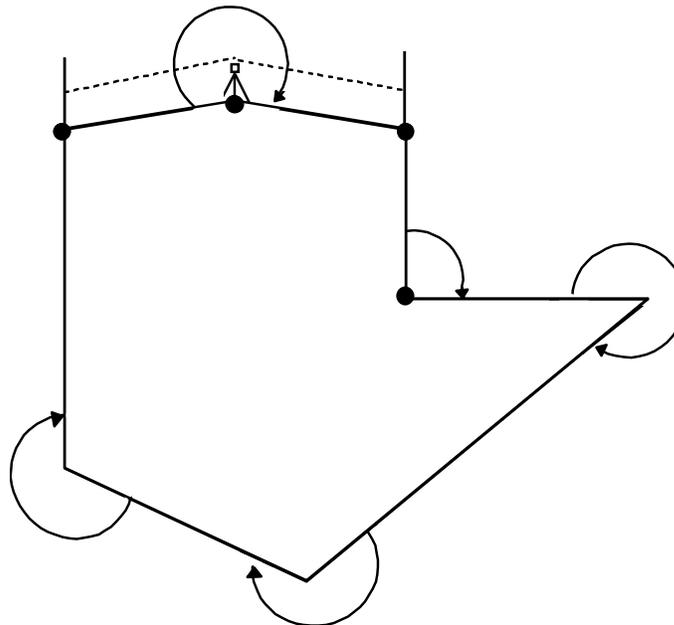
### ***Levantamiento de poligonal por ángulos exteriores***

Este método puede utilizarse en el levantamiento tanto de poligonales abiertas como cerradas.

Consiste en formar ángulos con las líneas adyacentes por fuera de la figura, en un caminamiento según sea conveniente en sentido horario o antihorario; en ocasiones este método sirve para comprobar un levantamiento hecho por ángulos interiores ya que los ángulos obtenidos aquí son el complemento de estos.

La condición angular se debe cumplir de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$180 (n + 2)$$



De acuerdo a la figura, el procedimiento es el siguiente:

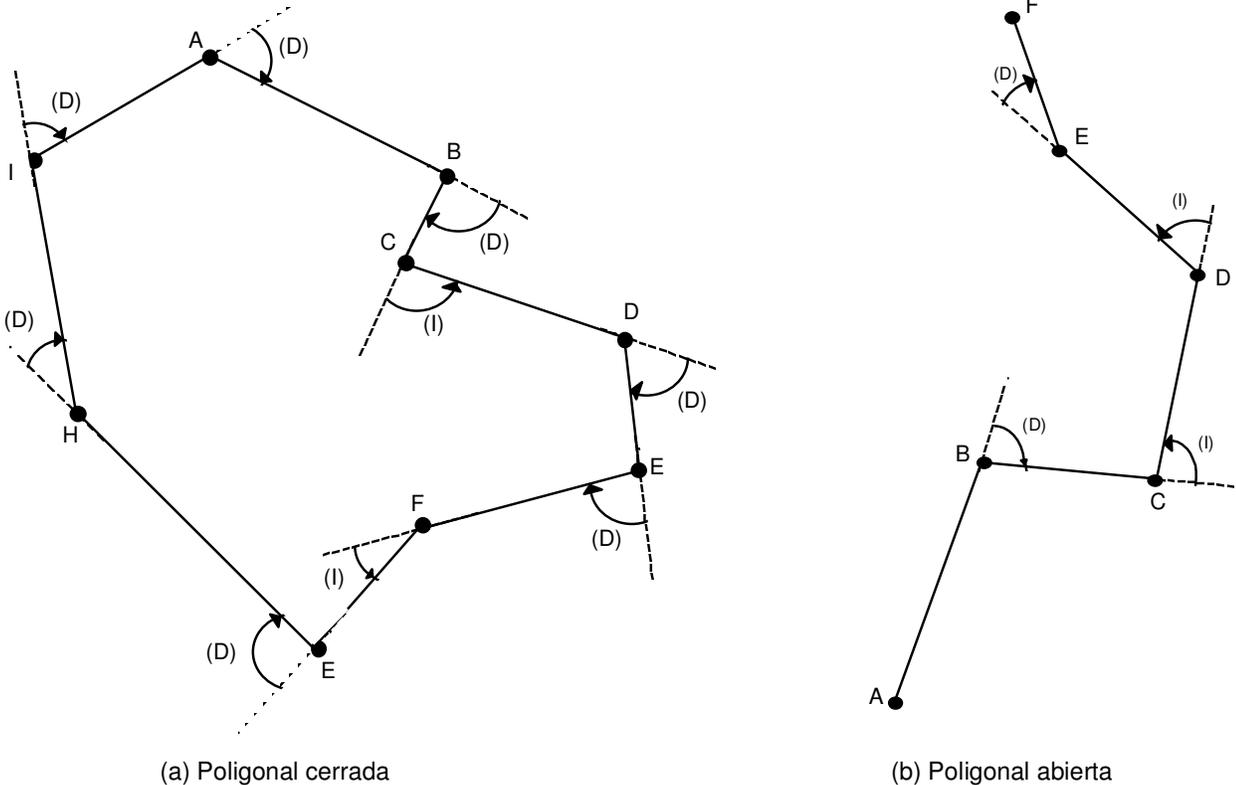
- Se elige una estación para el instrumento, una de referencia y una del punto a visar
- Se toman una serie de lecturas a la referencia y al punto visado, siempre por fuera del polígono y se continúa a la siguiente estación
- En las estaciones subsecuentes el procedimiento será de igual manera que al inicio

### ***Medición por deflexiones***

Consiste en medir el ángulo de deflexión en cada vértice, formado por la prolongación del lado anterior con el lado siguiente.

Habiendo establecido el sentido en que se va a recorrer el polígono habrá deflexiones derechas (D) e izquierdas (Y); este sistema es más adecuado para polígonos abiertos como serían las diferentes vías de comunicación.

En cada vértice se visa el punto anterior, se da vuelta de campana y se gira la deflexión para visar el punto adelante.



La suma de deflexiones de un polígono cerrado es igual a  $360^\circ$ , considerando signos contrarios para deflexiones derechas e izquierdas.

En polígonos abiertos, el control angular sólo puede hacerse comprobando las direcciones de lados mediante rumbos astronómicos, cada cierto número de lados.

### **Acimutal o por conservación de acimutes**

Este método es ampliamente utilizado en levantamientos topográficos, sobre todo en los que es necesario localizar un gran número de detalles desde las estaciones de la poligonal. En este caso sólo necesita considerarse una línea de referencia, por lo general es la meridiana verdadera (línea norte-sur) o la magnética y los acimutes se miden en el sentido de las manecillas del reloj a partir de la dirección norte del meridiano que pasa por cada vértice o punto de la poligonal.

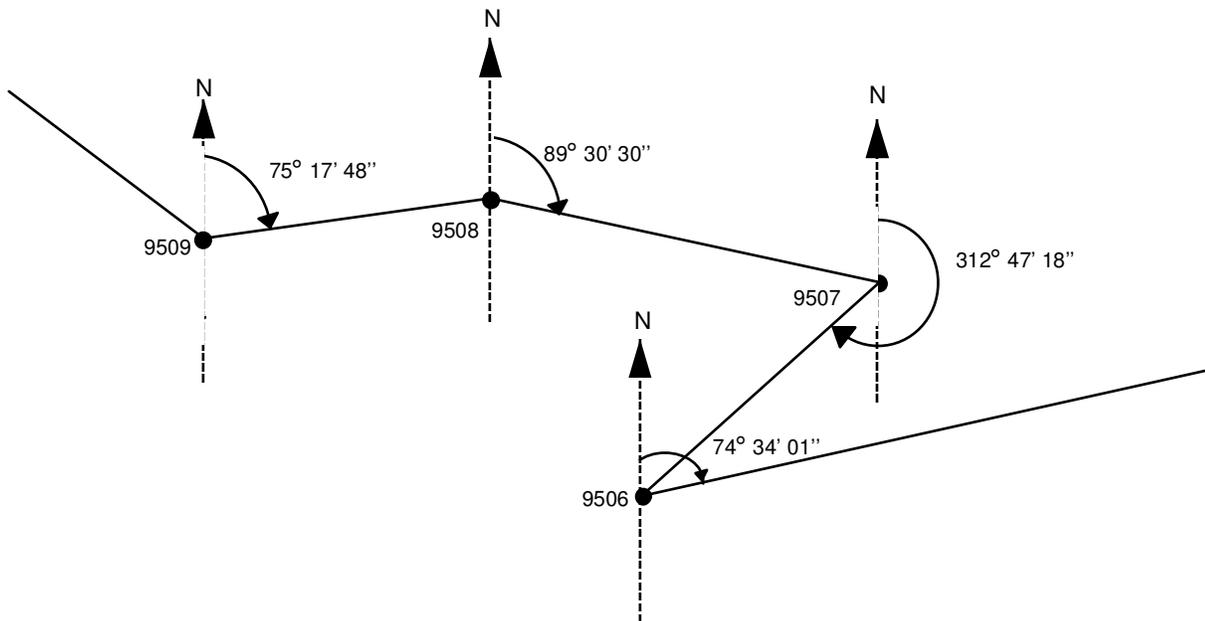
Para aplicar este método, se realizan los siguientes pasos:

- 1º. Centrar y nivelar la estación total en el vértice de partida
- 2º. Orientar la estación total hacia el norte (verdadero o magnético) y poner en ceros.
- 3º. Visar el punto de referencia (punto atrás) y registrar el valor del ángulo. Para el caso de poligonales cerradas, al visar el punto adelante desde la última estación, el valor del acimut observado menos  $180^\circ$  debe ser igual al de partida. Cualquier desviación entre este último dato y el de partida es el error del cierre angular.

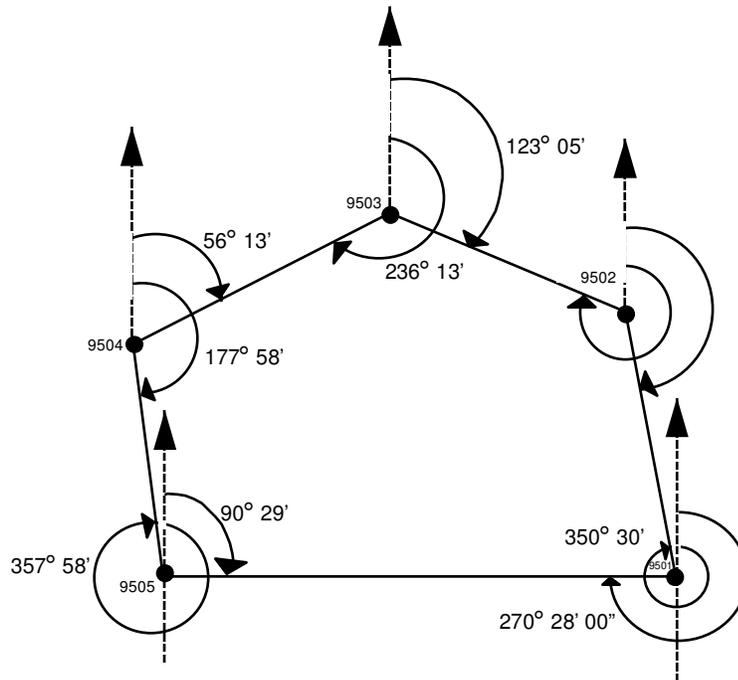
- 4º. Girar el instrumento y visar el punto adelante, registrar el valor del ángulo observado.
- 5º. Hacer el cambio de estación al punto adelante de la poligonal y una vez centrado y nivelado el instrumento se visa al punto de referencia (punto atrás) y se ingresa en forma manual el valor angular que debe ser igual al último observado menos 180º.
- 6º. Visar hacia el punto adelante. El valor del ángulo observado corresponde al acimut de la estación en la que está el instrumento.

Los pasos 5º y 6º se repiten sucesivamente en todas las otras estaciones de la poligonal.

Si la poligonal es sólo por acimutes, en cada estación se deberá orientar el instrumento hacia el norte y sólo registrar el valor del acimut con respecto a la estación de referencia (punto atrás). En este caso el error angular al cierre está en función de la precisión con que se oriente el equipo hacia el norte de cada estación.



Fracción de una poligonal medida por acimutes.



Ejemplo de una poligonal medida por conservación de acimutes.



De los métodos descritos anteriormente, para las mediciones del PROCEDE sólo se emplean la medición de poligonales con brújula por rumbos o acimutes y por ángulos interiores.

### 5.3 Procedimiento para el cálculo del levantamiento

Con base en el acimut o rumbo de partida, es posible calcular todos los rumbos del polígono por medio de la medición angular.

#### ***Cálculo de proyecciones***

Para el cálculo de proyecciones, utiliza los siguientes pasos:

- 1º.  $D \times \text{SEN } \Omega = \text{Proyecciones (E.W)}$

Donde: D = distancia  
 $\Omega$  = rumbo

- 2º.  $D \times \text{COS } = \text{Proyecciones (N.S)}$

- 3º. Tabula las proyecciones originales (N,S,E,W)

Proyecciones (N,S) = Y  
 Proyecciones (E,W) = X

- 4º. Ejecuta la sumatoria de las proyecciones (N,S,E,W) y después obtén la diferencia de las proyecciones (N,S) y (E, W).  
Las diferencias obtenidas en (X) y en (Y) serán los errores de (X) y de (Y), los cuales se expresan (Ex) y (Ey).
- 5º. Determina una constante para (X) y otra para (Y) a las cuales llamaremos (Kx) y (Ky). Estas se determinan por las siguientes relaciones:

$$Kx = \frac{\text{Error en (x)} \times \text{Lado}}{\text{Distancia perimetral}} = Ex = \frac{Kx}{D}$$

$$Ky = \frac{\text{Error en (y)}}{\text{Distancia perimetral}} \times \text{Lado} = \frac{Ey}{D} = Ky$$

Las proyecciones corregidas en X y Y se obtienen del producto de cada una de las proyecciones crudas u originales por la constante correspondiente.

Al obtener las proyecciones compensadas, pasa al cálculo de coordenadas con base en las del punto de inicio.

## 6. DETERMINACIÓN DE ÁREAS

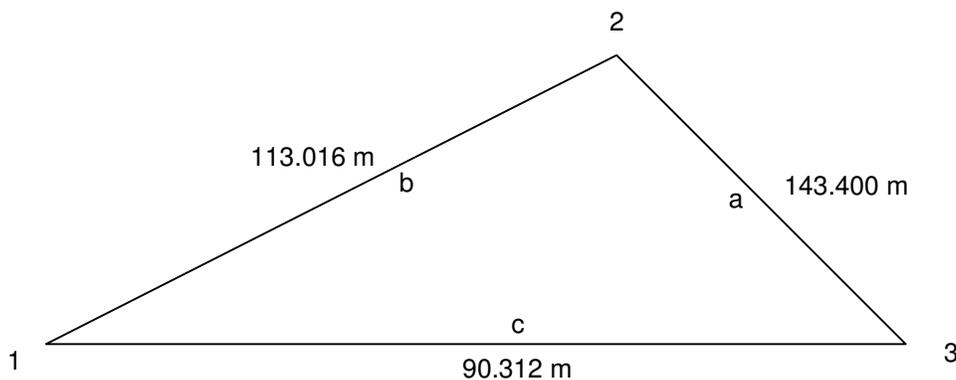
Una de las razones principales para realizar los levantamientos de terrenos es determinar el área delimitada por linderos.

Existen varios métodos para el cálculo de áreas:

### 6.1 Por triangulación

Se emplea para polígonos de dimensiones reducidas donde se puedan medir las diagonales y formar triángulos. Estos levantamientos se ejecutan con cinta exclusivamente y el cálculo del área obedece a la suma de todos los triángulos.

Según la figura siguiente se utiliza la fórmula:



$$\text{Área (A)} = \sqrt{S(s - a)(s - b)(s - c)}$$

$$\text{donde } S = \text{semiperímetro} = \frac{a + b + c}{2} = \frac{143.400 + 113.016 + 90.312}{2} = 173.364$$

Sustituyendo tenemos:

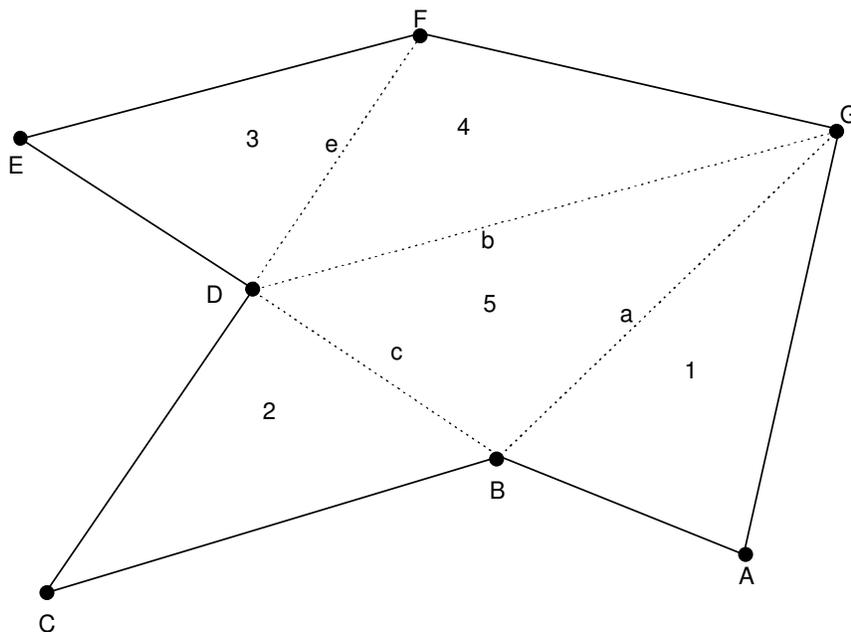
$$A = \sqrt{173.364(173.364 - 143.400)(173.364 - 113.016)(173.364 - 90.312)}$$

$$A = \sqrt{173.364(29.964)(60.348)(83.052)}$$

$$A = \sqrt{26035845.41}$$

$$A = 5102.533$$

Si el polígono se compone de varios triángulos, según la figura, el procedimiento anterior se ejecuta para cada uno de ellos y al final se suman todas las áreas resultantes para determinar el área de la poligonal



## 6.2 Con planímetro mecánico o electrónico

Este procedimiento es útil, especialmente cuando la superficie que se necesita determinar está limitada por un perímetro irregular, con curvas y rectas y algunas veces sin forma precisa.

Para lograr la determinación de superficie planteamos el siguiente ejemplo: Se tiene un plano trazado a escala 1:1000, (1 cm<sup>2</sup> = 100 m<sup>2</sup>) y se desea conocer la superficie.

1º. Determinar la unidad planimétrica en un cuadro de 10 x 10 cm.

Suponiendo que la diferencia de lecturas inicial y final fue de 1250.

Entonces  $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2 = 1250 \text{ unidades planimétricas}$ .

Donde una unidad planimétrica =  $100/1250 = 0.080 \text{ cm}^2$

- 2º. Si el recorrido del planímetro fue de 1365 unidades planimétricas, se deduce que  $1365 \text{ U.P.} \times 0.080 \text{ cm}^2 = 109.20 \text{ cm}^2$ .

Se obtiene un resultado final de  $109.20 \text{ cm}^2 \times 100 = 10,920 \text{ m}^2$ ,

- 3º. El planímetro electrónico trabaja en forma similar al mecánico con la excepción de que los resultados aparecen automáticamente en una pantalla. Las áreas se pueden expresar en  $\text{cm}^2$  o pulgadas cuadradas para obtener Has. o Acres. De acuerdo al factor de escala escogido tienen multiplicador para obtener automáticamente volúmenes.

### 6.3 Por coordenadas

Para determinar el área de un polígono cerrado, se necesita conocer las coordenadas de todos sus vértices. El procedimiento se desarrolla de acuerdo a la fórmula general, en la cual se tabulan las coordenadas (X,Y) de los vértices y al final de la tabulación se repiten las coordenadas del primer vértice.

#### Fórmula general:

$$2(\text{ÁREA}) = Y_1(X_6 - X_2) + Y_2(X_1 - X_3) + Y_3(X_2 - X_4) + Y_4(X_3 - X_5) + Y_5(X_4 - X_6) + Y_6(X_5 - X_1)$$

#### CÁLCULO DE SUPERFICIE CUADRO "A"

ESTACIÓN Nº	COORDENADA X	DIFERENCIAS (X(1)) (X(3))		COORDENADA Y	PRODUCTOS	
		-	+		-	+
1	1000.00	-	-	1000.00	-	-
2	954.31	-	38.99	974.61	-	38000.04
3	961.01	32.26	-	954.56	30794.11	-
4	986.57	67.65	-	907.36	61382.90	-
5	1028.66	29.62	-	924.60	27386.65	-
6	1016.19		28.66	951.47	-	27269.12
1	1000.00		61.88	1000.00	-	61880.00
2	954.31	-	-	974.61	-	-
Suma de diferencia =		129.53	129.53	Suma de productos =	119563.66	127149.16
Diferencia de Productos					=	7585.50

De donde resulta que:

$$\frac{1}{2} \text{ superficie} = (\sum \text{ de productos positivos}) - (\sum \text{ de productos negativos})$$

$$\text{Sustituyendo: superficie} = \frac{7585.50}{2} = 3792.75$$

$$\text{superficie} = 3792.75 \text{ m}^2$$

Si observamos cómo está construida esta fórmula, pueden establecerse otras, para cualquier número de vértices y tabularse.

Si se desea comprobar la superficie ya determinada por el método expuesto, se sigue otro procedimiento tabulando las mismas coordenadas y siguiendo el cálculo de la manera siguiente:

ESTACIÓN	COORDENADAS		PRODUCTOS		NOTAS
	X	Y	(X(1)) (Y(2))	(X(2)) (Y(1))	
1	1000.00	1000.00		954310.00	
2	954.31	974.61	974610.00	936609.96	
3	961.01	954.56	910946.15	941740.26	
4	986.57	907.36	871982.03	933364.94	
5	1028.66	924.60	912182.62	939569.27	
6	1016.19	951.47	978739.13	951470.00	
1	1000.00	1000.00	1016190.00	----	
Total de Suma de Productos			5664649.93	5657064.43	

$$2(\text{área}) = 7585.50 \quad \text{área} = \frac{7585.50}{2} = 3792.75 \text{ m}^2$$

Los dos métodos se facilitan mediante la tabulación de las coordenadas (x,y) de los vértices repitiendo al final las del primer vértice en la primera tabulación y en la segunda, las dos primeras.



Comparando los resultados de ambos cálculos observamos que los resultados son iguales.

## 7. ALTIMETRÍA O CONTROL VERTICAL

Es la técnica desarrollada para la medición de la altitud (relieves o desigualdad del terreno en sentido vertical) y la interpretación de sus resultados. Su objetivo es determinar la diferencia de altura entre puntos con respecto a un plano de comparación siendo el más usual el nivel del mar o un plano de comparación arbitrario.

A las alturas de los puntos sobre un plano se les llama de diversas formas, tales como cota, elevación, altura o niveles. Al conjunto de procedimientos para determinar las alturas entre un punto y otro se le conoce como nivelación. La nivelación puede ser indirecta o directa.

### 7.1 Nivelación indirecta

Se refiere a aquella en donde mediante el uso de elementos auxiliares tales como presión atmosférica o cálculos trigonométricos, se obtienen los valores de desnivel del terreno, por ejemplo:

#### *Nivelación barométrica*

Utilizando el barómetro dando el resultado en columnas de mercurio (mm Hg), basándose en la presión atmosférica y su cambio según la altura de los lugares, por ejemplo al nivel del mar es igual a 1013 (mm Hg), en la Ciudad de México a 2399 m sobre nivel medio del mar (SNMM) la presión es de 771 (mm Hg).

### **Por medio del altímetro**

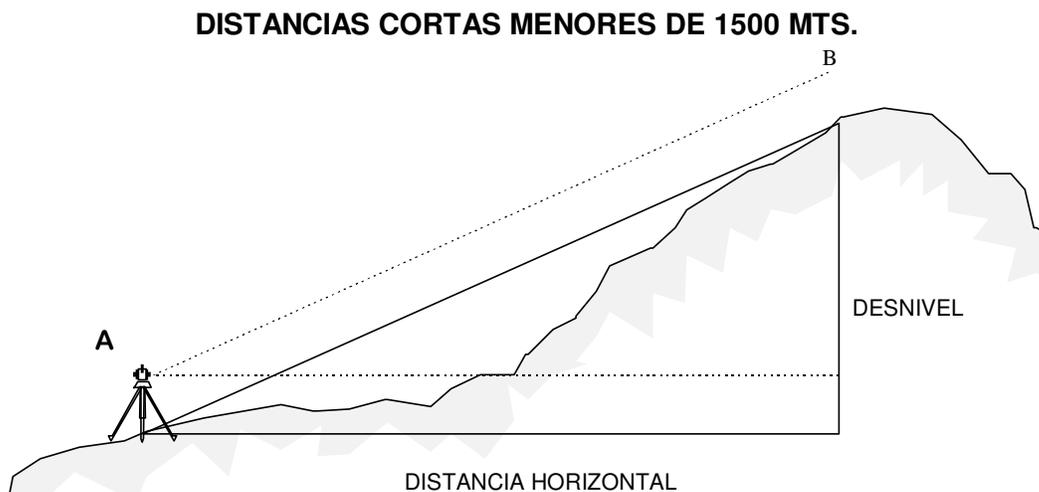
En función de la presión atmosférica, se determina la altura SNMM.

### **Termobarométrica**

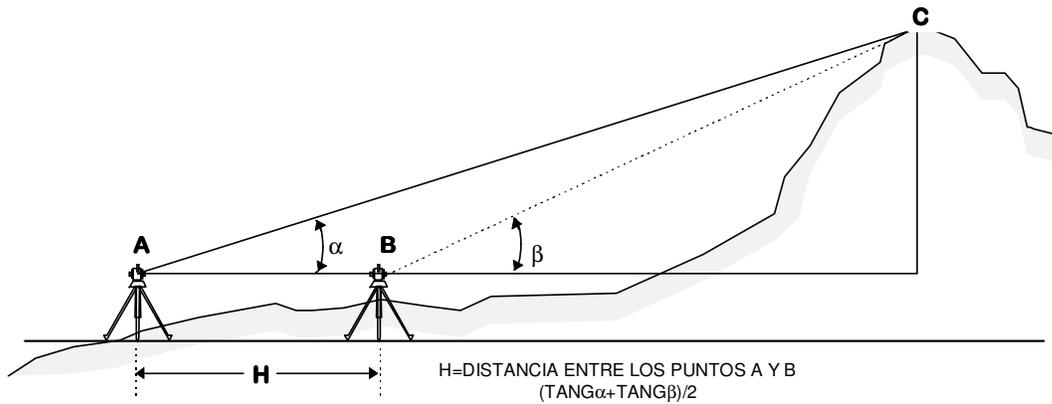
La temperatura de ebullición depende de la presión atmosférica. Las alturas sobre el nivel del mar se encuentran tabuladas en función de las temperaturas de ebullición, por ejemplo la ebullición del agua en Aguascalientes es de  $90.6\text{ }^{\circ}\text{C} = 1825\text{ metros SNMM}$ .

### **Nivelación trigonométrica**

Este sistema consiste en determinar los desniveles mediante las distancias inclinadas y los ángulos verticales. Se consideran los casos de distancias cortas y distancias largas.



**DISTANCIAS LARGAS DE 1500 MTS. EN ADELANTE**

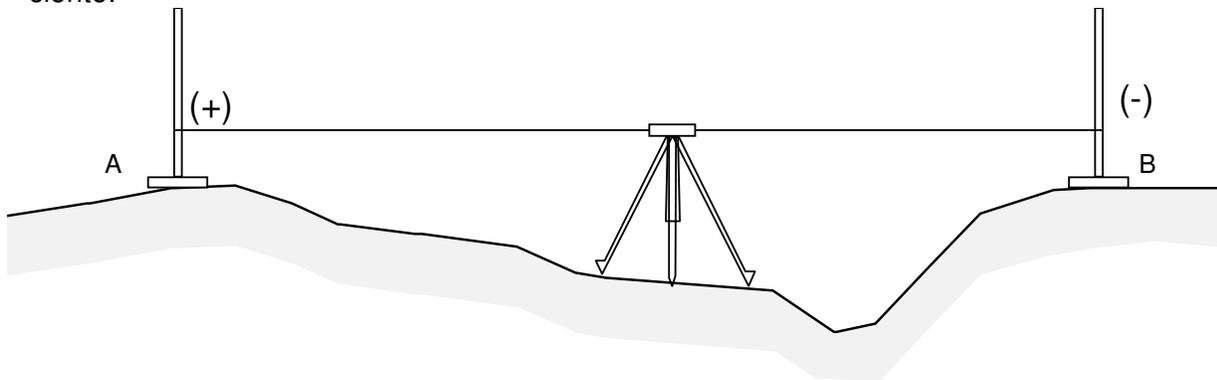


La nivelación trigonométrica se usa en los trabajos topográficos de configuración en terrenos muy escabrosos o accidentados. En visuales de gran longitud, los errores debidos a la curvatura terrestre y la refracción son significativos, pero se eliminan aplicando las correcciones específicas.

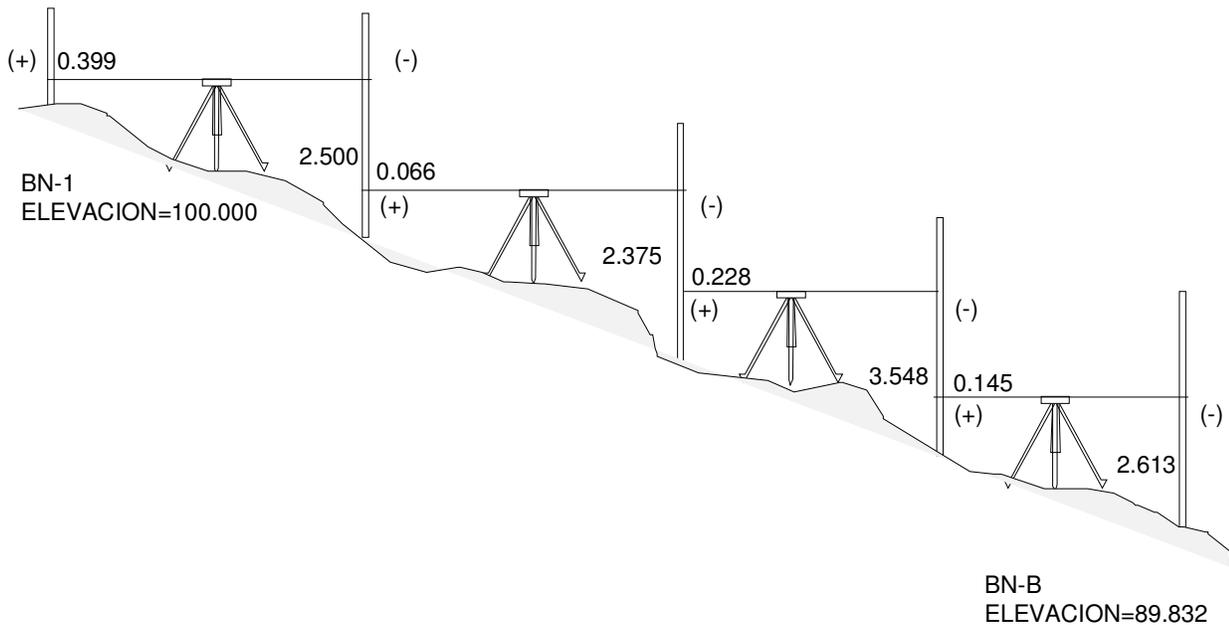
## 7.2 Nivelación directa

Se refiere a la nivelación diferencial que tiene por objeto determinar la comparación de nivel entre dos puntos llamados Bancos de Nivel de Control. Existen varios procedimientos para obtenerla.

- Si la distancia entre los dos puntos es corta, con una sola vez que se centre el aparato es suficiente.



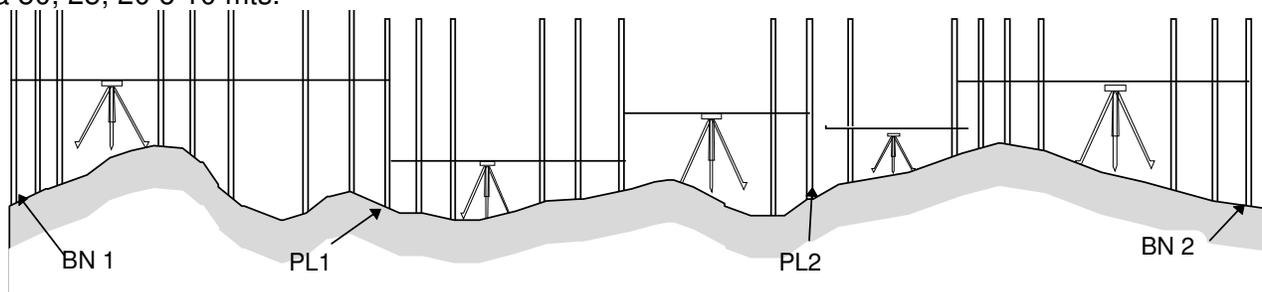
- Si la distancia entre los dos puntos es larga, el procedimiento que se sigue es la nivelación diferencial que consiste en estacionar el aparato en diferentes puntos, tomando las medidas y lecturas, llamados puntos de ligas (PL) o de cambio.



### 7.3 Nivelación de perfil

Es una forma de nivelación diferencial, que requiere también del establecimiento de puntos de liga, sobre los cuales se toman lecturas positivas y negativas. Adicionalmente se toman lecturas intermedias (negativas) a lo largo de la línea desde cada estación del instrumento.

Este tipo de trabajo es muy frecuente en caminos o vías terrestres en general, canales para riego, puentes y alcantarillas, etc. Al llevar estas elevaciones a la representación gráfica, se obtiene un perfil, o sea, una parte de la superficie del terreno según una línea fija. En la mayor parte de los proyectos de esta clase, se toma el perfil a lo largo de la línea de centros, la cual se estaca con puntos intermedios a cada 50, 25, 20 ó 10 mts.



#### Objetivos del trazo de perfiles

- La determinación de alturas o profundidades de corte, o de relleno en las terracerías de una carretera o un aeropuerto en proyecto
- El estudio del problema de cruzamiento de pendientes
- La investigación y selección de la característica más económica de pendientes, localización y profundidad de drenajes, tuberías, túneles, canales y otras

La pendiente (llamada también porcentaje de inclinación o gradiente) es el ascenso o descenso vertical por cada 100 mts. Las pendientes ascendentes (en el sentido del caminamiento) son positivas y las descendentes negativas.

#### 7.4 Control horizontal y vertical con ET y LE

Dentro de este tema, se hace una excepción para los levantamientos con ET y LE para llevar el control horizontal y vertical de los mismos.

En el momento de realizar el trazo de una poligonal (cerrada o abierta), se ejecutan radiaciones de topografía de detalle, para fijar vértices (de perímetros, parcelas, asentamientos humanos y de uso común) y otros detalles que se desean levantar, llevando un control horizontal y vertical de los mismos. Con los datos obtenidos del campo, podemos seguir el procesamiento de cálculo para pasar a la elaboración del plano, el cual se puede representar horizontal y verticalmente.

Basándose en la línea de control (GPS) se realizan todos los levantamientos arriba mencionados, los cuales van con alta precisión horizontal y vertical siempre y cuando se cuide el valor de la cota (z) al interconectar los vértices de la poligonal, ya que las tolerancias verticales en relación a la horizontal es de 1:20 000 y de 1:10 000 .



Para obtener buenos resultados en (z), se recomienda medir en milímetros la altura del instrumento y el flexómetro debe ser lo más vertical posible del eje de alturas al nivel del punto de la estación. Para las alturas de los prismas, se realiza la misma operación.

#### 7.5 Curvas de nivel

Se define a la curva de nivel como una línea cerrada o contorno que une puntos de igual elevación.

Las curvas de nivel constituyen el mejor método para representar gráfica y cuantitativamente altitudes, depresiones y ondulaciones de la superficie del terreno.

##### **Características de la curva de nivel**

- Todos los puntos de la curva de nivel están a la misma elevación
- Toda curva se cierra sobre sí misma, no puede haber curvas abiertas, cuando la curva no cabe en un solo mapa, la aparente abertura se cierra en mapas colindantes
- Las curvas de nivel no se bifurcan ni se cruzan excepto en riscos de paredes verticales manteniendo cada una su nivel
- Las curvas son equidistantes. A la magnitud de esa equidistancia se le llama intervalo
- Si las curvas están muy separadas, es porque hay pendiente suave. Cuando están muy cercanas, la pendiente es fuerte y si llegan a quedar superpuestas, indica un corte vertical (cantil)

- Una serie de curvas cerradas (concéntricas), indicará un promontorio o una oquedad según como las cotas vayan creciendo o decreciendo hacia el centro respectivamente

## 7.6 Procedimientos de configuración del terreno

Se aplican dos procedimientos terrestres directos para la configuración:

### **Por secciones transversales**

Este procedimiento consiste en trazar uno o más polígonos de apoyo para los lugares convenientes de la zona a levantar, y después, se obtienen los perfiles o secciones del terreno transversales a los lados del polígono cubriendo el área requerida.

### **Por puntos aislados de configuración**

Sirven para fijar puntos importantes o para cubrir varios que a veces quedan en los quiebres (vértices). Si en algunas zonas se superpone, servirá esto como comprobación.

También por medio de la fotogrametría se puede obtener con bastante aproximación la configuración con curvas de nivel. Esto es de gran utilidad para los estudios generales, sin embargo, finalmente siempre es necesario hacer estudios directos terrestres.

La secuencia del trabajo de campo será la siguiente:

- Se traza el polígono de apoyo, marcando intervalos para poder obtener su perfil
- Se nivela el perfil del polígono para obtener las cotas de todos los puntos, por ejemplo a cada 20.00 m.
- Se sacan secciones transversales de todos y cada uno de los puntos del polígono

### **REGISTROS DE CAMPO (PERFIL)**

P.O.	(+)	(-)	PUNTO LIGA (-)	COTAS	NOTAS
BN-A	3.042	-	-	-	BN-A Sobre grapas, en cruz, en raíz de árbol de encino. A 6.0 Mts. Al NE 45° 00" esquina de estructura hidráulica.
0 + 020	-	2.80	-	-	
0 + 040	-	2.75	-	-	
0 + 060	-	2.60	-	-	
0 + 080	-	1.90	-	-	
0 + 100	-	1.85	-	-	
0 + 120	-	2.20	-	-	
0 + 140	-	2.40	-	-	
P2-1	-	-	-	3.205	

## 8. REGISTROS DE CAMPO

Las notas de campo son registros permanentes del trabajo topográfico que se realiza en un sitio. La competencia del personal de campo se refleja con gran fidelidad dependiendo de la calidad de sus notas. Estas deben constituir un registro permanente del levantamiento con los datos anotados en tal forma que puedan ser interpretados fácilmente por cualquier otra persona. Es importante considerar que un trabajo no está bien realizado, si el registro de campo se efectúa con los propios recuerdos del personal que haga las anotaciones, pues aquella que se hace de memoria 10 minutos después de la medición definitiva, no es confiable.

Todas las notas deben ser registradas en una libreta de campo y los datos siempre deben ser exactos, completos, legibles, claros y ordenados. Si se requieren notas aclaratorias, éstas deben colocarse del lado derecho en el mismo renglón donde los datos requieran explicación. Así mismo deben contener:

- Fecha y hora de inicio y término
- Condiciones climatológicas
- Nombre de la brigada y nombre del responsable con sus integrantes para poder aclarar situaciones futuras
- Número de serie e inventario del instrumento

A continuación se enlista una serie de sugerencias para realizar los registros con la calidad necesaria:

- Usar letra de molde y destacar asuntos importantes con mayúsculas
- Escribir con lápiz
- Iniciar el trabajo de cada día en una página nueva
- Anotar las aclaraciones de cualquier medición inmediatamente después de hacerla y no usar hojas sueltas para copiarla más tarde
- Anular con una raya suave cualquier valor incorrecto, pero nunca borrar
- Llevar regla y transportador
- Anotar las descripciones y dibujos en línea con los datos numéricos correspondientes
- Evitar el amontonamiento de notas
- Emplear símbolos y signos convencionales para lograr anotaciones compactas
- Mantener las cifras dentro del rayado de las columnas
- Repetir en voz alta lo que sea dictado para anotación
- Escribir siempre un cero antes del punto decimal, cuando se trate de números menores de uno, anotar 0.25 en vez de .25

- Indicar la precisión de las medidas, es decir 5.20 en vez de 5.2 si la lectura se determinó hacerla en centímetros
- No sobreponer un número a otro

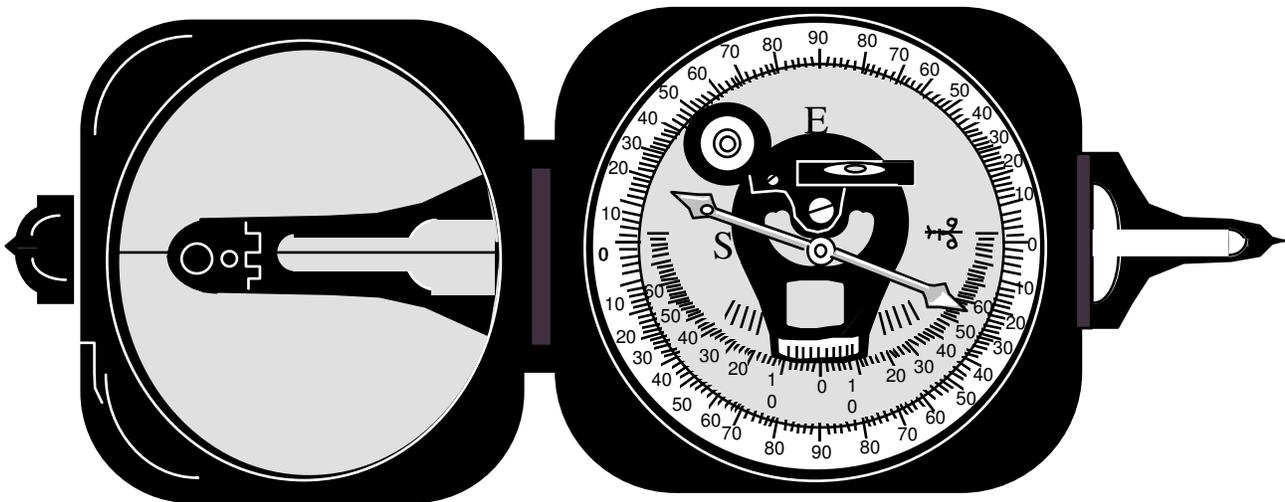
## 9. INSTRUMENTOS MÁS COMUNES DE MEDICIÓN

### 9.1 Brújula

Una brújula consta esencialmente de una aguja de acero magnetizada, montada sobre un pivote, situado en el centro de un limbo o círculo graduado. La aguja apunta hacia el norte magnético; es decir, a la línea que une puntos de la superficie terrestre que tienen la misma declinación magnética llamada línea isogónica o isógona. A la línea que une los puntos de declinación cero se le llama agónica o ágona; sobre ésta, una brújula señala el norte verdadero y a la vez el norte magnético.

#### *Brújula del topógrafo*

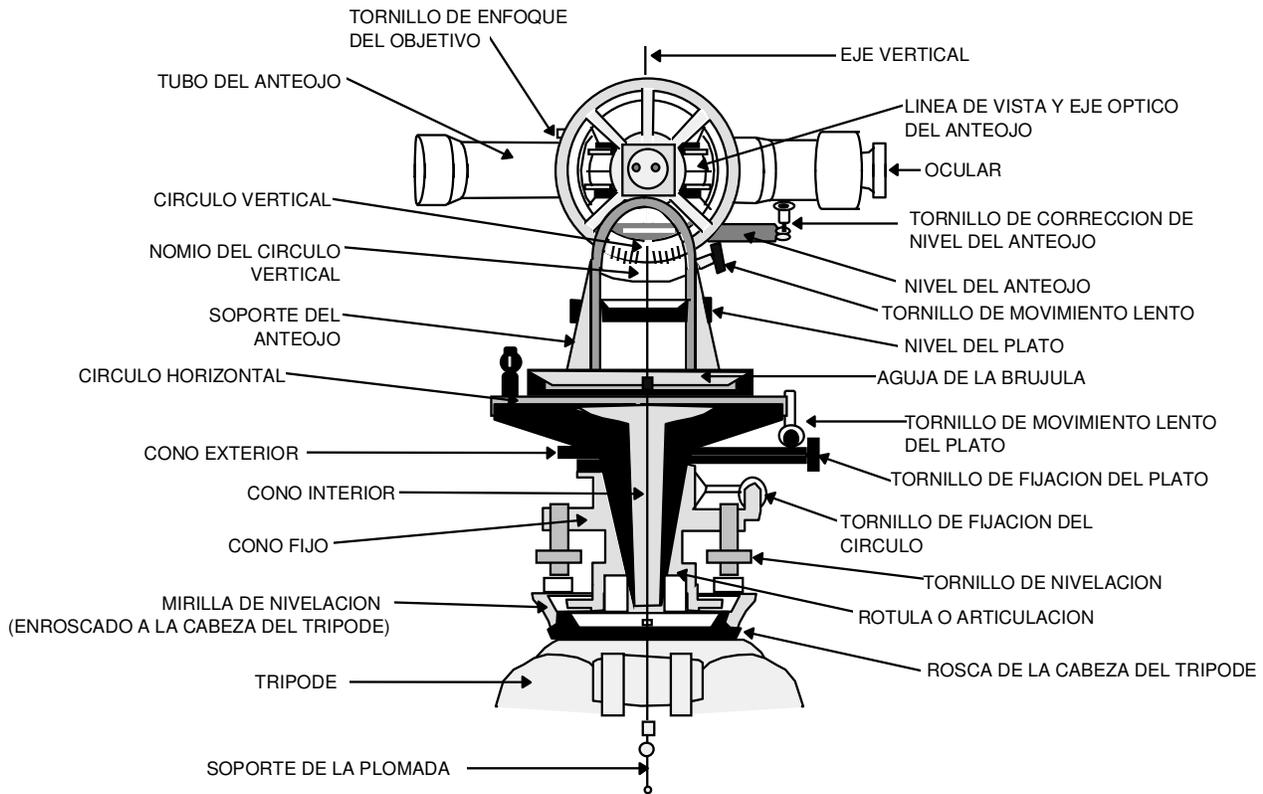
Se utiliza para determinar los límites de propiedades. El aparato consiste en una plataforma que constituye la alidada, que lleva dos miras verticales o pínulas, situadas en los extremos; y una caja redonda que aloja a la brújula y que está situada en el centro. La exactitud de una brújula depende de la sensibilidad de su aguja.



### 9.2 Tránsito

El tránsito es el aparato universal para la topografía debido a la diversidad de sus usos entre los cuales se encuentran:

- Medición y trazo de ángulos horizontales y direcciones
- Ángulos verticales y diferencias de elevación
- Prolongación de líneas
- Determinación de distancias



El tránsito más completo consta de un disco superior o disco del Vernier, unido a un armazón en forma de A que soporta el anteojo, y de un disco inferior, al cual está fijo un círculo graduado o limbo horizontal: los discos superior e inferior están sujetos a ejes interiores y exteriores respectivamente concéntricos, y los dos coinciden con el centro geométrico del círculo graduado. El carrete o eje exterior se encuentra asentado en un hueco cónico de la cabeza de nivelación; ésta tiene abajo una articulación de rodilla que fija el aparato al plato de base, pero permitiendo la rotación, quedando la misma articulación como centro.

Cuando se gira el disco inferior, su carrete exterior gira dentro de su propio soporte en la cabeza de nivelación; a este movimiento se le llama movimiento general. Este carrete exterior del disco inferior puede fijarse en cualquier posición apretando el tornillo de sujeción inferior o tornillo de movimiento general.

De modo similar, el eje interior que queda dentro del carrete exterior, puede fijarse a éste por medio del tornillo sujetador superior. El movimiento de un disco con respecto al otro (disco de Vernier y disco o limbo de la graduación) es el que se llama movimiento particular y el tornillo superior mencionado es el tornillo del movimiento particular.

A cada disco pueden dársele movimientos pequeños y lentos, accionando los tornillos de movimiento tangencial o de aproximación; pero estos tornillos solamente trabajan cuando está apretado el tornillo que fija el movimiento. El eje geométrico alrededor del cual giran ambos ejes se denomina eje vertical del aparato o eje acimutal.

Los niveles del limbo horizontal se encuentran montados formando ángulos rectos entre ellos, quedando a veces uno sobre el disco y otro en uno de los soportes del telescopio. Tienen por objeto nivelar el aparato, de tal modo que el plano en el que se encuentra el círculo horizontal quede realmente horizontal cuando se hagan las lecturas.

Los tornillos niveladores presionan la cabeza de nivelación contra el plato de base. Cuando se giran estos tornillos, el aparato se mueve sobre la articulación de rodilla. Cuando todos los tornillos de nivelación se encuentran flojos no habrá presión contra el plato de base y el tránsito puede moverse lateralmente con respecto al plato.

Del extremo del eje, y justamente en el centro de curvatura de la articulación, se encuentra suspendida una cadena con un gancho para colgar la plomada. El aparato se monta en un tripié atornillado a la base del cabezal del mismo.

El anteojo se encuentra en un eje horizontal transversal que descansa sobre los soportes antes mencionados, en forma de A. Puede girarse alrededor de este eje horizontal, y podrá fijarse en cualquier posición en un plano vertical apretando el tornillo sujetador. Pueden efectuarse pequeños movimientos del anteojo alrededor del eje horizontal accionando su tornillo tangencial. Unido al eje horizontal se encuentra el círculo vertical y en uno de los soportes está colocado el vernier vertical. El anteojo tiene generalmente un nivel en su parte inferior.

La mayoría de los aparatos vienen dotados de una brújula sobre el disco superior. Si el círculo de la brújula es fijo, sus puntos N y S se encontrarán en el mismo plano vertical de la visual del anteojo. En muchos casos el círculo de la brújula puede girarse con respecto al superior, para marcar la declinación magnética y leer directamente orientaciones verdaderas. A un lado de la brújula se encuentra un tornillo o seguro de la aguja para apretarla cuando no está en uso, evitando así que se pueda doblar su pivote de apoyo con los movimientos que sufre el aparato al transportarlo.

### 9.3 Teodolito

El teodolito es un instrumento provisto de escalas para medir ángulos horizontales y verticales, que consta de tres partes principales, llamadas:

- Parte fija
- Parte móvil (Alidada)
- Parte superior

En la mayoría de los teodolitos, la escala horizontal puede girar siguiendo el movimiento de la parte móvil (Alidada), o bien sujetarse a la parte fija y permanecer en la misma posición cuando gire la parte móvil.

#### ***Graduación angular***

Las escalas angulares pueden estar graduadas en el sistema centesimal o en el sistema sexagesimal.

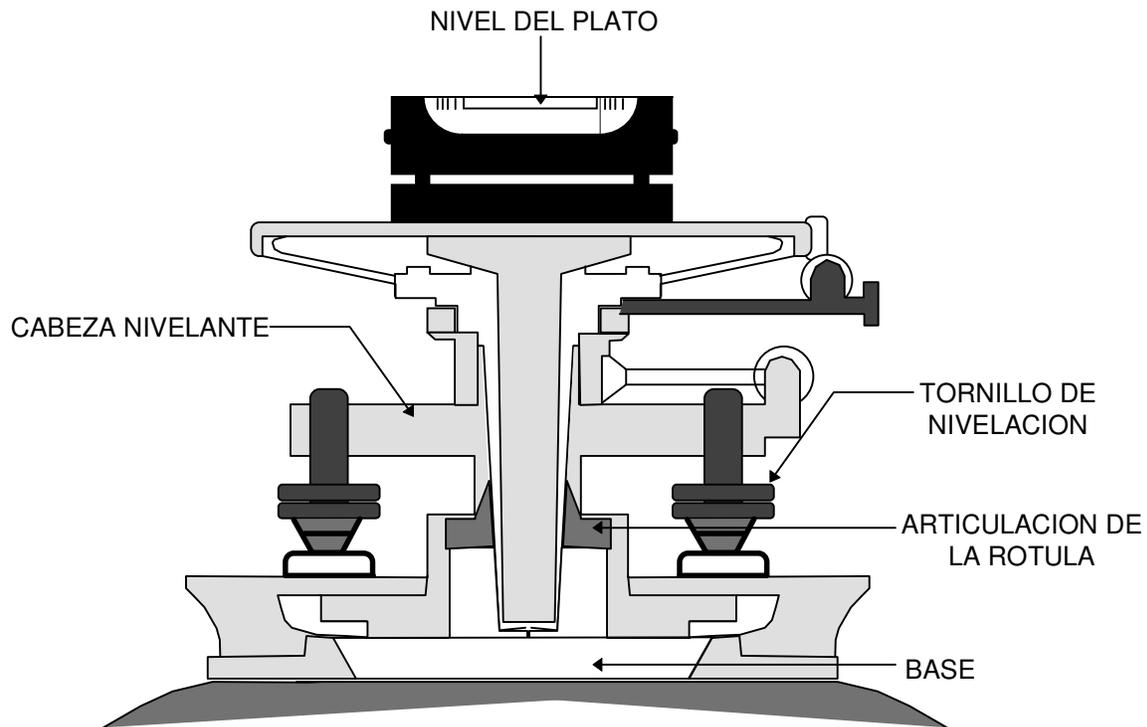
- En el círculo horizontal, la posición del cero es arbitraria y no influye sobre el resultado de la lectura
- En el vertical, el cero puede situarse en el plano horizontal, en el cenit o en grados; en esta forma se facilita la lectura de los ángulos
- El telescopio está conectado a la alidada y puede girar tanto alrededor del eje horizontal como del vertical

Como la función del telescopio es visar puntos definitivos, es necesario contar con un punto de referencia en el plano de la imagen; dicho punto lo proporciona la retícula. En los instrumentos antiguos se utilizó como tal una cruz formada con cabellos o hilos de araña; en los teodolitos modernos, la retícula

está grabada en una placa de cristal. La forma de la retícula depende del tipo de instrumento, ya sea teodolito, nivel, taquímetro, etc.

### **Dispositivos de centrado**

Antes de efectuar una medición deberá centrarse y nivelarse.



### **9.4 Medición electrónica de distancias (EDM)**

Recientemente se ha desarrollado la medición electrónica de distancia (Electronic Distance Measurement EDM), mediante instrumentos especiales que pueden ser electro-ópticos (ondas de luz) y electromagnéticos (microondas).

El principio básico de los aparatos electro-ópticos consiste en la determinación indirecta del tiempo que requiere un rayo de luz para viajar entre dos puntos.

El instrumento se coloca en un punto y emite un rayo modulado de luz a un reflector colocado en el otro extremo de la línea por medirse. El reflector actúa como espejo y regresa el rayo de luz al instrumento donde se lleva a cabo la comparación de fase entre el rayo proyectado y reflejado. La velocidad de la luz sirve de base para el cálculo de distancias.

# Geodesia

---

## 1. ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Definición y superficies

La palabra Geodesia proviene de los vocablos griegos  $\gamma\eta$  que significa tierra, y  $\delta\omicron\lambda\omega$ , que significa divido; podemos entonces definir a Geodesia como la ciencia que se ocupa de las investigaciones para determinar la forma y las dimensiones exactas de la Tierra, incluyendo su campo gravitacional, así como la localización precisa de puntos sobre la superficie terrestre.

La geodesia se puede dividir en las áreas de geodesia global, levantamientos geodésicos y topografía. La geodesia global es la responsable de determinar la figura de la Tierra, incluyendo el campo de gravedad externo completo. Un levantamiento geodésico define la superficie de un país mediante las coordenadas de un número suficientemente grande de puntos de control. En este trabajo fundamental, se debe considerar la curvatura global de la Tierra. En la Topografía (levantamientos topográficos, catastrales y de ingeniería), se obtienen los detalles de la superficie del terreno; en general el plano horizontal es suficiente como plano de referencia.

Existe una estrecha interacción entre la geodesia global, los levantamientos geodésicos y la topografía. Los levantamientos geodésicos adoptan los parámetros determinados por mediciones de la Tierra, y sus propios resultados están disponibles para aquellos que miden la Tierra. Los levantamientos topográficos, en cambio, generalmente están ligados a los puntos de control de los levantamientos geodésicos y sirven entonces particularmente en el desarrollo de serie de mapas nacionales y en la formación de los catastros.

La forma de la Tierra puede tener varias interpretaciones; para nosotros, la imagen aparente es la que proporciona la superficie topográfica real, como son sus montañas, valles y otras formaciones tanto continentales como oceánicas. Es en esta superficie donde se realizan las mediciones, pero por sus irregularidades, no es propicia para obtener cálculos matemáticos.

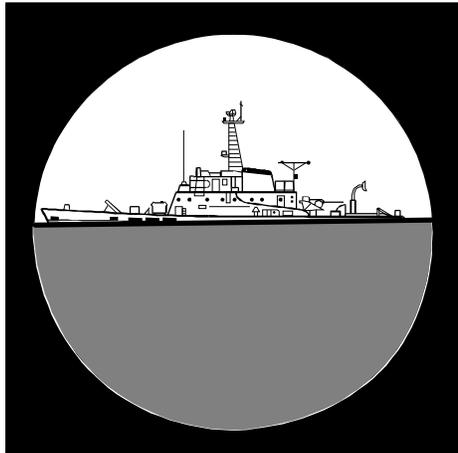
La superficie terrestre interesa a la Geodesia debido a la influencia que los accidentes del terreno tienen sobre el campo de gravedad y se busca entonces una figura compensada o nivelada de la Tierra, la cual teóricamente se podría obtener si removemos toda la topografía de ésta sobre el nivel medio del mar, resultando una superficie más uniforme.

Si un observador se coloca sobre esta superficie nivelada, podrá observar a corta distancia y desde cualquier punto, que dicha superficie tiene la misma altura en todas direcciones. Desde luego que esto no se mantiene en distancias largas, ya que esta superficie nivelada es realmente curva mientras que la visual del observador es recta.

Cuando la distancia es corta, la visual es paralela con la superficie nivelada y perpendicular a la dirección del campo gravitacional en el punto de observación (vertical local), tal y como se definiría en un nivel de burbuja. Cuando la distancia observada es larga, la visual ya no es paralela con la superficie nivelada y tampoco existe perpendicularidad con la dirección del campo de gravedad en todos los puntos de la visual. Por lo tanto, si se hacen observaciones en un número infinito de puntos se formaría una superficie nivelada continua.

De lo anterior, se desprende el concepto superficie nivelada de la Tierra que está intrínsecamente ligado al de la gravedad. Esta superficie nivelada se llama Geoide y puede decirse que corresponde al nivel medio del mar. Sin embargo, el Geoide no coincide exactamente con la superficie real del mar, aún cuando es más llano que la superficie topográfica, pues en el mar prevalecen vientos, mareas, corrientes, variaciones de la salinidad, atracción del sol y la luna, grandes temblores, fundiciones de las masas de hielo polar, que producen divergencias hasta de 1m. en tamaño en la superficie topográfica del mar.

De cualquier modo puede ser determinada la superficie que mejor se adapta a la superficie del mar, en la cual todos los puntos que la definen tienen el mismo potencial, es decir, el mismo valor de la gravedad. Esta superficie es el geoide.



Visto a través de un telescopio, un barco distante parece estar parcialmente sumergido.

## 1.2 Características del geoide

En cada punto sobre la superficie de la Tierra o por debajo de ésta, la gravedad tiene una magnitud y una dirección determinada, es decir, la gravedad en cada punto está representada por un vector tridimensional.

Sin embargo, resulta complicado tratar de representar este vector siguiendo los valores de la superficie topográfica real, aún mediante la manipulación matemática. En consecuencia, se ha buscado representar estos valores gravimétricos en términos de un valor escalar denominado potencial.

El conjunto de todos los puntos con un mismo potencial sería una superficie irregular pero muy suavizada que rodea la Tierra, por lo que se puede afirmar que existen infinidad de superficies equipotenciales anidadas unas sobre otras en forma similar a las capas de una cebolla, pero la que tiene especial interés para la geodesia, es la más aproximada al nivel medio del mar, conocida como Geoide.

Existen dos características importantes para este tipo de superficies; la primera es que el potencial gravimétrico es el mismo en todos sus puntos y la segunda es que la dirección de la gravedad siempre es perpendicular a la superficie, en este caso, al geoide. Esta última característica es muy importante, pues define la dirección de la plomada del equipo topográfico de tal forma que cuando se usa un instrumento con nivel de burbuja, éste quedará tangente a la superficie geoidal en el punto en que está instalado el instrumento.

El Geoide es importante para fines científicos y prácticos, por ejemplo, es utilizado como la superficie a partir de la cual se toman las alturas ortométricas en los mapas topográficos. Por otra parte, a partir de los mapas del geoide, se puede indagar sobre la estructura de la corteza terrestre y su manto superior, así como su evolución en relación a las placas tectónicas.

Cuando en un área determinada se tienen disponibles los datos de gravedad o de los bancos de nivel, el geoide puede ser calculado por distintos métodos, por ejemplo si se conocen los datos gravimétricos de dos puntos con una separación de 10 - 20 km., se podría lograr una precisión comparable a la de una nivelación trigonométrica y en áreas en donde no se cuenta con estos datos sería necesario efectuar los levantamientos gravimétricos necesarios mediante una red gravimétrica.

La gravimetría es la técnica que nos permite conocer la diferencia de gravedad que existe en distintos puntos sobre la superficie terrestre. En geodesia, el conocimiento del valor de la gravedad permite determinar:

- ☑ Las separaciones entre el geoide y el elipsoide (alturas geoidales), que hacen posible la reducción de distancias al elipsoide.
- ☑ Las pendientes del geoide (desviación de la vertical) necesarias para la reducción de direcciones y azimutes.
- ☑ Alturas ortométricas precisas.

Con el objeto de simplificar los cálculos de las posiciones sobre la superficie terrestre, se ha establecido un marco de referencia matemático o superficie matemática simple que se parece mucho a la real de la Tierra.

La forma de la Tierra, aún cuando es aproximadamente esférica no es exactamente una esfera porque está ligeramente achatada en sus polos y se abulta cerca del Ecuador. La forma de la Tierra se representa matemáticamente con más precisión por un elipsoide de revolución que se genera al hacer girar una elipse alrededor de su eje menor.

### **1.3 Ubicación de puntos: Coordenadas geográficas**

El método sistemático más antiguo de ubicación de puntos, es el basado en coordenadas geográficas o angulares, mediante las cuales los antiguos cartógrafos hasta los tiempos de Newton expresaban sus posiciones sobre la superficie de la Tierra. Este sistema de coordenadas se compone de dos ejes, uno conocido como Ecuador que corre de este a oeste y es equidistante a los polos norte-sur, y el otro que va desde el polo norte al polo sur, llamado Meridiano.

Los elementos utilizados para definir la ubicación de puntos en este sistema son Latitud y Longitud, expresados en grados, minutos y segundos.

#### ***Longitud***

La longitud ( $\lambda$ ) de un lugar puede definirse como el arco de paralelo medido en grados entre dicho lugar y el meridiano principal. Está casi universalmente aceptado como meridiano principal el que pasa por el observatorio de Greenwich, cerca de Londres, Inglaterra, al que frecuentemente se designa como meridiano de Greenwich.

A este meridiano le corresponde longitud  $0^\circ$  (cero grados), la longitud de cualquier punto dado sobre el globo se mide hacia el este o hacia el oeste a partir de este meridiano. Por lo tanto, la longitud debe de oscilar entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$  tanto al este como al oeste.

La longitud de un lugar se escribe:

Long.  $77^\circ 03' 41''$  W

Leyéndose: Longitud 77 grados 3 minutos 41 segundos Oeste de Greenwich.

## Latitud

La latitud ( $\phi$ ) de un lugar puede definirse como el arco de meridiano medido en grados entre el lugar considerado y el Ecuador, por lo tanto, la latitud puede oscilar entre  $0^\circ$  en el Ecuador hasta  $90^\circ$  norte o sur en los polos. La latitud de un lugar se escribe:

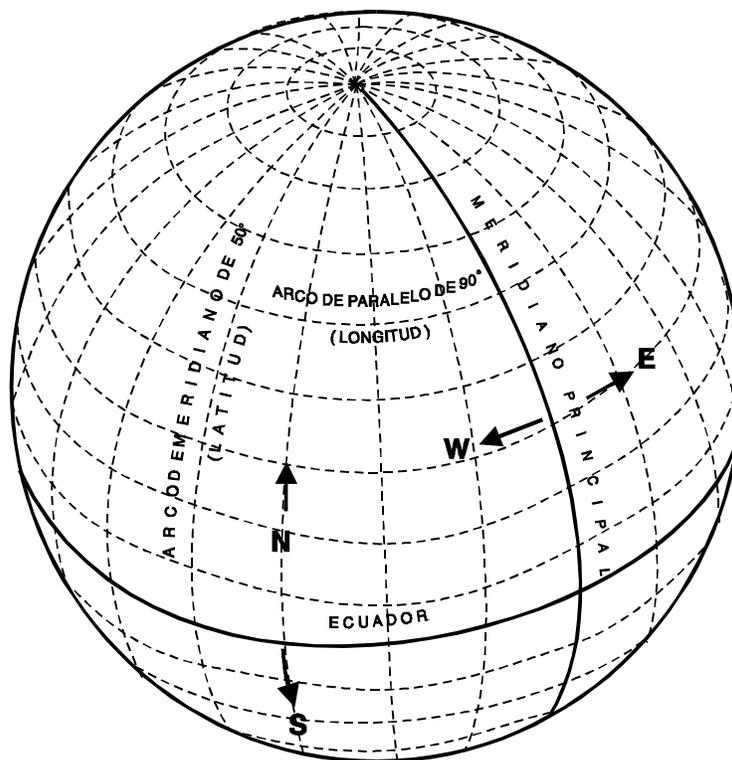
Lat.  $34^\circ 10' 31''$ N

Leyéndose: Latitud 34 grados 10 minutos 31 segundos Norte

Para fines prácticos se considera generalmente que la Tierra es una esfera y por lo tanto los paralelos exactamente equidistantes; por ejemplo, la distancia de un grado de latitud es casi igual a la de un grado de longitud en el Ecuador, y es ligeramente superior a 111 km. por lo que normalmente puede utilizarse esta cifra. Pero teniendo en cuenta el achatamiento de la Tierra, debe admitirse que un grado de latitud varía ligeramente en longitud desde el Ecuador a los polos.

## Altitud

La altitud de un punto es su distancia en metros sobre el nivel medio del mar (geoide).

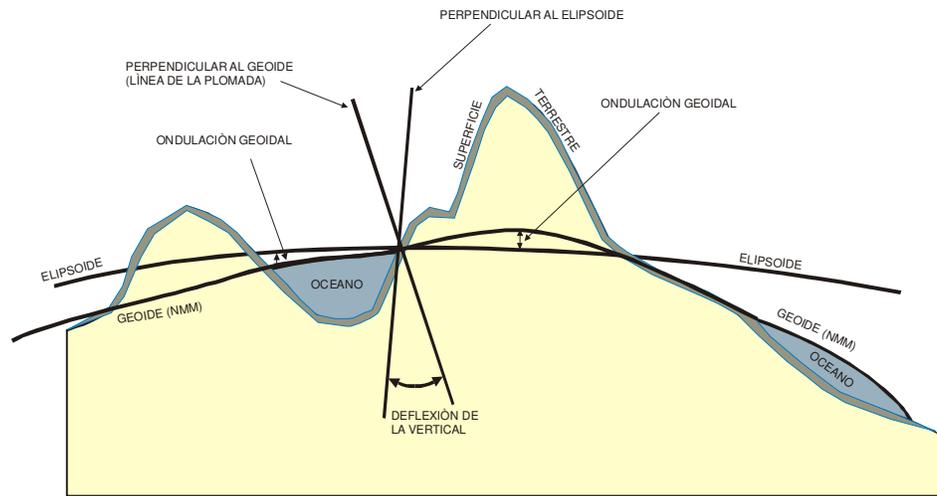


### 1.4 La tierra como un elipsoide achatado

Para determinar el achatamiento de la Tierra, se han realizado diversas pruebas como por ejemplo: si se hace oscilar el péndulo de un reloj en la ciudad de París, y éste se lleva con dirección a la línea ecuatorial, se apreciará que el reloj se atrasará unos dos minutos y medio diarios. Este hecho se atribuye a la fuerza de gravedad que es menor cerca del Ecuador.

Otro tipo de mediciones mucho más exactas han revelado que la forma de la Tierra es semejante a la de un globo esférico, comprimido a lo largo del eje polar y ligeramente abultado en el Ecuador, de modo que un corte vertical a través de los polos es más elíptico que circular. Este cuerpo se conoce como elipsoide achatado o elipsoide de revolución. El Ecuador sigue siendo un círculo y es la máxima circunferencia del elipsoide. El achatamiento de la Tierra se atribuye a la fuerza centrífuga de la rotación terrestre que deforma la Tierra, hasta conseguir una forma en equilibrio con respecto a las fuerzas de la gravedad y rotación.

Existen lugares donde el geoide y el elipsoide pueden interceptarse, formando así un ángulo entre ellos. Este ángulo entre las dos superficies también se forma entre las perpendiculares al elipsoide y la línea de plomada, que es la misma que la perpendicular al geoide. Este ángulo es la desviación de la vertical.



El geoide y sus superficies relacionadas

Como dato, el valor en kilómetros del diámetro ecuatorial de la Tierra es de 12,756.274 km. mientras que la longitud del eje polar es de 12,713.504 km. la diferencia es de 42.770 km.; esta diferencia define la Tierra como elipsoide achatado. Usando estas cifras se puede determinar que la circunferencia ecuatorial terrestre es de 40,075.017 km.

Resumiendo, todo lo anterior se ha enfocado para conceptualizar tres tipos de superficie de referencia.

### **Topográfica**

Es la superficie verdadera de la Tierra que identificamos de manera física con las montañas, valles y fondos de los océanos.

### **Geoidal**

Se define al geoide como una superficie equipotencial que mejor coincide con el nivel medio del mar, prolongándolo a través de los continentes. Esta superficie es importante, ya que es a la que se referencian los levantamientos tradicionales con teodolito y nivel de manera natural. Sin embargo, aún cuando esta figura es más simple, presenta deformaciones que todavía son complejas de manejar.

### **Elipsoidal**

Es la superficie matemática que se genera por una elipse que gira sobre su eje menor. Las dimensiones de los ejes se han establecido de diversas maneras según el lugar y la época. La definición del elipsoide de revolución, así como su posición y otros valores adicionales definen el DATUM, que no es más que la oficialización de estos valores. Esta superficie ha sido seleccionada para representar el verdadero tamaño y forma de la Tierra y es la que se ha adoptado como la más conveniente para los cálculos matemáticos.

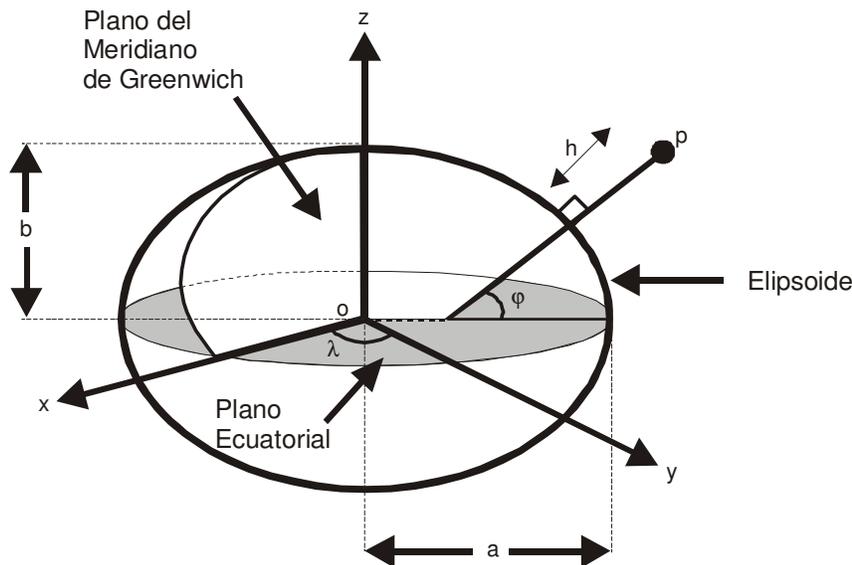
## 2. LEVANTAMIENTOS GEODÉSICOS

Para que la Geodesia pueda representar la figura de la Tierra, tiene que valerse de superficies de referencia para calcular todas las mediciones que realiza. Es necesario conocer la relación que existe entre la superficie terrestre, el geoide y el elipsoide, ya que a este último se referencian las mediciones hechas en el terreno, quedando el geoide como una superficie de transición entre el terreno y el elipsoide.

### 2.1 Coordenadas geodésicas

Para lograr una representación más precisa de la forma de la Tierra, se recurre a las coordenadas geodésicas, obtenidas matemáticamente y referidas a un sistema definido, a partir del cual se puede determinar la posición tridimensional de un punto sobre la superficie de la Tierra, arriba o por debajo de ésta.

Supongamos un punto P en el dibujo siguiente, la Latitud geodésica  $\phi$  sería el ángulo medido sobre el plano meridiano entre el plano ecuatorial y la línea perpendicular a la superficie del elipsoide pasando por el punto P; la longitud geodésica  $\lambda$  sería el ángulo medido sobre el plano ecuatorial entre el meridiano cero (coincidente con el eje X) y el plano meridiano que pasa por el punto P, considerando positiva la Latitud hacia el norte del Ecuador y la Longitud positiva en la dirección este. Una tercer coordenada necesaria para definir la posición exacta sobre la superficie de la Tierra es la altura elipsoidal  $h$  determinada por la normal entre el punto P y el elipsoide. Tenemos entonces completamente definida cualquier posición mediante las coordenadas geodésicas  $(\phi, \lambda, h)$  que a su vez pueden transformarse en coordenadas cartesianas  $(x, y, z)$  cuyo uso es muy conveniente para llevar a cabo algunos cálculos u otro tipo de transformación de un sistema a otro.



**donde:**  $a$  = semieje mayor

$b$  = semieje menor

$f$  = achatamiento =  $\frac{a-b}{a}$

$O$  = origen del sistema coordenado (geocentro del elipsoide) el eje Z coincide con el eje de revolución del elipsoide terrestre.

Cabe mencionar que tanto el elipsoide y el sistema de coordenadas cartesianas aquí descritos, tienen su origen en el centro de masa de la Tierra (Geocentro) cuyas coordenadas serían  $(0,0,0)$ ; la posición del eje Z coincide con el eje de rotación de la Tierra y los ejes X, Y, son perpendiculares al eje Z,

coincidiendo el eje X con la intersección del meridiano de Greenwich y el Ecuador terrestre, según se muestra en el dibujo.

## 2.2 El elipsoide como sistema geodésico de referencia preciso

Desde años anteriores se han utilizado diversos elipsoides cuyo origen no es geocéntrico y de diversas magnitudes; con cada uno de estos se buscaba básicamente que se adaptara a una determinada región de interés y satisfacer las necesidades cartográficas en vez de un modelo que se adaptara a toda la Tierra. Observando la necesidad de unificar el elipsoide mediante un sistema de posicionamiento por satélite, se estableció un sistema de referencia geocéntrica global; primeramente podemos mencionar el World Geodetic System *WGS-60* implementado en 1960 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

Conforme se ha avanzado en el desarrollo de los sistemas de posicionamiento por satélites se han adoptado modelos más precisos, introduciéndose posteriormente el elipsoide *WGS-66*, luego el *WGS-72* y finalmente el *WGS-84* que equivale básicamente al *GRS-80* utilizado por la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, pues sus diferencias son mínimas.

Es importante mencionar que las coordenadas calculadas de la posición de un punto utilizando receptores *GPS* y satélites de la constelación *NAVSTAR* están referidas al datum *WGS-84*, las cuales pueden ser expresadas en forma de coordenadas geodésicas elipsoidales  $\varphi, \lambda, h$  o en forma cartesiana  $x, y, z$ . Incluso las coordenadas referidas a otro datum en particular pueden ser transformadas a *WGS-84* siempre que se cuente con los parámetros de transformación requeridos. Estos parámetros toman en cuenta el desplazamiento del origen de los ejes de coordenadas, la diferencia de escala utilizado en ambos sistemas y la rotación de uno con respecto al otro, lo cual muestra la diferencia en la orientación de ambos elipsoides y la falta de paralelismo en los ejes de coordenadas.

Actualmente existen otros datums de referencia utilizados por diferentes países; tal es el caso del *NAD-27* y el *ITRF-92*. El primero fue utilizado como Sistema Geodésico de Referencia horizontal (SGR) durante la densificación de la Red Geodésica Nacional existente en nuestro país, regulada anteriormente por las normas técnicas para levantamientos geodésicos, publicadas en el Diario Oficial de la Federación del 1<sup>er</sup> de abril de 1985. Para el caso del *PROCEDE* se ha considerado el *ITRF-92* época 1988.0 como sistema geodésico de referencia, introducido por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS). El International Terrestrial Reference Frame (ITRF) es un sistema geocéntrico de referencia internacional de muy alta precisión, que está definido en forma dinámica por cuatro parámetros que son:

<input checked="" type="checkbox"/> Semieje mayor del elipsoide	6 378 137 m.
<input checked="" type="checkbox"/> Velocidad angular terrestre	$7\,292\,115 \times 10^{-11}$ rad./seg
<input checked="" type="checkbox"/> Constante gravitacional Newtoniana	$3\,986\,005 \times 10^8$ m <sup>3</sup> /seg <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Factor dinámico en su forma no normalizada que representa el achatamiento terrestre sobre el campo gravitacional.	$108\,263 \times 10^{-8}$

Basados en el cálculo de soluciones globales a partir de observaciones de coordenadas tridimensionales en diversos puntos sobre la Tierra mediante técnicas de posicionamiento muy exactas apoyadas con satélites.

Mediante el empleo de estos parámetros es posible derivar todas las constantes físicas y geométricas que intervienen en los correspondientes cálculos geodésicos.

El ITRF está definido en forma dinámica por que se calcula para diferentes años o épocas; esto es debido a las pequeñas variaciones causadas por efectos geodinámicos como el movimiento del eje de rotación de la Tierra, el desplazamiento del centro de masa de la Tierra, lo que hace variar las posicio-

nes relativas de las estaciones de referencia. Por ello, de acuerdo con la información disponible, en cada época se realizan las correcciones requeridas.

El modelo más actualizado hasta hoy es el ITRF-92 ya mencionado anteriormente, y que ha sido adoptado como Sistema Geodésico de Referencia Tridimensional para todos los trabajos realizados con equipo GPS en el PROCEDE. Es importante saber que el sistema GPS está referido al WGS-84, sin embargo ambos elipsoides geocéntricos observan diferencias mínimas, además de mantener la misma orientación por lo cual los parámetros de transformación también son simples y se encuentran disponibles en los softwares utilizados para ajustar las observaciones realizadas con los equipos GPS.

A raíz de este desarrollo tecnológico que revolucionó las técnicas de navegación y posicionamiento, logrando superar por lo menos en un orden de magnitud la precisión del NAD 27, el 27 de abril de 1998 es publicado el acuerdo que reforma y actualiza las Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos, apegadas a los conceptos modernos en Geodesia, basadas en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

### **2.3 Procedimientos geodésicos tradicionales**

Los procedimientos tradicionales seguidos para llevar a cabo un levantamiento geodésico pueden agruparse como sigue:

#### ***Observaciones astronómicas***

Es un procedimiento que se utiliza para obtener coordenadas astronómicas de puntos sobre la superficie de la Tierra. Como en los levantamientos de grandes extensiones se hace necesario referirse a un sistema de medida horizontal vinculado a la Tierra; en el origen o punto de partida del levantamiento, es necesario observar la latitud ( $\Phi$ ) y longitud ( $\lambda$ ) astronómica de ese punto y determinar un acimut o dirección a otro punto del levantamiento para proporcionar control direccional a la red general del trabajo.

Cuando las observaciones astronómicas se combinan con otras medidas geodésicas, proporcionan un método para determinar la desviación relativa de la vertical y ayudar a determinar la figura de la Tierra. Los puntos en los que se ha medido la latitud, longitud y acimut astronómicos se denominan Estaciones LAPLACE.

Las observaciones astronómicas se hacen con un instrumento óptico que tiene un sistema de nivelación; cuando éste se encuentra correctamente nivelado y ajustado, el eje vertical del instrumento es perpendicular al geoide, es decir, coincide con la fuerza de gravedad o línea de la plomada en el lugar de observación. Así, una observación astronómica proporciona una dirección con respecto al geoide.

Sin embargo, las observaciones astronómicas sólo proporcionan relaciones angulares y, en consecuencia, proveen información con respecto a la forma de la Tierra, pero no con respecto a su dimensión. A fin de obtener distancias entre estaciones astronómicas, es necesario determinar la dimensión de la Tierra, mediante algún método de levantamiento técnico horizontal.

#### ***Procedimientos técnicos para la obtención del control horizontal***

Estos procedimientos permiten que la geodesia no solo se oriente a la determinación de la figura de la Tierra, sino también a la ejecución de medidas sobre la superficie de la misma, para establecer las relaciones de posición en que se ubican los accidentes topográficos. A estas mediciones sobre la superficie, se les llama levantamiento topográfico. Así tenemos que los levantamientos pueden ser topográficos o geodésicos. Los primeros se calculan como si la superficie terrestre fuera plana y los segundos consideran la curvatura de la Tierra.

El control horizontal inicia en un punto o puntos de posición conocida, desde los cuales se miden distancias y ángulos a los nuevos puntos, cuyas posiciones se calculan luego por medio de los valores me-

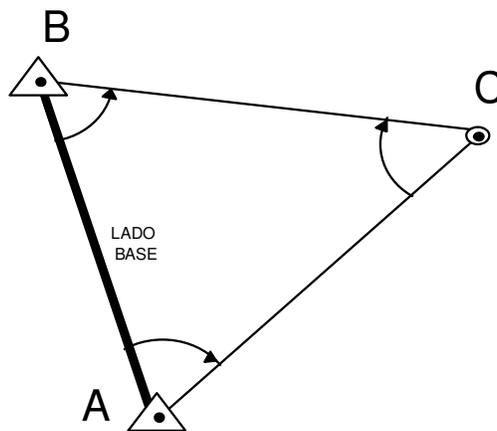
dados. Existen diversos métodos para llevar a cabo levantamientos horizontales, los más comunes son: poligonación, triangulación y trilateración.

a) Poligonación

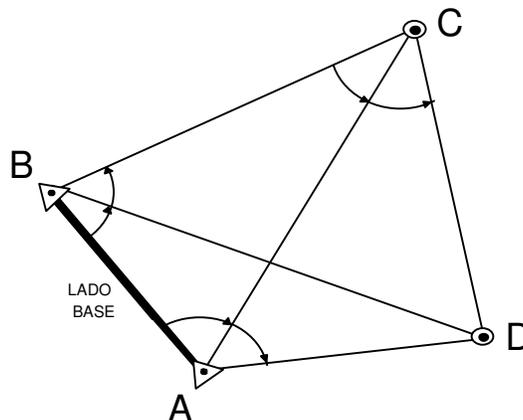
Consiste en medir a partir de una posición o punto conocido hacia otro punto, midiendo los ángulos y distancias a lo largo de una serie de puntos del levantamiento. Así, con las medidas angulares puede calcularse la dirección de cada lado de la poligonal y con las medidas de longitud de las líneas, se calcula la posición de cada uno de los puntos de la poligonal.

b) Triangulación

Es el método más común para realizar levantamientos geodésicos que básicamente consisten en la medición de los ángulos interiores de los triángulos. Si la distancia de un lado de uno de los triángulos y todos los ángulos interiores son medidos, entonces pueden calcularse los otros dos lados. De igual forma, si se conocen la latitud y longitud de uno de los puntos extremos de un lado, así como su distancia y dirección, se podrá calcular la latitud y longitud del otro punto extremo. El lado del triángulo que se ha medido se llama lado base.



Al llevar a cabo levantamientos para cubrir zonas o áreas, se utilizan las medidas de los lados base de una red de triangulación, además de las medidas angulares de todos los triángulos, logrando con esto calcular los datos restantes. Conociendo la latitud y longitud de los extremos de la línea base, así como el ángulo y la distancia del siguiente lado base, se puede calcular la latitud y longitud de cada vértice de los triángulos.



VALORES CONOCIDOS:

Latitud y longitud de los puntos A y B

Distancia de la línea AB  
Acimut de la línea AB

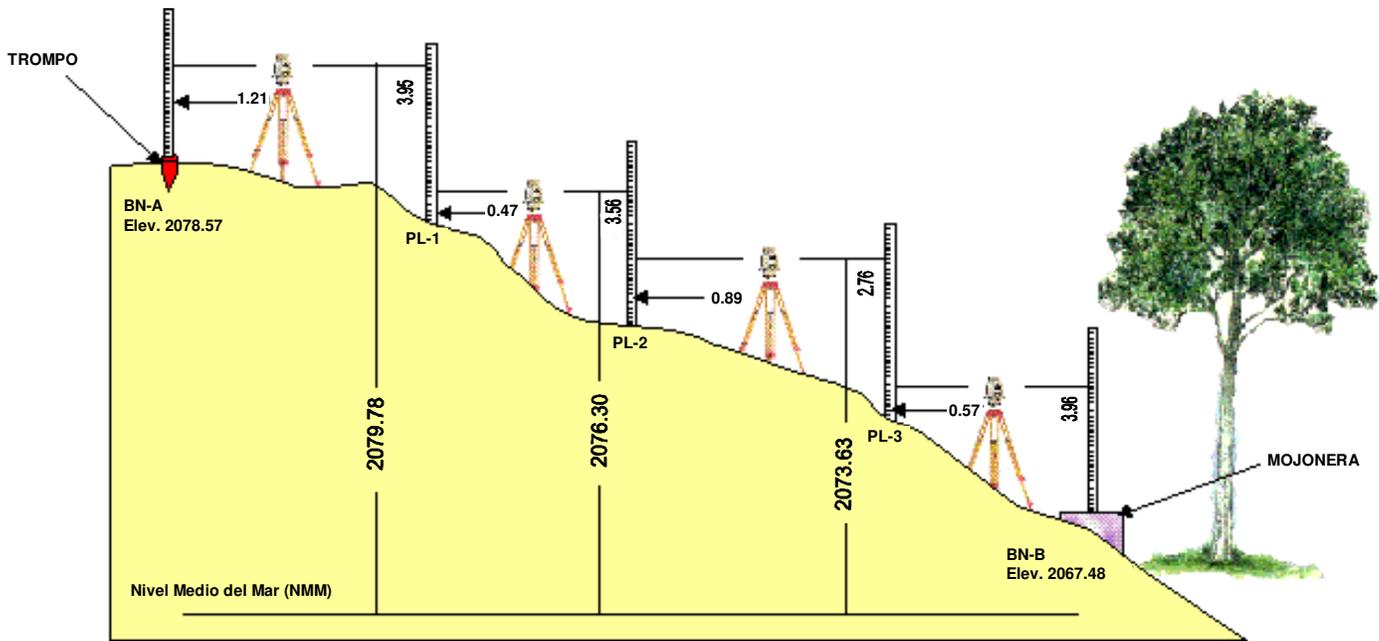
### c) Trilateración

Es un método de levantamiento a base de triángulos interconectados, que forman cadenas, de los cuales se miden las distancias de cada lado así como algunos ángulos, con lo cual se pueden determinar las coordenadas de los vértices de los triángulos.

### **Procedimiento técnico para la obtención del control vertical**

Este procedimiento permite determinar las diferencias de altura entre dos o más puntos sobre la superficie de la Tierra. Para medir la diferencia en altura entre dos puntos, se utilizan instrumentos telescópicos llamados niveles. En cada uno de los puntos se colocan estadales verticales y el instrumento se coloca entre ellos. La diferencia en altura se obtiene restando las dos lecturas tomadas sobre los estadales, de modo que la línea de colimación del nivel será perpendicular a la vertical.

En este caso, como el eje vertical del instrumento que se usa para la nivelación queda perpendicular al geode, la línea resultante de una nivelación seguirá la curvatura del geode por lo que se le considera como nivelación geodésica.



**Nivelación Diferencial**  
**BNA – BNB = 2078.57 – 2067.48**  
**= 11.09 m.**

Sin embargo, la situación se complica cuando los dos puntos medidos están separados por una gran distancia, pues en este caso la nivelación se verá afectada por la fuerza que la gravedad ejerce en cada punto.

### **Observaciones gravimétricas**

Se refieren a la determinación de la aceleración de la gravedad sobre la superficie de la Tierra, lo cual proporciona un método para determinar la forma de ésta. Al utilizar el campo gravimétrico de la Tierra para determinar su forma, se mide la aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra o cerca de ella de tal manera que si se tuviera una superficie regular sin montañas y océanos y no presentara va-

riaciones en la densidad de las rocas o de la corteza terrestre, podría calcularse el valor de la gravedad para cualquier punto sobre el elipsoide.

Este valor teórico de la gravedad representa la fuerza combinada de la atracción de la Tierra y de la fuerza centrífuga debido a la rotación de la Tierra.

#### a) Gravedad absoluta

Es el valor de la gravedad determinado en un punto por medio de observación directa (péndulos verticales) o cuantificada a partir de procedimientos indirectos (instrumentos de caída libre y gravímetros). Este valor cambia con la posición del sol y la luna. Este fenómeno es conocido como “marea terrestre” y puede estimarse y corregirse de tal modo que los valores obtenidos se consideren permanentes.

#### b) Gravedad relativa

Se conoce así a la diferencia de gravedad ( $\Delta g$ ) existente entre dos puntos, uno de los cuales es de gravedad conocida.

La aceleración absoluta de la gravedad se mide con un instrumento pendular. El período de oscilación del péndulo se mide con precisión y con él se calcula el valor de la gravedad, sin embargo, por ser un método muy complejo se mide en un número limitado de estaciones de referencia llamadas Estaciones Base de Gravedad y se utilizan como base de referencia para otro tipo de procedimientos de medición.

Los aparatos para la medición gravimétrica que usan como referencia las estaciones base de gravedad se llaman gravímetros, los cuales sólo proporcionan mediciones relativas. Con estos aparatos se determina la gravedad en distintos sitios y posteriormente se compara con la obtenida en una estación base pendular.

## 2.4 Sistema geodésico de referencia

Hasta aquí se han tratado diversos métodos para determinar el tamaño y forma de la Tierra, así como para extender el control geodésico, pero la verdadera necesidad en geodesia es obtener un elipsoide de revolución que se asemeje a la verdadera figura de la Tierra, lo cual es esencial para el establecimiento de un sistema geodésico o datum. El datum, es el punto de partida o de referencia para los levantamientos, definido por la latitud, longitud del punto de origen, acimut, semieje mayor, semieje menor del elipsoide, desviación de la vertical y altura geoidal en el origen.

Existen dos tipos de datum: horizontal y vertical; el primero forma la base de los cálculos para el control horizontal de los levantamientos en los que se tomó en consideración la curvatura de la Tierra. El datum vertical es la base para la obtención de las elevaciones de los puntos, es generalmente la superficie del nivel medio del mar.

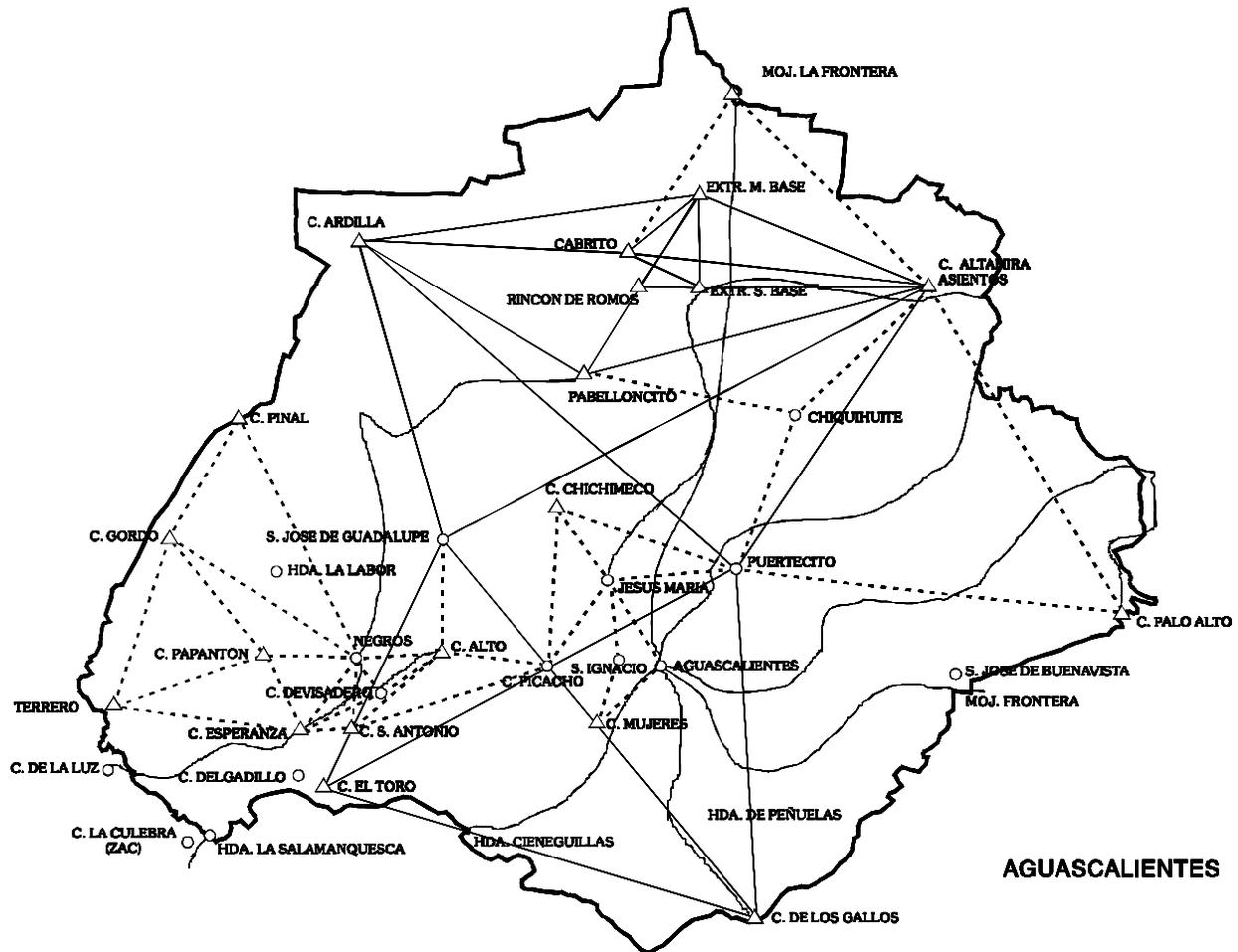
Un datum geodésico horizontal consta de un punto de partida y de un elipsoide sobre el cual se llevan a cabo los cálculos. En total consta de los siete elementos o condiciones de partida mencionados anteriormente. Algún cambio en cualquiera de las siete cantidades iniciales hará cambiar el datum y consecuentemente cambiarán las coordenadas de todos los puntos basados en este datum.

Sin embargo, los avances tecnológicos y la necesidad de generar sistemas de referencia geodésicos globales han dado origen a datums de referencia geodésica tridimensional  $\phi, \lambda, h$ , como lo son el ITRF-92, WGS-84, GRS 80 etc., las alturas  $h$  utilizadas son alturas elipsoidales, aunque podrían ser convertidas a ortométricas por diversos métodos, siempre y cuando se cuente con datos gravimétricos del sitio.

En México, los trabajos geodésicos se remontan a la época prehispánica, en donde a través de observaciones astronómicas se determinaban los puntos fijos de referencia para apoyar las actividades geográficas. La evolución de esta actividad en nuestro país, permitió que a partir de 1968 se iniciara la densificación geodésica, a través de la exploración del territorio nacional y el establecimiento de marcas

de referencia, así como del uso de tres tipos de levantamientos básicos: horizontales, verticales y específicos (gravimétricos principalmente).

De acuerdo con las especificaciones de las Normas Técnicas para levantamientos geodésicos, publicadas el 10. de abril de 1985, se adoptó entonces como sistema geodésico de referencia horizontal, el datum *NAD27*.



Red Geodésica del Estado de Aguascalientes (NAD 27)

## 2.5 Precisión de las referencias geodésicas

Los levantamientos de máxima precisión o de primer orden conforman la red geodésica básica, que es la columna vertebral en todo el territorio nacional formada por puntos de coordenadas conocidas y preci-

sas que sirven de partida y cierre a otros levantamientos geodésicos de densificación, pero de menor precisión.



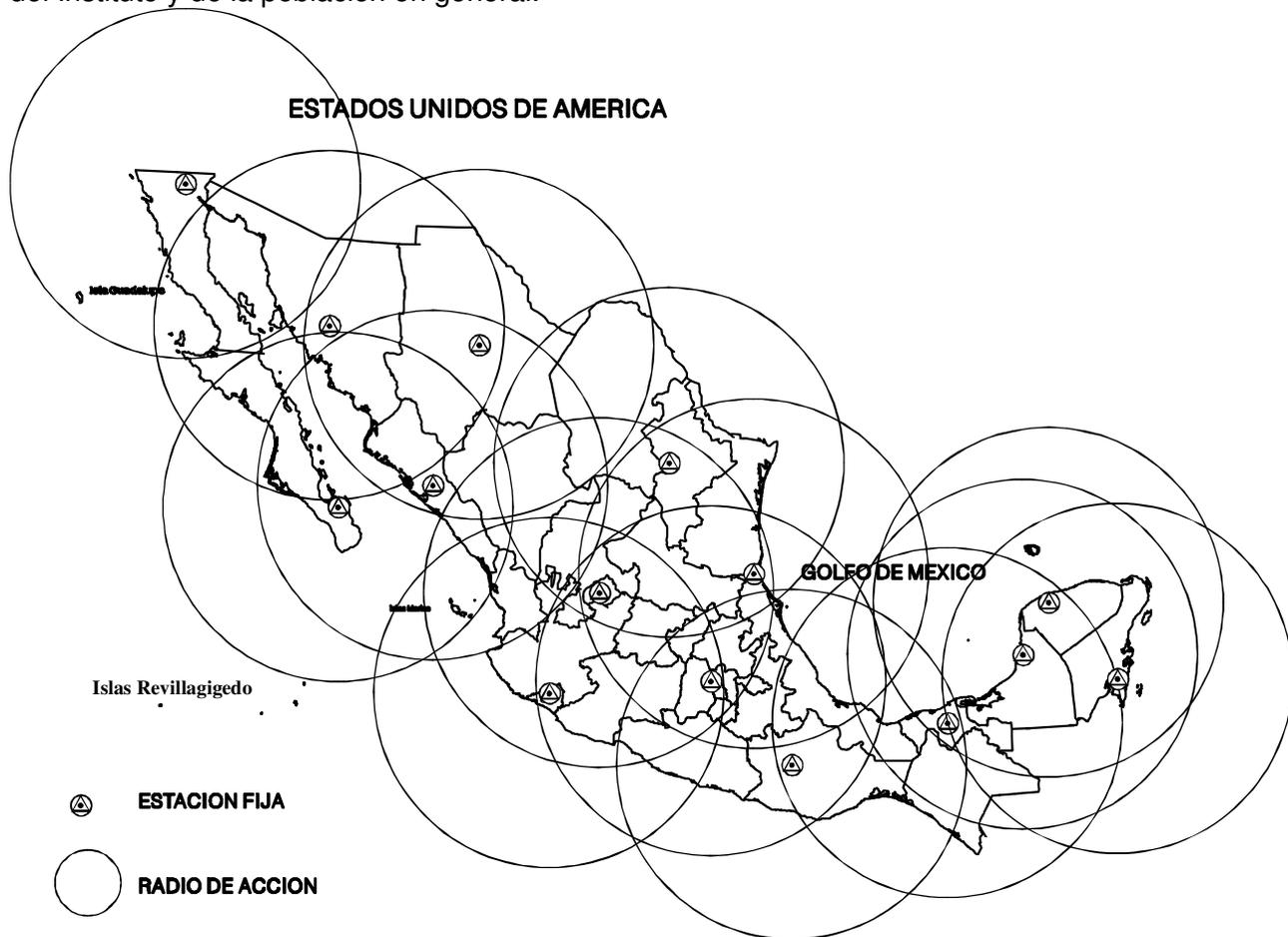
Hasta el año 1993 para el control horizontal, existían en nuestro país aproximadamente 1,500 vértices de triangulación de primer orden y 6,500 vértices de poligonal de segundo orden. Para el control vertical se estima que hay 16,600 bancos de nivel de primer orden y 13,000 bancos de densificación. Asimismo, se cuenta con 100 estaciones Doppler de primer orden y 100 estaciones de densificación generadas a través del control tridimensional que se realiza con el sistema de posicionamiento inercial y el de satélite, que proporcionan posicionamiento horizontal y vertical simultáneo.

Todas las actividades que se realizan en el país en materia de geodesia le competen al Instituto, pues la ley sobre esta materia le confiere diversas atribuciones y obligaciones que comprenden básicamente el establecimiento, densificación y mantenimiento de la Red Geodésica Nacional, lo cual se ha cumplido empleando técnicas y métodos de levantamiento clásicos, como triangulación, poligonación, nivelación y el uso de satélites Doppler. En la actualidad se está utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Debido al desarrollo de los sistemas de posicionamiento por satélite según se mencionó anteriormente, con los procedimientos actuales se pueden lograr posicionamientos absolutos o relativos con precisiones muy superiores a las observadas durante el establecimiento de la Red Geodésica Nacional, sin la necesidad de llevar a cabo procedimientos prolongados y engorrosos utilizando técnicas clásicas. Por ello, observando las propias capacidades del equipo *GPS* y la rapidez de la metodología de medición, estos nuevos levantamientos debían ser referidos a un modelo matemático más preciso que el datum horizontal *NAD27*; esta es una razón importante por la cual se adoptó el *ITRF-92* que a diferencia del primero, es un sistema global de referencia definido en forma dinámica y acorde a la precisión que puede obtenerse con el tipo de equipo empleado.

Del conocimiento de la información anterior, se generó con el equipo *GPS* con que cuenta el Instituto una Red Geodésica Nacional Activa (RGNA), integrada por 15 estaciones fijas las cuales están distribuidas estratégicamente en el territorio nacional. Su función es rastrear continuamente la constelación de

satélites GPS desde estaciones de coordenadas conocidas cuyos datos están a disposición de usuarios del Instituto y de la población en general.



Lo anterior permite que en el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos, se ejecuten los levantamientos ligándolos a esta RGNA, sin necesidad de que dentro de las actividades de campo, el equipo GPS tenga que posicionarse en algún vértice de la Red Geodésica Nacional Pasiva. Asimismo, existe una estructura de posicionamiento geodésico altamente precisa, que posibilitará el manejo simultáneo de posiciones en el sistema de referencia que actualmente se utiliza en nuestro país NAD 27 y el que se adoptó para el PROCEDE ITRF 92, lo cual facilitará el proceso de transición.

La RGNA por su distribución territorial funciona de acuerdo a un patrón de cobertura de 500 km. de radio, de modo que ningún punto del país en la parte continental, esté más allá de 500 km. de alguna de las estaciones fijas, lo que permite combinar las observaciones GPS efectuadas en cualquier punto del país con al menos una de dichas estaciones, pudiendo en la mayoría de los casos hacerlo con dos o más, lo cual garantiza una alta precisión en los resultados.

Al 15 de febrero del 2002 se habían establecido en todo el país, aproximadamente 79,649 puntos GPS de control monumentados ligados a la RGNA, los cuales están disponibles para que a partir de ellos se efectúen levantamientos topográficos en los alrededores.

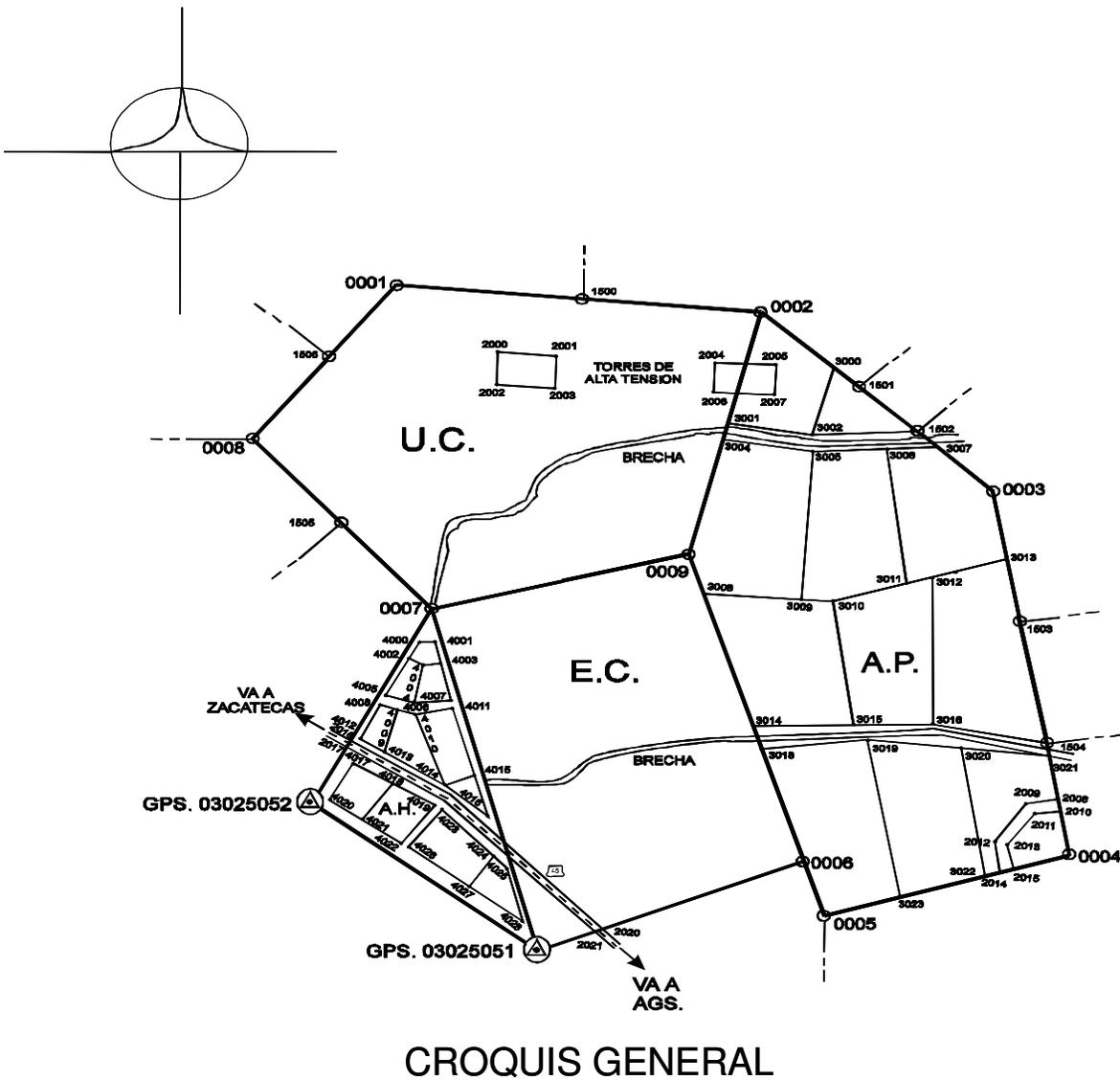
Adicionalmente en el PROCEDE se han medido y fotoidentificado aproximadamente 26,000 puntos de apoyo terrestre para el levantamiento de las tierras. La precisión alcanzada es superior a 1:50 000.

### 3. INTERACCIÓN TOPOGRAFÍA-GEODESIA EN EL PROGRAMA PROCEDE

Es condición que los trabajos topográficos del PROCEDE estén integrados a la Red Geodésica Nacional Activa. Un ejemplo de levantamiento topográfico del PROCEDE, basado en las normas técnicas, muestra la vinculación que se da entre la Geodesia y la Topografía.

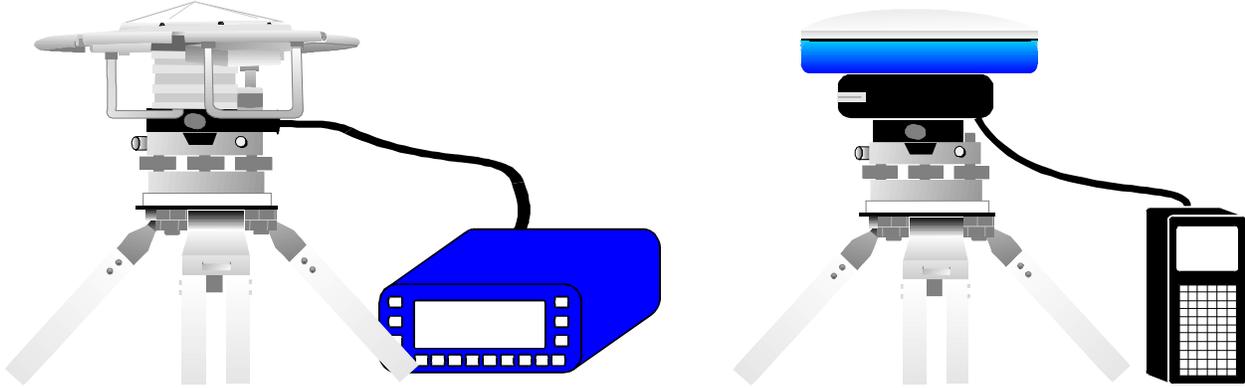
Los levantamientos requieren partir de una línea de control acimutal que forme parte del polígono o de la poligonal de apoyo; esa línea se generará con equipo GPS, posicionando un aparato en cada uno de los vértices seleccionados para formar la línea de control, la cual se ligará a por lo menos una estación fija de la RGNA.

Los puntos que conforman la línea de control acimutal tienen coordenadas muy precisas de tal manera que las mediciones a partir de ésta, son también precisas. Una vez establecida la línea, se procede a propagar coordenadas a los demás vértices que forman parte de la poligonal y al interior del núcleo agrario, lo cual se realiza con equipo GPS o Estación Total. Concluido este trabajo, todos los vértices del polígono contarán con coordenadas de latitud, longitud y altura elipsoidal ligadas a la Red Geodésica Nacional Activa.

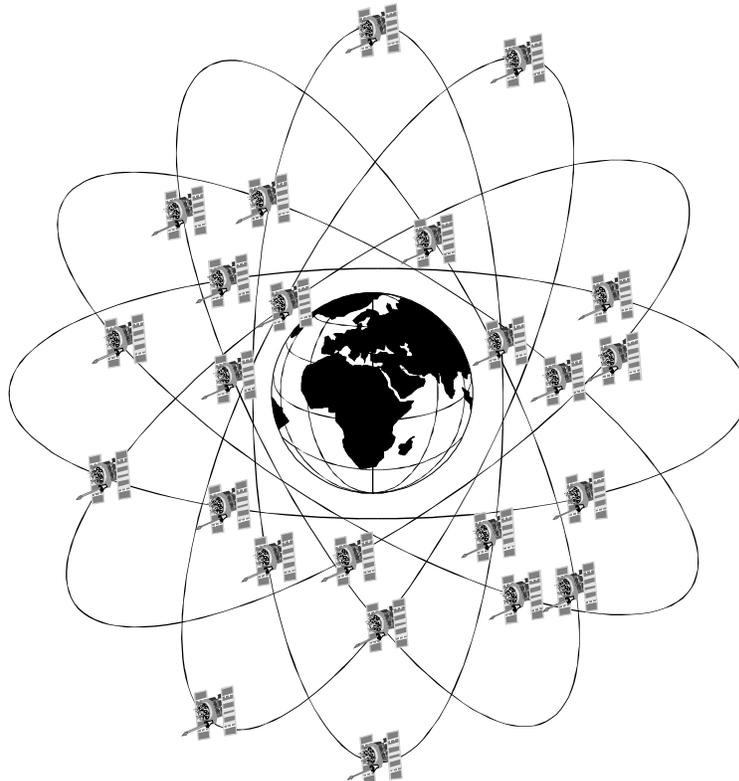


#### 4. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Para llevar a cabo levantamientos geodésicos-topográficos de alta precisión, es necesario la utilización de equipos de medición de la tecnología más avanzada, como los equipos *GPS*, con los cuales es posible ubicar puntos sobre la superficie de la Tierra.



El *GPS* es un sistema de posicionamiento por satélites, desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, diseñado para apoyar los requerimientos de navegación y posicionamientos precisos con fines militares. Actualmente es una importante herramienta para aplicaciones de navegación y posicionamientos civiles en Tierra, mar y aire.

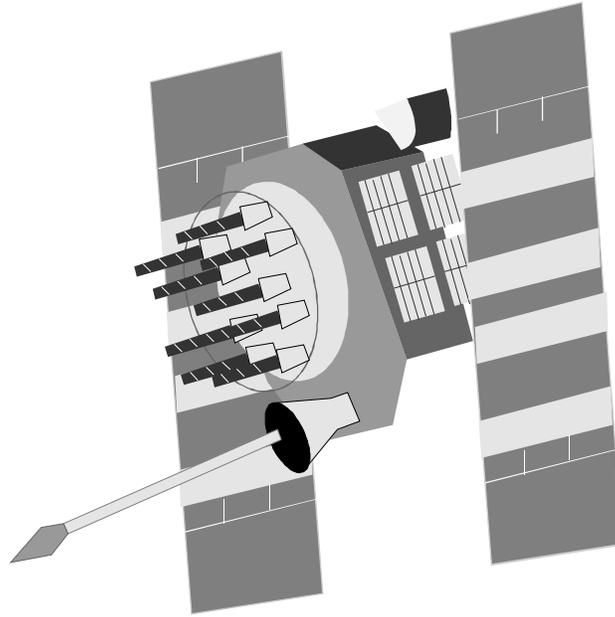


En forma general, el *GPS* está integrado por tres segmentos o componentes del sistema:

#### 4.1 Segmento espacial

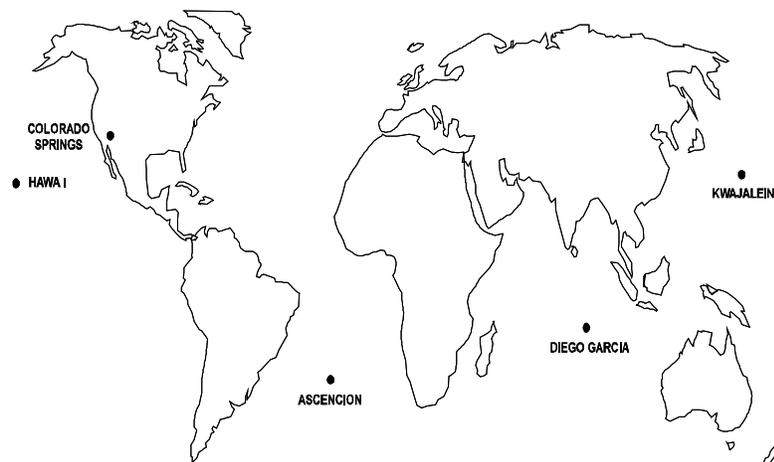
Consiste de los satélites *GPS* que constantemente emiten señales de radio desde el espacio, conformando una constelación de 24 satélites distribuidos en seis órbitas circulares con un período de rotación

de 12 horas a una altitud aproximada de 20,000 km. y con una inclinación de  $55^\circ$  con respecto al plano ecuatorial. Esta distribución espacial permite al usuario disponer de 5 a 8 satélites visibles en cualquier momento y en cualquier parte de la Tierra.



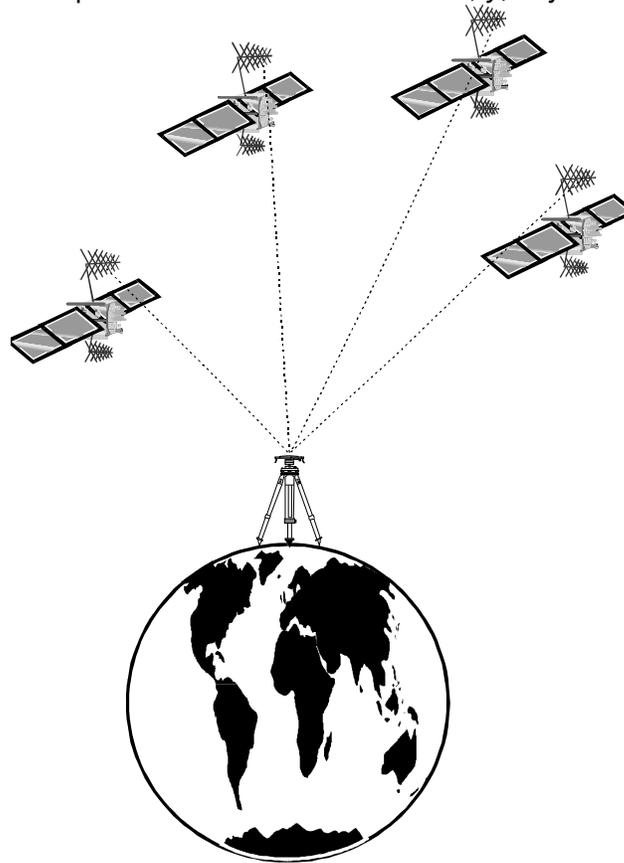
#### 4.2 Segmento de control

Consiste en una serie de estaciones de rastreo, distribuidas en la Tierra, que constantemente monitorean cada satélite para analizar las señales emitidas por éstos y a su vez, actualizar datos de las efemérides y mensajes de navegación, así como las correcciones del reloj de los satélites. Las estaciones se ubican estratégicamente cercanas al plano ecuatorial y en todas ellas se cuenta con receptores con relojes de cesium.



#### 4.3 Segmento usuario

Se constituye por los receptores GPS que registran la señal emitida por los satélites para calcular su posición. Tomando como base la velocidad de la luz y tiempo de viaje de la señal se obtienen las pseudo-distancias entre cada satélite y el receptor en un instante determinado; observando al menos cuatro satélites en tiempo común el receptor calcula las coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$  y el tiempo.



#### 4.4 Algunos aspectos de las señales GPS

Los satélites transmiten dos tipos de señales portadoras, la frecuencia  $L1$  de 1575.42 Mhz. que porta el mensaje de navegación y la frecuencia  $L2$  de 1227.60 Mhz. que incluye parámetros de corrección para determinar el retraso ionosférico que sufre la señal durante su trayecto.

Ambas portadoras  $L1$  y  $L2$  son fase-moduladas con el código de precisión  $P$  que constituye la base del Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS); a su vez la banda  $L1$  es también modulada por el código  $C/A$  (Coarse Acquisition) considerado como la base del Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS) destinado para el libre acceso a la comunidad civil.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos mantiene restringido el acceso al código  $P$ , cuyo uso está reservado sólo a usuarios autorizados por lo cual se dice que el sistema opera en modo anti-spoofing (AS), es decir, antiengaño, ya que el código  $P$  es encriptado dentro del código  $Y$ , el cual requiere de módulos especiales  $AS$  instalados en los receptores para poder ser accedido.

Actualmente algunos receptores, como es el caso de los modelos ZXII utilizados en el Instituto, tienen la capacidad de acceder el código de precisión utilizando el modo  $Z$ , en tanto que otros modelos como el Dimension únicamente reciben en código  $C/A$ , los receptores PXII sólo reciben el código  $P$  cuando el modo  $AS$  no está activado, de lo contrario trabajan en forma similar a un Dimension ya que sólo pueden registrar en código  $C/A$ .

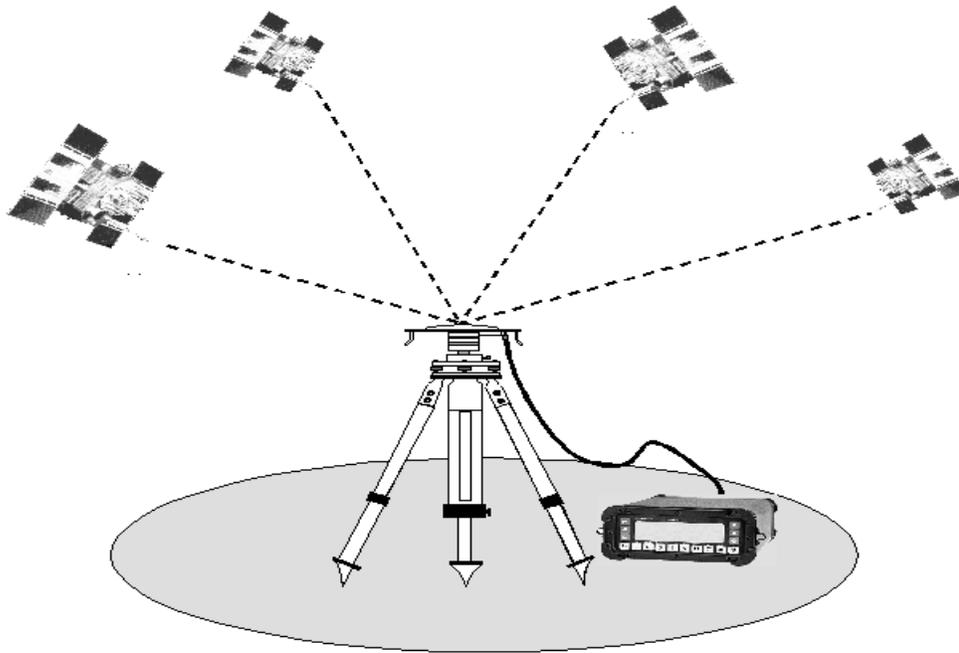
#### 4.5 Sistema para determinar la posición

Cuando la señal al menos de cuatro satélites es registrada en el receptor, el software instalado en éste realiza un primer cálculo de su posición. Si el equipo cuenta con un radio receptor y desde una estación

base de coordenadas conocidas son calculadas y transmitidas las correcciones diferenciales a la señal de los satélites (corrección de los retrasos de la señal GPS cuando viajan por la ionósfera y tropósfera), el receptor GPS puede calcular con precisión su posición en campo con respecto a la estación base, lo que se conoce como **medición en tiempo real**.

En caso contrario, la información del receptor se almacena y posteriormente se descarga en una computadora para ser procesada con un software especial con los datos de la (s) estación (es) de coordenadas conocidas, obteniendo con precisión las coordenadas de los sitios levantados en campo. Esta metodología se conoce como de **postprocesamiento**, y es la que se utiliza en el PROCEDE.

La posición del receptor es determinada a través de una serie de mediciones de pseudodistancias en una época determinada; estas pseudodistancias son utilizadas conjuntamente con las posiciones de los satélites al instante de emitir las señales. Los propios satélites transmiten los datos de efemérides que permiten conocer su posición orbital y calcular la posición del receptor en la Tierra.



Para determinar los valores de los componentes  $x$ ,  $y$ ,  $z$  y el tiempo, se requieren 4 satélites. El cuarto de estos satélites es necesario para calcular el tiempo exacto y corregir el desfase del reloj del receptor con respecto al reloj del satélite.

La posición tridimensional del receptor es el punto donde las pseudodistancias desde un grupo de satélites se interceptan.

#### **4.6 Otro sistema de satélites de navegación global**

Un sistema sorprendentemente similar al *GPS* es el Sistema Global de Navegación Satelital *GLONASS*, diseñado y operado por la Federación Rusa para apoyar básicamente operaciones militares, pero que actualmente se encuentra disponible para la comunidad civil de usuarios.

La puesta en órbita de los 24 satélites de que consta la constelación *GLONASS*, se concluyó a finales de 1995; sin embargo, para los primeros meses de 1996, el número de satélites operacionales de *GLONASS* era de 22 y se tiene considerado completar la constelación en corto tiempo con los nuevos modelos cuyo periodo de vida es mayor a los anteriores, además de incluir ciertas especificaciones técnicas que facilitarían la compatibilidad con el *GPS*.

No obstante, la escasez de recursos económicos ha limitado el desarrollo del programa espacial ruso, quedando inconclusa a la fecha la constelación *GLONASS*.

Las frecuencias utilizadas para transmitir la señal de la constelación GLONASS son L1=1602.0-1615.5 Mhz y L2=1246.0-1256.5 Mhz; los satélites GLONASS están distribuidos en 3 órbitas a una altura aproximada de 19 112 km. y con una inclinación de 64.8° respecto al plano ecuatorial.

#### **4.7 Perspectivas de los sistemas de satélites de constelación**

A partir de 1996, se han logrado avances en los acuerdos que tienden a cambiar las políticas de operación de ambos sistemas, con la finalidad de que el campo de la constelación sea beneficiado con la disponibilidad de ambas constelaciones de satélites, lo cual incrementaría las capacidades de navegación y posicionamiento, y solucionaría algunos inconvenientes existentes en sitios obstruidos.

A principios de 1997, algunas empresas fabricantes de receptores GPS pusieron en el mercado modelos de receptores GPS-GLONASS que ofrecen muchas ventajas sobre algunos otros modelos que tienen acceso a una sola constelación. Uno de estos primeros receptores es el GNSS-300 que puede recibir la señal de los satélites disponibles de las dos constelaciones y es fabricado por la empresa 3S Navigation.

#### **4.8 Elementos del equipo GPS**

El equipo GPS está integrado por elementos básicos fundamentales que son:

##### ***Antena***

Encargada de recibir la señal directa y enviarla al receptor (que es otro componente), el cual transforma la información en valores (coordenadas y distancias). El tipo de antena es variable; el método de selección del satélite por la antena es automático y está basado en criterios de ángulo de elevación y del estado del satélite.

##### ***Receptor***

Los componentes del receptor y su tamaño, varían según el modelo y la empresa que los fabrica. Los componentes internos de los receptores están compuestos por una serie de tarjetas que permiten registrar y calcular la posición del punto en función al tiempo de posicionamiento; las tarjetas principales son las siguientes:

- navegación
- canales
- poder
- memoria

##### ***Software***

Otro de los componentes se refiere a los programas de cómputo para procesamiento de datos internos (se incluyen dentro del receptor) y externos para usarse en computadoras, al procesar las mediciones es posible determinar la posición de cualquier punto sobre la superficie de la Tierra en un sistema de coordenadas *cartesianas* X,Y,Z, las cuales pueden convertirse a coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altura elipsoidal).

##### ***Baterías***

Todos los equipos trabajan con baterías recargables y algunos pueden ser adaptados a los vehículos; el promedio de suministro de energía es de 12 volts (según especificaciones del fabricante). La duración de la energía de las baterías es de 3 a 8 horas, dependiendo del número de observaciones que se registren en el receptor.

##### ***Precisión***

La precisión de la línea base depende del número de satélites observados o enganchados, la geometría de la constelación *PDOP* y el tiempo de observación de estos satélites en el punto o vértice por posicionar. La precisión es de 1 a 2 cm., más 2 partes por millón en un tiempo de 15'' a 30'' con equipos de dos bandas.

### **Temperatura**

La temperatura ambiental para la operación es similar en todos los instrumentos, con un promedio de -20 °C a + 50 °C.

## **4.9 Métodos de medición con equipo GPS**

Para efectuar una medición o posicionamiento pueden usarse los siguientes métodos: Estático, Estático rápido y Cinemático.

### **Estático**

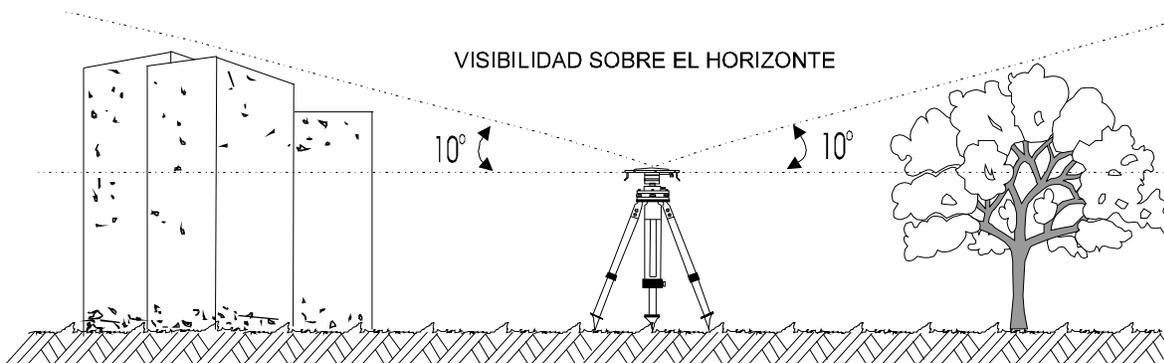
Consiste en utilizar dos o más receptores, uno de los cuales permanece en un punto de coordenadas conocidas, tomándose lecturas por lo menos de 30 minutos, teniendo cuatro satélites como mínimo y un *PDOP* menor o igual a 5.

### **Estático rápido**

Este método es muy similar al método estático en su aplicación, teniendo la ventaja de que el tiempo de medición es mucho menor y la precisión disminuye relativamente poco. Una condición es que solo se puede realizar mediante la utilización de equipos GPS de dos bandas con código P o modo Z; el tiempo de medición depende del tamaño de la línea por medir, así tenemos que en las líneas menores de 5 km. se posicionará durante 5 minutos y por cada kilómetro adicional se posiciona 2 minutos más.

### **Cinemático**

Este método es el más rápido de los levantamientos con equipos GPS, pero requiere una mejor calidad en cuanto a la colecta de la información por lo que el operador del equipo debe ser extremadamente cuidadoso al realizar el levantamiento para evitar la pérdida de señal de los satélites enganchados.



## **4.10 Ventajas del uso del equipo GPS**

- Facilidad en la determinación de coordenadas y distancias
- No requiere visibilidad entre estaciones
- Rapidez en los levantamientos obteniendo altas precisiones en un mínimo de tiempo en relación a los sistemas tradicionales

- ☑ Se minimizan los errores humanos
- ☑ Reducción de costos, ya que requiere menos tiempo y menos personal
- ☑ Versatilidad en su uso, desde proyectos sencillos hasta los más complejos

# Cartografía

---

## 1. ASPECTOS GENERALES

La definición más común dice que la cartografía es el conjunto de estudios y operaciones científicas y técnicas que intervienen en la formación o análisis de mapas, modelos en relieve y globos que representan la tierra o parte de ella a una escala reducida.

El objetivo principal es entonces la concepción, preparación y elaboración de mapas. Estos son verdaderos bancos de datos que muestran en una forma organizada y fácil de consultar la representación fiel del terreno. En la actualidad son parte indispensable en la planeación y seguimiento de cualquier proyecto.

### 1.1 Definiciones

#### ***Cartografía***

Es la ciencia, arte y técnica de preparar toda clase de mapas y cartas, incluidas todas las operaciones desde su planeación hasta la impresión final.

#### ***Mapa***

Es una representación geométrica plana, simplificada y convencional de toda o parte de la superficie terrestre, con una relación de similitud proporcional denominada escala.

#### ***Carta***

Es un mapa hecho por lo general a escalas medias y pequeñas, utilizando proyecciones cartográficas. Comúnmente se usa como sinónimo de mapa.

#### ***Plano***

En cartografía es una representación geométrica de una parte de la superficie terrestre a escala grande en la que no se considera la curvatura de la Tierra.

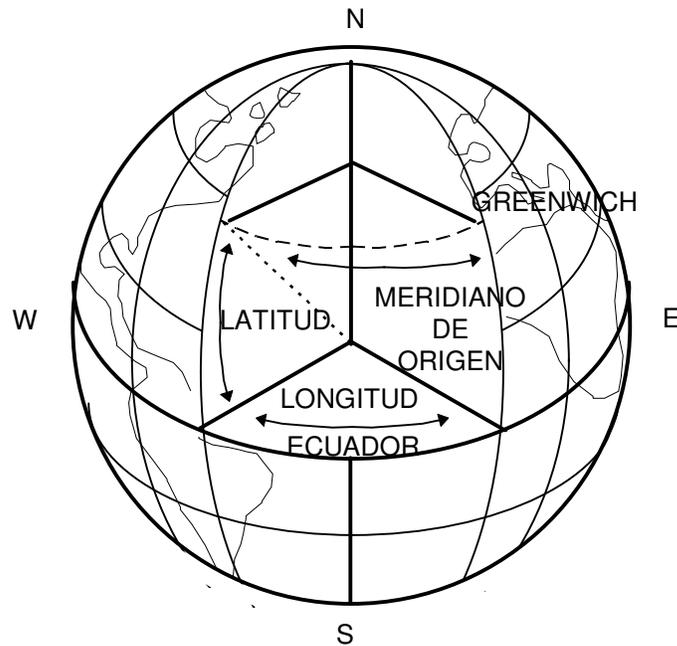
#### ***Croquis***

Esquema, dibujo o diseño de una superficie ubicando sus rasgos naturales y culturales, así como sus delimitaciones de una forma aproximada por referencias y sin una escala precisa.

### 1.2 Latitud, longitud y altitud

El método sistemático más antiguo de ubicación sobre la superficie terrestre, es el referenciado a las coordenadas geográficas de latitud y longitud; está basado en dos líneas, una conocida como Ecuador que corre de este a oeste siendo equidistante a los polos norte y sur; y la otra va desde el polo norte al polo sur denominado meridiano de origen (de Greenwich).

Mediante el trazo de un grupo de círculos con orientación este-oeste alrededor de la esfera terrestre y paralelos al Ecuador *paralelos*, y otro grupo de ellos con dirección norte-sur que cruzan el Ecuador en ángulo recto y convergen en los polos *meridianos*, se obtiene una red de líneas de referencia, desde las cuales se puede localizar cualquier punto de la superficie terrestre y obtener sus valores de longitud y latitud.



La latitud se mide de 0° a 90° al norte o sur del Ecuador.

La longitud de un punto se obtiene midiendo de 0° a 180° hacia el este o el oeste del meridiano de Greenwich (de origen).

La unidad de medida que se usa en las coordenadas geográficas, es el grado (unidad de medida angular). Cada círculo completo está dividido en 360 grados, cada grado en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos. El grado está simbolizado por (°), el minuto por (') y segundo por (").

### 1.3 Clasificación de mapas

Los mapas se pueden clasificar por su escala y por su contenido.

#### ***Por su escala***

Según su escala se dividen en tres grupos:

Escalas grandes	1:25 000 y mayores
Escalas medianas	1:50 000 hasta 1:250 000
Escalas pequeñas	1:500 000 y menores

Una clasificación más amplia es la siguiente:

Escalas muy grandes	1:2 500 y mayores
Escalas grandes	1:5 000 hasta 1:25 000
Escalas medianas	1:50 000 hasta 1:250 000
Escalas pequeñas	1:500 000 hasta 1: 2 500 000
Escalas muy pequeñas	1: 5 000 000 y menores



La clasificación se realizó con base a los materiales existentes.

## Por su contenido

Atendiendo a su contenido, los mapas se dividen en dos grandes grupos: mapas topográficos y mapas temáticos.

### a) Mapas Topográficos o básicos.

Sirven para determinar las medidas y configuraciones de una área geográfica. Con su auxilio, se puede calcular distancias y diferencias de nivel entre lugares, longitudes de caminos, la altura de cerros y montañas, etc. también es posible localizar pueblos, ciudades, casas aisladas, vías de comunicación, represas, puentes y demás obras humanas. Se puede conocer el curso de los ríos, la ubicación de bosques y zonas de cultivo, y en forma aproximada se puede calcular el volumen de algunas masas de agua, o el número de habitantes de una población. El objetivo de estos mapas es describir con precisión y riguroso detalle los accidentes topográficos conspicuos.

### b) Mapas Temáticos.

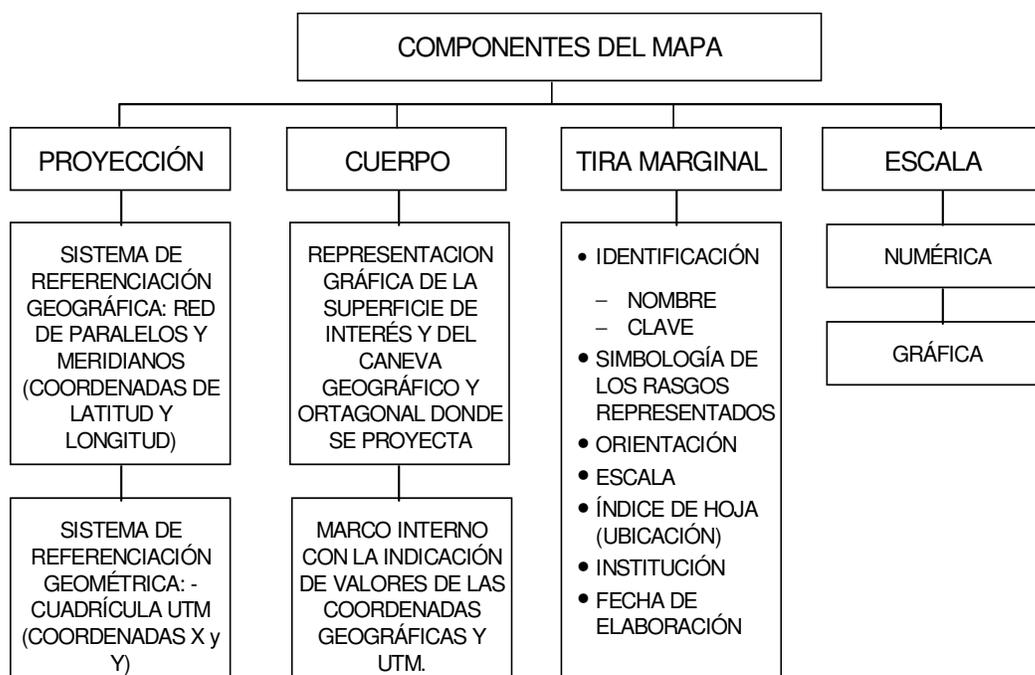
Tal como su nombre lo indica, están enfocados a temas específicos y por tanto el contenido de su información y sus objetivos están dirigidos al tema que se trate. Estos contienen una base topográfica simplificada, la cual contiene una ubicación.

La Cartografía Temática es tan extensa que ha sido necesario agruparla en grandes temas:

- Cartografía Náutica y Militar: Cartas de navegación, aeronáutica y de tácticas militares.
- Cartografía Física: Mapas geológicos, climáticos, fisiográficos, tectónicos y de oceanografía física.
- Cartografía Biológica: Mapas forestales, cinegéticos, flora y fauna, zoología marina, etc.
- Cartografía Humana: Mapas étnicos, lingüísticos, religiosos, socioeconómicos, turísticos, censales, etc.
- Cartografía Censal: Son los mapas en los que se representa el Marco Geoestadístico de un país, teniendo además información básica de rasgos naturales y culturales, con el objeto de relacionar la información estadística con los lugares geográficos correspondientes.

## 2. COMPONENTES DE UN MAPA

Una forma de interpretar el contenido de un mapa es analizándolo a través de sus componentes, los cuales se presentan en el esquema siguiente:



A continuación se analizarán los componentes más importantes de un mapa, incluyendo un subcapítulo sobre interpretación y uso de las cartas topográficas del INEGI, las cuales son las cartas a escala 1:250 000 y 1:50 000.

## **2.1 Proyecciones**

Siempre que se intenta representar a la Tierra, la cual tiene una forma aproximadamente esférica, sobre un plano, resulta obvio que es imposible hacerlo sin distorsión debido a la curvatura de la Tierra, por ejemplo, si se tomara la mitad de una cáscara de naranja y se intentara estirla o aplanarla, los bordes se romperían.

Para resolver el problema, se utiliza un sistema que relaciona los puntos sobre la superficie de la Tierra y los puntos dibujados sobre el mapa. A este sistema se le conoce con el nombre de proyección.

Una proyección es una transformación geométrica para trasladar la red de meridianos y paralelos de una esfera, sobre una superficie que puede convertirse en plana, tal como la cilíndrica o la cónica.

Toda proyección introduce deformaciones ya que es imposible transformar una superficie curva en plana sin hacerlo; las deformaciones pueden ser angulares, lineales o de área. Dependiendo del uso que se le vaya a dar al mapa, se tratará de eliminar alguna de las deformaciones antes mencionadas usando los siguientes tipos de proyecciones:

- Conforme
- Equidistante
- Equivalente

### ***Proyección conforme***

La característica de estas proyecciones es la conservación diferencial de los ángulos. Característica que puede indentificarse al observar que las líneas de gradícula se interceptan a 90°, aún a costa de distorsionar las líneas que unen dos puntos. Una consecuencia directa de lo anterior es que la superficie de cualquier polígono se distorsiona en dicho proceso.

### ***Proyección equidistante***

En este tipo de proyección las distancias entre puntos seleccionados se conservan sin deformación, en términos prácticos significa que el factor de escala es igual a la unidad.

### ***Proyección equivalente***

En este tipo de proyección se conservan las superficies del área representada, la escala será constante a lo largo de cualquier dirección, ya que la variación de la escala en una dirección compensa el cambio en otra dirección, por lo que no se alteran las áreas comprendidas entre los meridianos y los paralelos.

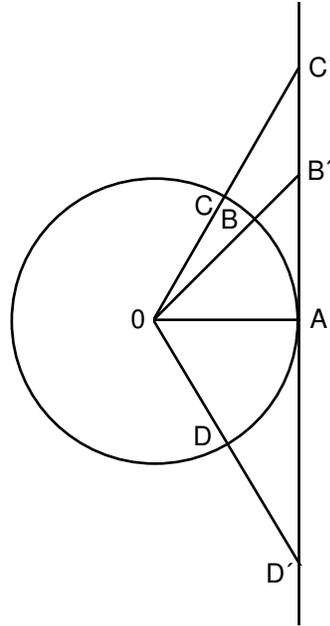
## **2.2 Clasificación de las proyecciones por tipo de superficie**

En resumen se puede decir que se utilizan como superficie de representación el plano, el cono, el cilindro y otros. De lo anterior la clasificación resultante es la siguiente:

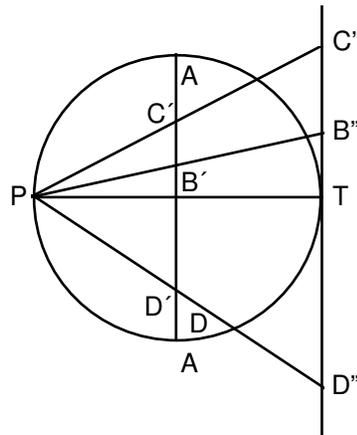
### ***Proyecciones planas***

Son aquellas donde la superficie de referencia es el plano. En este caso se subclasifican de acuerdo al punto de vista de la proyección. La subclasificación es la siguiente:

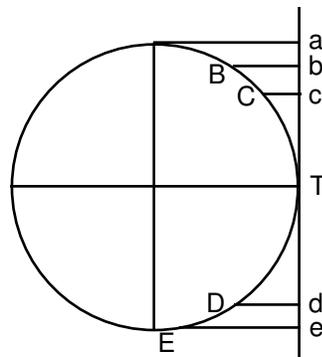
b) Gnomónica Esta tiene como punto de vista el centro de la tierra.



c) Estereográfica Esta tiene como punto de vista el punto diametral opuesto al punto de tangencia.



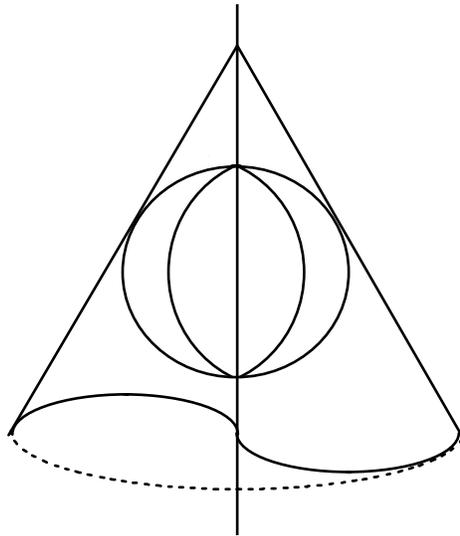
d) Ortográfica Se define así a las proyecciones acimutales que tienen como punto de vista el infinito.



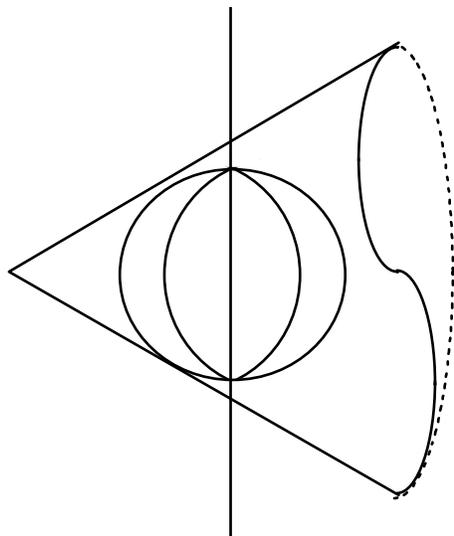
## ***Proyecciones cónicas***

Son aquellas en donde la superficie de referencia es el cono, y dependiendo de la posición del cono con respecto al eje de rotación de la tierra se dividen en:

- b) Normal                      Cuando el eje de simetría del cuerpo de referencia es coincidente con el eje de rotación de la tierra.

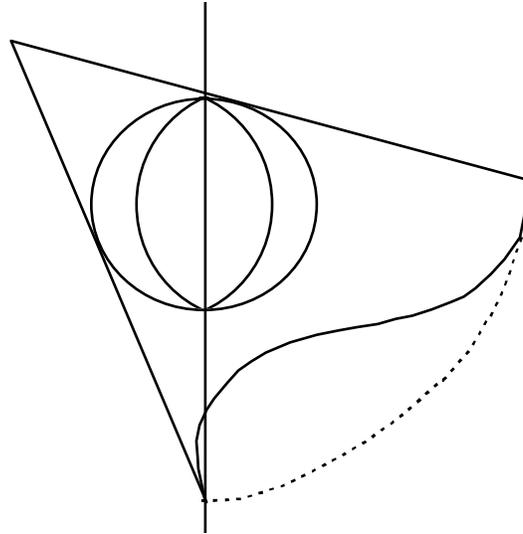


- c) Transversa                      Cuando el eje de simetría del cuerpo de referencia forma un ángulo recto con respecto al eje de rotación de la tierra.



d) Oblicua

Cuando no se cumple ninguno de los dos casos anteriores.

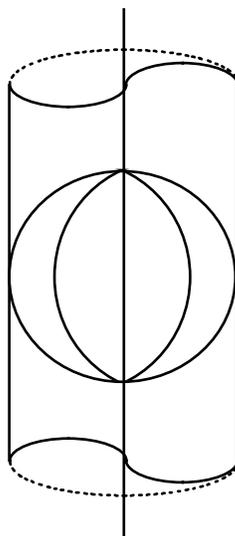


### ***Proyecciones cilíndricas***

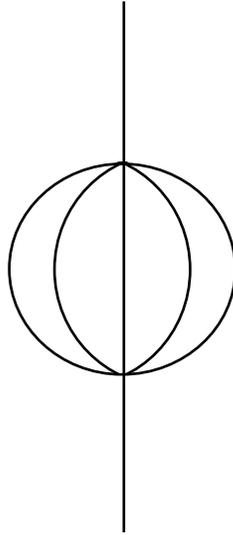
Son aquellas donde se utiliza al cilindro como superficie de proyección. De manera similar a las cónicas, este tipo de proyecciones pueden ser secantes o tangentes. En ésta se debe considerar la posición de la superficie de referencia con respecto al eje de rotación de la tierra, teniéndose así:

a) Normal

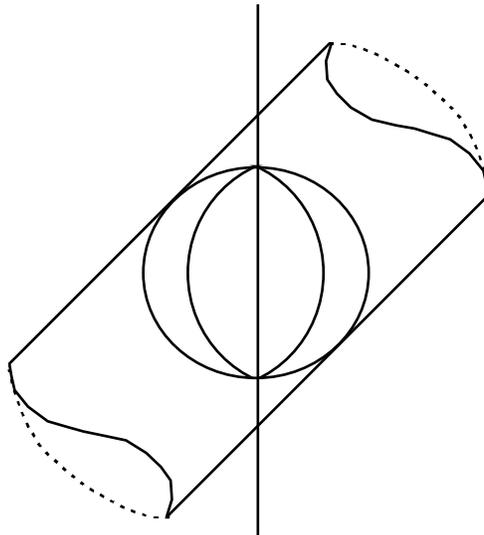
El eje de simetría del cuerpo de referencia es coincidente con el eje de rotación de la tierra.



- b) Transversa El eje de simetría del cuerpo de referencia forma un ángulo recto con respecto al eje de rotación de la tierra.



- c) Oblicua Cuando no se cumple ninguno de los dos casos anteriores.



### ***Proyecciones convencionales (otro tipo de superficies)***

Se hacen analíticamente sin intervención de las figuras mencionadas.

### **2.2 Proyección universal transversa de mercator (UTM)**

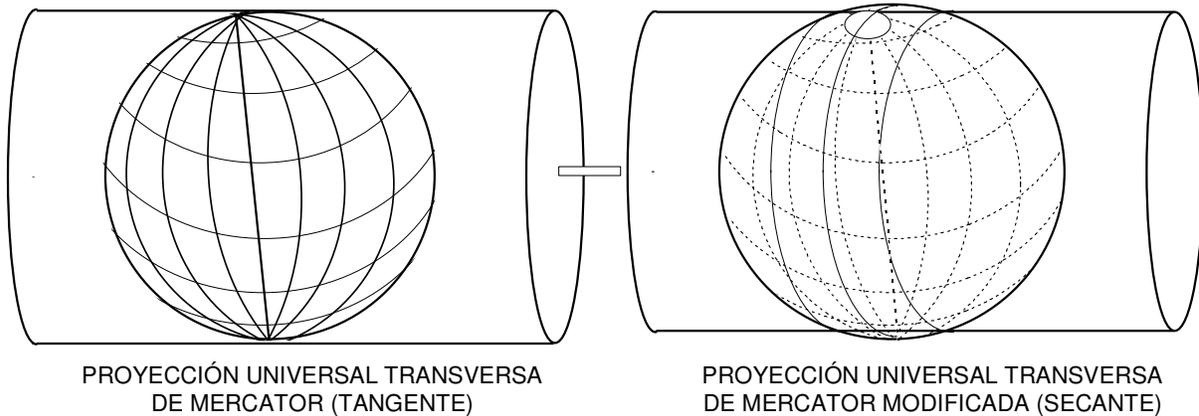
Es un sistema que se basa en la proyección de los elementos de la superficie terrestre, sobre un cilindro que la envuelve y cuyo eje es perpendicular (transverso) al eje terrestre ( $90^\circ$ ).

En esta proyección se conservan los ángulos de las coordenadas geográficas, al ser proyectadas sobre la cuadrícula regular (UTM) del cilindro al extenderse.

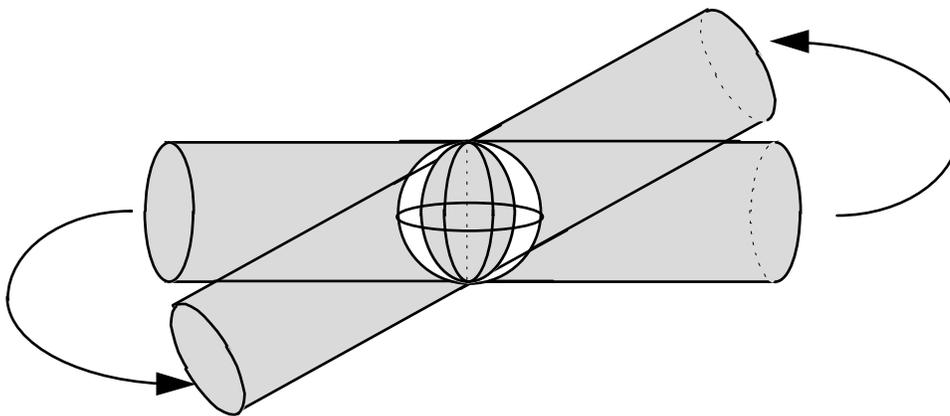
El INEGI y las instituciones cartográficas en México y en la mayor parte de los países del mundo, utilizan esta proyección para elaborar los productos cartográficos a escalas 1:250 000, 1:50 000 y mayores, de ahí su nombre de Universal.

Es una proyección conforme, ya que conserva forma y ángulos. Fue modificada en su condición de tangente para convertirla en secante.

Las siguientes figuras esquematizan el cilindro envolvente en su condición tangente y secante.



El cilindro es secante, o sea que corta la superficie terrestre en dos puntos separados  $6^\circ$ , por lo que la representación total de la Tierra se obtiene girando este cilindro cada  $6^\circ$  de W a E, a modo de ir trazando, en la parte central del cilindro, cada una de las 60 zonas que resultan de la esfera terrestre (husos meridianos).

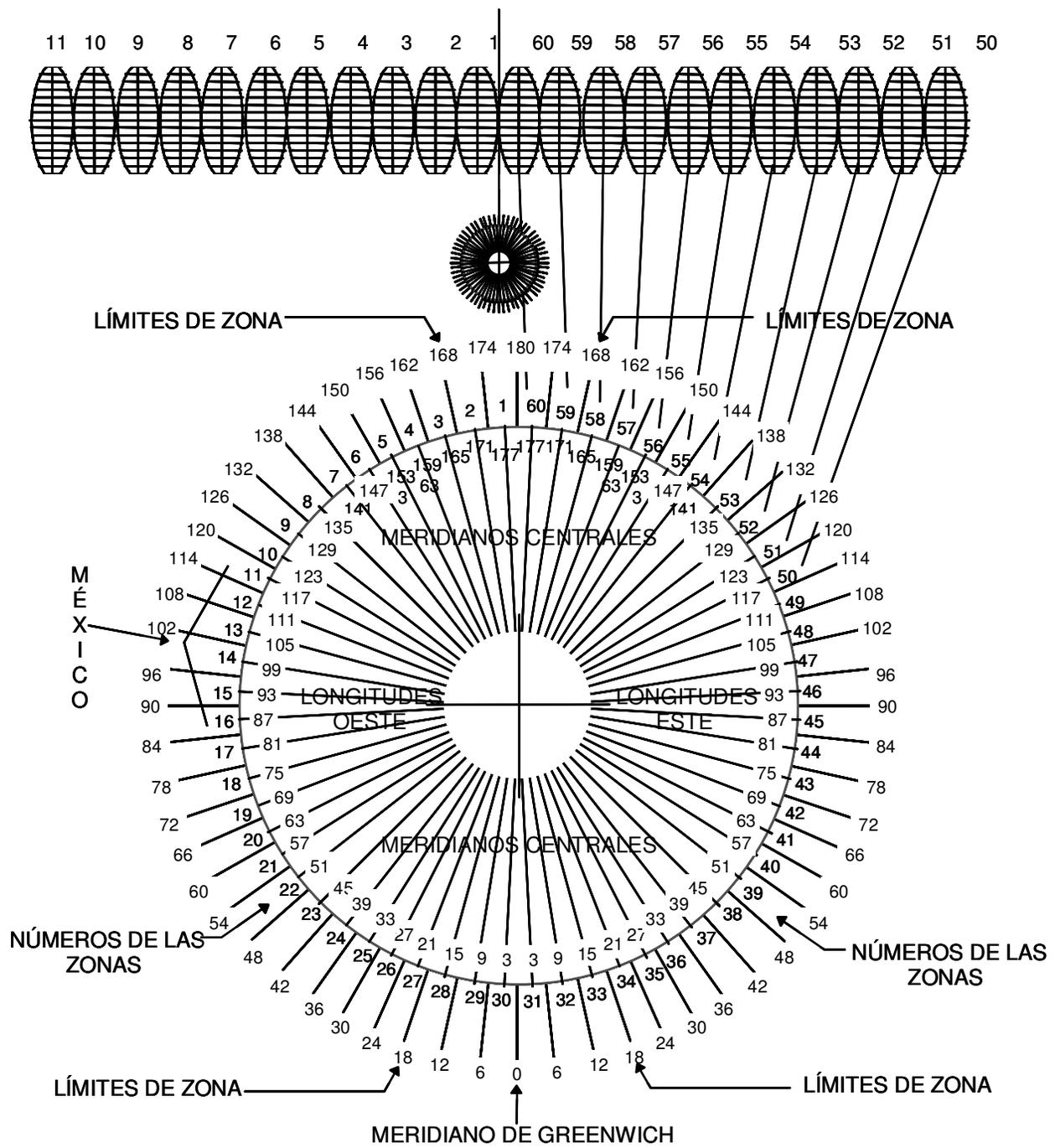


Las 60 zonas se empiezan a contar hacia el este, a partir del meridiano de  $180^\circ$  de longitud (Antimeridiano de Greenwich).

México queda comprendido entre los husos 11 y 16.

Cada zona o huso es controlado por un meridiano central; para la República Mexicana se utilizan los meridianos centrales al oeste de Greenwich de:  $87^\circ$ ,  $93^\circ$ ,  $99^\circ$ ,  $105^\circ$ ,  $111^\circ$  y  $117^\circ$ .

En la siguiente figura se muestran las 60 zonas en que se divide la Tierra para los fines de esta proyección, los meridianos que las limitan, sus meridianos centrales y su posición con respecto al meridiano de Greenwich.

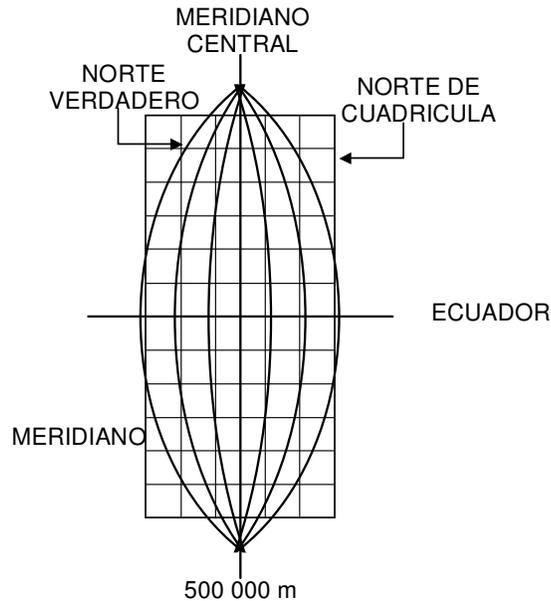


**TODAS LAS ZONAS DE 1 HASTA 60 EN EL SISTEMA UTM SON IGUALES**

**Figura 2. Las 60 zonas en que se ha dividido la Tierra, los meridianos que las limitan, los meridianos centrales de cada una y la posición de estas zonas con respecto al Meridiano de Greenwich.**

El cilindro al extenderse origina una cuadrícula de líneas horizontales y verticales, uniformemente espaciadas formando cuadros perfectos, sobre la cual se proyectan los husos meridianos de la esfera terrestre.





USO MERIDIANO DE 6° Y ZONA DE CUADRICULA UTM DONDE SE PROYECTA

En las cartas topográficas 1:50 000 de Instituto, la cuadrícula está representada con cuadros de 1 Km. (2 cm) o de 5 Km. (10 cm) de lado y la gradícula con cruces de aproximadamente 7 mm las cuales se presentan cada 2' 30".

Se puede observar la convergencia de cuadrícula entre ambas.

El área representada en cada carta topográfica está delimitada por paralelos y meridianos por lo cual sus dimensiones son de 15' x 20', y sus dimensiones en centímetros son ligeramente mayores en el límite inferior que en el superior, debido a la convergencia de los meridianos.

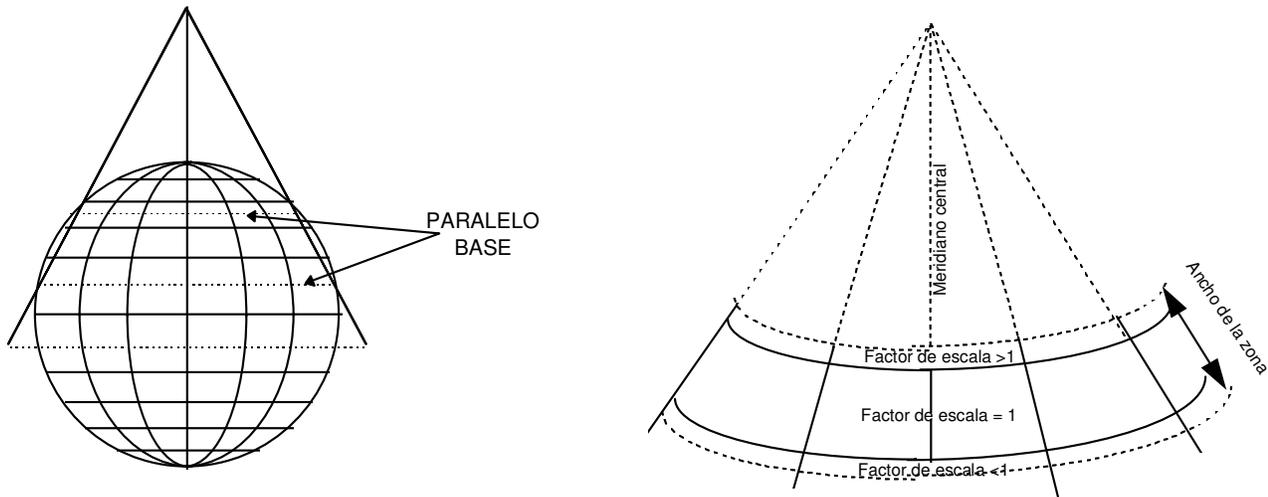
Los fotomapas también están delimitados por paralelos y meridianos.

## 2.4 Proyección cónica conforme de Lambert

La proyección Cónica Conforme de Lambert es el otro sistema de proyección empleado en el Instituto, con dos paralelos tipo, se utiliza para las cartas de escala pequeña, que representan grandes porciones o la totalidad de la República Mexicana (1:1 000 000).

Las características más importantes de esta proyección son las siguientes:

- El factor de escala es constante en los paralelos base, decreciendo en el área que está comprendida entre estos y aumentando al alejarse de ellos
- Los paralelos son círculos concéntricos, espaciados de manera tal que la distancia entre estos es menor al centro del mapa
- Los meridianos son radios de los círculos anteriores y cortan a los paralelos en ángulos rectos
- En una proyección secante normal
- Por sus características de uso es adecuado para la representación de áreas que se entienden de Este a Oeste con poca variación en latitud



## PROYECCIÓN CÓNICA CONFORME DE LAMBERT

### 2.5 Contenido del mapa

La información representada en un mapa, generalmente está distribuida en cualquiera de los siguientes elementos:

- Cuerpo del mapa
- Tira marginal
- Los márgenes interior y exterior



El formato del mapa (tamaño y distribución de los elementos), está en función de la escala del mismo y la superficie a representar.

### 2.6 El cuerpo del mapa

El cuerpo del mapa se encuentra separado de la tira marginal y está constituido por la superficie del terreno representada mediante símbolos convencionales que sustituyen los rasgos naturales y culturales existentes en el mismo.

Aquí también se localizan los sistemas de referencia necesarios para la correcta ubicación de los elementos representados. (Coordenadas geográficas y UTM).

Los sistemas de referencia pueden ser geográficos y ortogonales.

## ***Canevá geográfico***

El canevá geográfico o gradícula constituye el sistema de referencia geográfico y consiste en un sistema de coordenadas representadas en el mapa por una red de líneas o cruces, de las que un grupo de éstas representa los paralelos de latitud y la otra los meridianos de longitud.

La localización de un punto está dada por latitud y longitud.

La latitud de un punto de la superficie terrestre es el arco de meridiano expresado en grados, entre el Ecuador y dicho punto (oscila de 0° en el Ecuador a 90°, en los polos N o S).

La longitud es el arco de paralelo medido en grados, entre el Meridiano de Greenwich y un punto cualquiera en la superficie (oscila de 0° a 180° hacia el Este).

Para complementar la localización tridimensional de un punto sobre la superficie terrestre se utiliza la altitud. Esta se define como la distancia en metros de un punto con respecto al nivel medio del mar.

## ***Canevá ortogonal***

El canevá ortogonal también conocido como cuadrícula UTM constituye el sistema de referencia rectangular. La cuadrícula de un mapa es un sistema de líneas rectas que se interceptan perpendicularmente.

Es una forma de definir posiciones sobre el terreno, mediante distancias medidas sobre una superficie plana que corresponde a una porción de la superficie terrestre. La cuadrícula tiene su base en una proyección determinada y satisface las reglas siguientes:

- 1) El origen de la cuadrícula se define como un punto particular sobre la superficie terrestre. (En la proyección *UTM* el origen de la cuadrícula es independiente para cada huso y corresponde a la intersección entre el Meridiano Central y el Ecuador).
- 2) En el acostumbrado sistema coordenado rectangular la distancia horizontal corresponde al valor del eje X o de las abscisas y la distancia perpendicular a la abscisa se designa como el valor del eje Y u ordenada.

## **2.7 Tira marginal**

En la tira marginal están inscritas las anotaciones que tienen por objeto referenciar la simbología y los métodos utilizados para la construcción del mapa, diagrama de declinación, diagrama de orientación geográfica, valores de cuadrícula del sistema de meridianos y de paralelos, índice de cartas adyacentes o conexas, escala gráfica y numérica, así como también el sello, la identificación del mapa donde se consignan datos de la autoridad responsable, fecha, tema, etc.

En los mapas se usan símbolos para representar y ubicar detalles naturales y culturales. En los mapas catastrales se emplean símbolos para mostrar datos de ubicación, colindancia y dimensiones. El número y tipo de detalles así como las clases de símbolos usados, dependerán de los propósitos para los cuales se preparó el mapa y la escala a la cual deberá ser reproducido.

A pesar de que cada mapa debe tener una leyenda (lista descriptiva de los símbolos usados) un buen símbolo cartográfico es aquel que puede interpretarse sin necesidad de una leyenda y se dibuja de tal forma que se parezca en algo al detalle real sobre el terreno; por ejemplo, una línea con pequeños travesaños indica un ferrocarril; o una cruz sobre un cuadro negro indica un templo o una iglesia. La identificación rápida y fácil de un símbolo es una ventaja ya que disminuye las incidencias de error y proporciona al lector más inexperto de un mapa, una guía que puede comprender fácilmente.



## 2.6 Escala

La escala es la relación existente entre la distancia real y la representada en el mapa. Generalmente se representa mediante una escala gráfica o de manera numérica. En este último caso la notación se expresa como una relación (1:50 000) o una fracción  $\frac{1}{50\,000}$ , lo que significa que una unidad de medida en la carta, 1 cm por ejemplo, representa 50 000 cm en el terreno, esto es 500 m; en este caso se dice que la escala es *uno a cincuenta mil*.

Con este sistema resulta que la escala más pequeña es aquella cuyo denominador es mayor, ya que implica una fracción menor:

Por ejemplo:

$$\frac{1}{10} < \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{2} > \frac{1}{8}$$

$$\frac{1}{10\,000} > \frac{1}{50\,000}$$

$$\frac{1}{50\,000} > \frac{1}{100\,000}$$

$$\frac{1}{250\,000} < \frac{1}{100\,000}$$

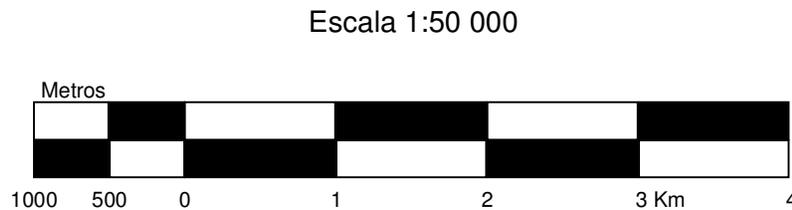
En la siguiente tabla se observan las extensiones representadas por un centímetro en mapas a distinta escala y cuanto mide 1 km. en los mismos:

En un mapa escala:	1 cm representa:	1 km. está representado en el mapa por:
1:250 000	250 000 cm = 2500 m = 2.5 km.	4 mm  1 km.
1:100 000	100 000 cm = 1000 m = 1 km.	1 cm  1 km.
1:50 000	50 000 cm = 500 m = 0.5 km.	2 cm  1 km.
1:20 000	20 000 cm = 200 m = 0.2 km.	5 cm  1 Km
1:10 000	10 000 cm = 100 m = 0.1 km.	10 cm
1:4 000	4 000 cm = 40 m = 0.04 km.	25 cm
1:1 000	1 000 cm = 10 m = 0.01 km.	100 cm

De lo anterior se puede concluir que entre más pequeña sea la escala de un mapa, los rasgos representados son de menor tamaño y conforme aumenta la escala aumenta la dimensión de los mismos, aunque la superficie representada disminuye.

Para simplificar la obtención de medidas sobre las cartas, se incluye una escala gráfica, que es una línea dividida en partes iguales que corresponden a longitudes específicas (unitarias). La parte izquierda está seccionada en submúltiplos de la unidad considerada.

Ejemplo:



La escala gráfica se usa como escalímetro para medir las distancias en el mapa y la extensión se usa para mayor precisión. La escala gráfica a diferencia de la numérica, tiene la particularidad de permanecer siempre constante en forma relativa al mapa a pesar de las reducciones o ampliaciones a que éste sea sometido.

Por ejemplo, si un mapa a escala 1:250 000, es reducido al 50%, el producto será de escala 1:500 000, siendo también acortada a la mitad la indicación de escala gráfica, la relación mapa-escala se conserva en longitud, aunque en superficie se reduce a la cuarta parte. Sin embargo, la indicación numérica 1:250 000 del mapa original es obviamente conservada en el producto, lo cual confundirá al lector si no sabe que se trata de una reducción.

Considerando entonces la idea de la relación que existe entre una unidad en el mapa y su equivalente en el terreno, con la expresión descrita a continuación, se puede obtener cualquiera de sus elementos:

$$\frac{1}{E} = \frac{dm}{DT}$$

Donde:

$$\frac{1}{E} = \text{Módulo de escala}$$

dm = Distancia en el mapa

DT = Distancia en el terreno

Para obtener el valor de cualquiera de los tres elementos básicos, (Esc; dm y DT) se deberán conocer los valores de los dos restantes y efectuar las operaciones de una regla de tres simple.

Ejemplos:

1. Obtención de distancia en el terreno:

Valores conocidos:

Esc. = 1:20 000

dm = 5.3 cm

- Sustituyendo valores en la fórmula:

$$\frac{1}{\text{ESC}} : \frac{\text{dm}}{\text{DT}}$$

$$\frac{1}{20000} : \frac{5.3}{\text{DT}}$$

$$\text{DT} = \frac{20\,000 \text{ cm} \times 5.3 \text{ cm}}{1}$$

$$\text{DT} = 20\,000 \times 5.3$$

$$\text{DT} = 106\,000 \text{ cm}$$

$$\text{DT} = 1\,060 \text{ m}$$

$$\text{DT} = 1.06 \text{ Km.}$$

## 2. Obtención de la distancia en el mapa:

- Valores conocidos:

$$\text{Esc.} = 1 : 20\,000$$

$$\text{DT} = 1\,060 \text{ m}$$

$$\text{DT} = 1.06 \text{ Km.}$$

- Sustituyendo valores en la fórmula:

$$\frac{1}{20\,000} : \frac{\text{dm}}{1\,060}$$

$$\text{dm} = \frac{1\,060 \text{ m} \times 1}{20\,000 \text{ cm}}$$

$$\text{dm} = \frac{106\,000 \text{ cm}}{20\,000 \text{ cm}}$$

$$\text{dm} = 5.3 \text{ cm}$$

## 3. Obtención de la escala del mapa.

- Valores conocidos:

$$\text{dm} = 5.3 \text{ cm}$$

$$\text{DT} = 1060 \text{ m}$$

- Sustituyendo valores en la fórmula:

$$\frac{1}{\text{ESC}} \cdot \frac{5.3}{1\ 060} = \frac{1\ 060 \times 1}{5.3}$$

$$\text{ESC} = \frac{1\ 060\text{m}}{5.3\text{cm}}$$

$$\text{ESC} = \frac{106\ 000\text{cm}}{5.3\text{cm}}$$

$$\text{ESC} = 20\ 000$$

$$\frac{1}{\text{ESC}} = \frac{1}{20\ 000}$$

∴ Escala = 1:20 000

### 3. INTERPRETACIÓN Y USO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

#### 3.1 Nomenclatura de las cartas

La identificación de una carta puede hacerse por su nombre y el Estado al que pertenece, sin embargo esto resulta incompleto y ambiguo en muchas de las ocasiones. Para las cartas de INEGI se emplea, además, una clave que está basada y relacionada con sistemas internacionales de formato, distribución y nomenclatura.

En las cartas topográficas 1:250 000 y 1:50 000, la subdivisión, el formato y la nomenclatura, están íntimamente relacionadas con el sistema de proyección utilizado (Universal Transversa de Mercator):

#### **Cartas 1:250 000**

Partiendo del meridiano 180° y en el sentido este tenemos 60 husos de 6° cada uno, numerados del 1 al 60, y del Ecuador hacia el norte tenemos bandas transversales de 4° cada una, clasificados de la letra A en adelante. Así, el primer carácter alfabético, indica la faja o banda transversal y los demás dígitos nos indican el huso de que se trata. Para el caso de la República Mexicana, ésta queda comprendida entre las fajas D a la I y los husos 11 al 16.

Para las cartas 1:250 000 tendremos uno o dos dígitos más, del 1 al 12, para conocer su ubicación; el número total de hojas que cubren la República Mexicana es de 126 con un formato de 1° x 2°, en donde 1 cm en la carta representa 2.5 km. en el terreno y cubre aproximadamente 24 000 km<sup>2</sup>.

Así pues, la nomenclatura de las cartas 1:250 000 se forma de la siguiente manera:

Ejemplo F13-2

Faja = carácter alfanumérico F

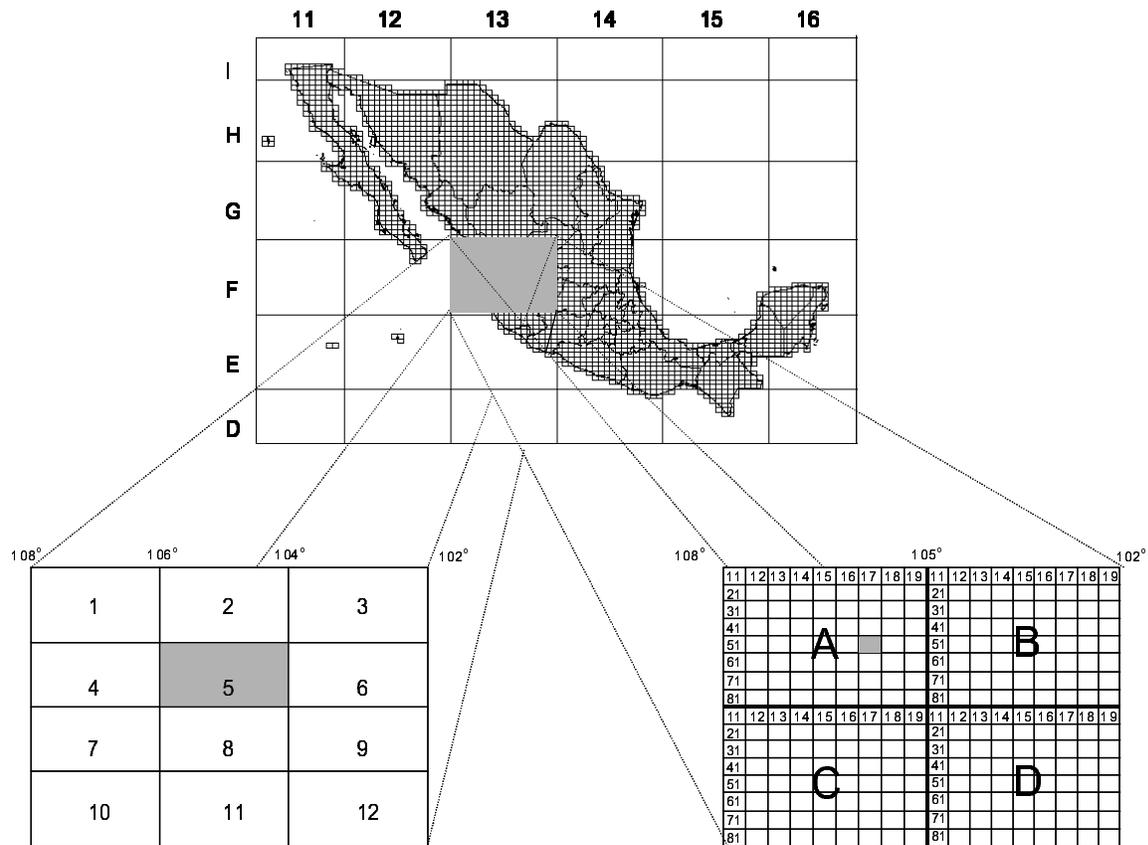
Huso = dos dígitos 13

Cuadrante = uno o dos dígitos del 1 al 12

#### **Cartas 1:50 000**

El cubrimiento territorial de la República Mexicana a escala 1:50 000 se logra con un total de 2,370 cartas en formato de 15' x 20'. Para la identificación de estas cartas agregamos tres caracteres a los mencionados anteriormente; el primero es alfabético A, B, C, o D y resulta de los cuatro cuadrantes en que se divide la región definida por los tres primeros caracteres que corresponden a la faja o banda transversal y el huso y los dos siguientes son dos dígitos, que nos indican el renglón (1 al 8) y la columna (1 al 9) en que se ha subdividido cada cuadrante.

Esta figura muestra las divisiones que son necesarias realizar para obtener las cartas 1:250 000 y 1:50 000.



CLAVE DE LA CARTA TOPOGRÁFICA

1:250 000

EJEMPLO: F 13-5

CLAVE DE LA CARTA TOPOGRÁFICA

1:50 000

EJEMPLO: F 13 A 57

### 3.2 Orientación

La palabra orientación proviene del vocablo oriente, lugar por donde sale el sol.

Para orientar una carta se debe colocar el lado derecho de la misma hacia donde sale el sol y el norte quedará automáticamente hacia la parte superior de la carta.

Una carta está orientada cuando en posición horizontal, el norte de la carta coincide con el norte geográfico, esto es, cuando existe correspondencia en la posición de los elementos del terreno y el mapa.

Cuando se desconoce el lugar por donde sale el sol, la orientación se logra fácilmente cuando el usuario conoce su posición sobre la carta y desde ella observa otro punto que puede identificar en ésta; basta entonces con girar la carta hasta que la línea que une los puntos identificados sobre ella, coincidan con la visual al punto observado.

#### ***Tipos de Norte***

En la cartografía de INEGI se hacen referencia a 3 Nortes:

- ☑ Norte geográfico. Punto donde convergen los meridianos.
- ☑ Norte magnético. Lugar hacia donde apunta la brújula.
- ☑ Norte cuadricular. Dirección de las rectas de abscisa constante de la cuadrícula UTM.

### ***Declinación magnética***

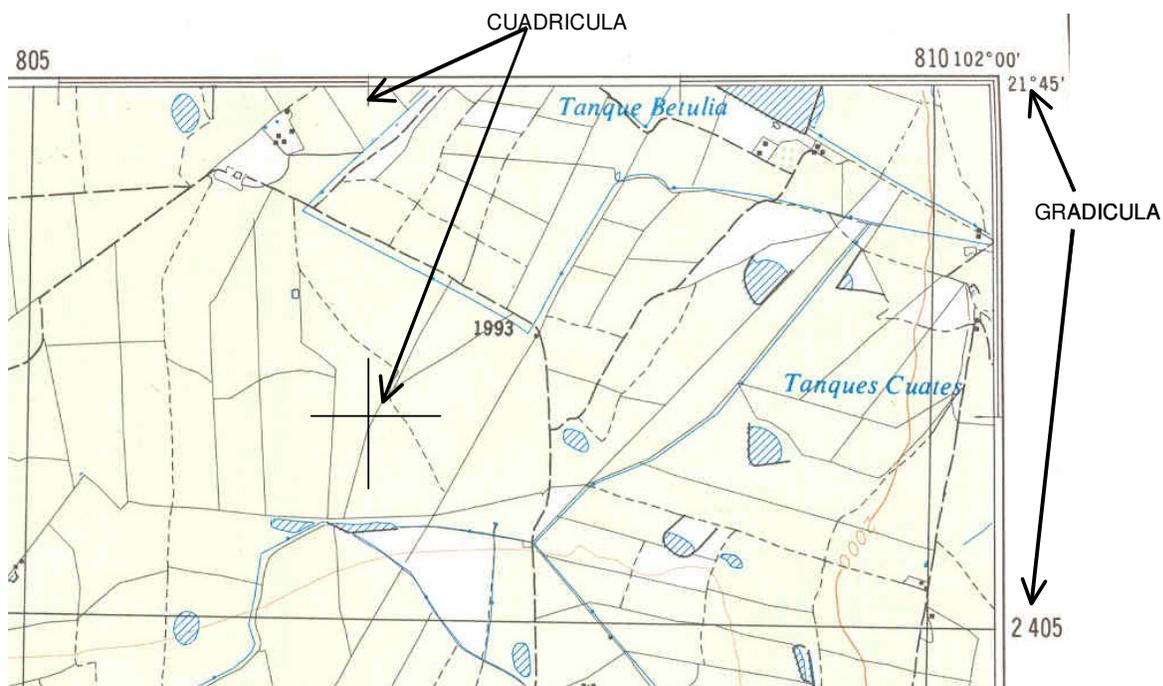
Es el ángulo que existe entre el norte geográfico (norte verdadero) y al norte magnético (punto que reconoce la brújula magnética). Esta información varía año con año.

### ***Convergencia de cuadrícula***

Es el ángulo que forman los meridianos y las rectas de abscisa constante de la cuadrícula UTM.

### **3.3 Ubicación de puntos y obtención de coordenadas**

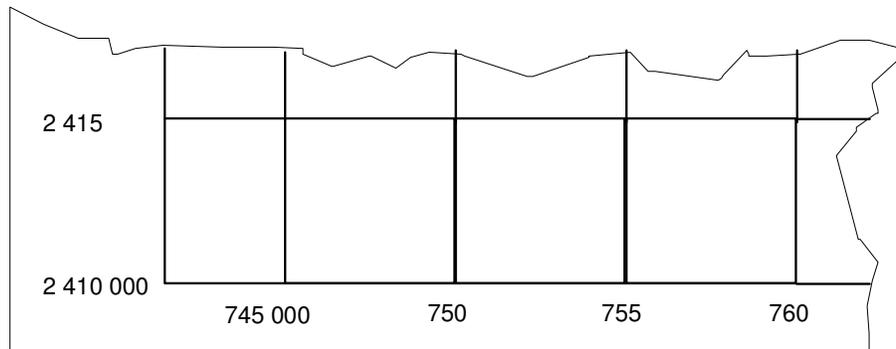
Como ya se explicó, los mapas o cartas tienen un sistema de coordenadas con referencia a la Tierra (canevá geográfico), que está dado en grados, minutos y segundos (sistema sexagesimal), además de una cuadrícula que cuenta con dos ejes perpendiculares entre sí, denominados eje X (abscisas) y eje Y (ordenadas) que conforman la cuadrícula ortogonal, la cual está dada en metros (sistema decimal). Mediante estos sistemas de referencia podemos ubicar puntos y obtener sus coordenadas.



Para determinar las coordenadas geográficas de un punto, tendremos que referirnos a los márgenes del mapa en la carta 1:50 000, donde se indican los valores de latitud y longitud cada 5' y existen subdivisiones en cada minuto, además, en el cuerpo del mapa están representados con una cruz cada 2'30".

La longitud de un punto se determina sumando al valor de la longitud más próxima que se localiza al Este (derecha) del punto en cuestión, los minutos que le suceden de este a oeste. Para la latitud se procede en forma similar tomando como base el paralelo más próximo al punto, que se localice hacia el sur, al cual se le suman los minutos que le suceden hacia el norte.

La ubicación de un punto en la carta, puede determinarse también con base en la cuadrícula UTM, la cual está representada en la carta 1:50 000 en cuadros de 1 a 5 kilómetros y cuyos valores X, Y, están indicados en los márgenes de la carta; en ocasiones expresados en metros en la esquina inferior izquierda y el resto en km.



Las líneas horizontales están rotuladas con el valor de sus distancias al Ecuador en metros (coordenadas Y); el valor para el caso de la República Mexicana, varía de 1 618 000m, en el Sur a 3 622 000m en el norte. Las líneas verticales (coordenadas X) se miden desde un origen diferente para cada zona; este origen es la línea que coincide con el meridiano central de cada huso o zona de 6°, a la cual se le asigna un valor convencional de 500 000 m; esto implica que las líneas al oeste del meridiano central tienen un valor menor de 500 000 m, y las que se encuentran al este tendrán un valor mayor.

Por otro lado, conociendo las coordenadas geográficas o las coordenadas UTM de un punto podemos determinar su ubicación en la carta mediante la lectura de éstas en los márgenes.

### 3.4 Determinación de la altitud de un punto

Una curva de nivel es una línea que une todos los puntos que tienen la misma altura sobre el nivel del mar.

En las cartas topográficas se incluyen las curvas de nivel, que representan el relieve del terreno simbolizado. Con objeto de dibujar las curvas de nivel sobre el mapa o carta, se considera una determinada equidistancia entre curvas, la cual se refiere a la diferencia de altitud entre dos curvas consecutivas. La equidistancia fijada para las curvas de nivel depende de la escala del mapa y de la pendiente del terreno; en la escala 1:50 000 las equidistancias usadas son de 10, 20 y 40 metros para terrenos planos, accidentados y muy escabrosos, respectivamente. Para la carta 1:250 000, se usan equidistancias de 20, 50 y 100 metros.

#### **Curvas de nivel**

##### a) Curvas de nivel maestras

Tienen asignado un número (cota de altitud) y sirven para conocer la altura del terreno con respecto al nivel medio del mar. Además, se dibujan con trazos más gruesos y oscuros que las otras.

##### b) Curvas de nivel ordinarias

Se encuentran ubicadas entre las curvas de nivel maestras con el objeto de determinar valores intermedios. Se dibujan con líneas más delgadas y claras.

### c) Curvas auxiliares

Son las que se utilizan principalmente en terrenos planos para mostrar formaciones topográficas de importancia y se ubican a media equidistancia entre las curvas de nivel ordinarias.

La altitud de un punto se calcula a partir de las curvas de nivel. Una forma aproximada de obtenerla es sumando a la cota de la curva de nivel inferior (la de menor altitud) más cercana al punto en cuestión, el valor de la mitad de la equidistancia que existe entre ella y la del nivel siguiente (la de más altitud) según la fórmula:

$$A = ma + eq/2$$

Donde:

A= altura del punto

ma = menor altura (altura de la curva inferior)

eq = equidistancia de las curvas de nivel

Ejemplo:

$$A = 1\,970 + (10/2) = 1\,975 \text{ m}$$

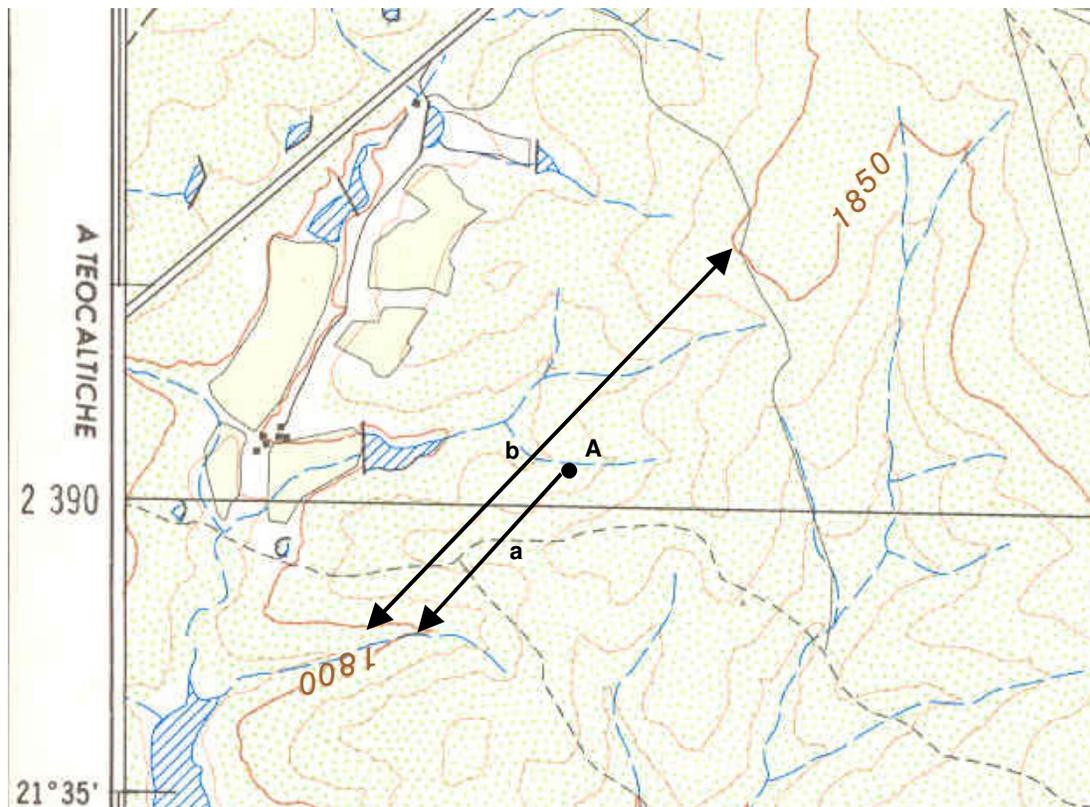
Otra forma de proceder y con la que se puede obtener una mayor aproximación, consiste en sumar a la cota de la curva inferior, el número de metros que resultan de multiplicar la equidistancia de las curvas de nivel por la relación de distancias. Donde (a) es la distancia entre el punto y la curva de nivel inferior, y (b) la distancia entre las dos curvas en que queda comprendido el punto (mídase con reglas graduadas).

$$A = ma + \frac{a}{b} \times 10$$

Ejemplo: En la siguiente figura la distancia de (a) = 4 y la de (b) = 7. Mediante el procedimiento descrito, la altura del punto anterior resulta ser:

$$A = 1\,970 + \frac{(4)}{7} \times 10$$

$$A = 1\,970 + 5.71 = 1\,975.71$$



Determinación de la altitud de un punto  
(Punto A)

### 3.5 Obtención de distancias horizontales en un mapa

La manera más sencilla de medir distancias en la carta es usando un escalímetro o una regla graduada y considerando la distancia que en el terreno, representa un centímetro en el mapa.

Por ejemplo si en un mapa 1:50 000 la distancia entre dos puntos es de 8 cm y conociendo que 1 cm equivale a 500 m en el terreno, 8 cm serán igual a 4 km.

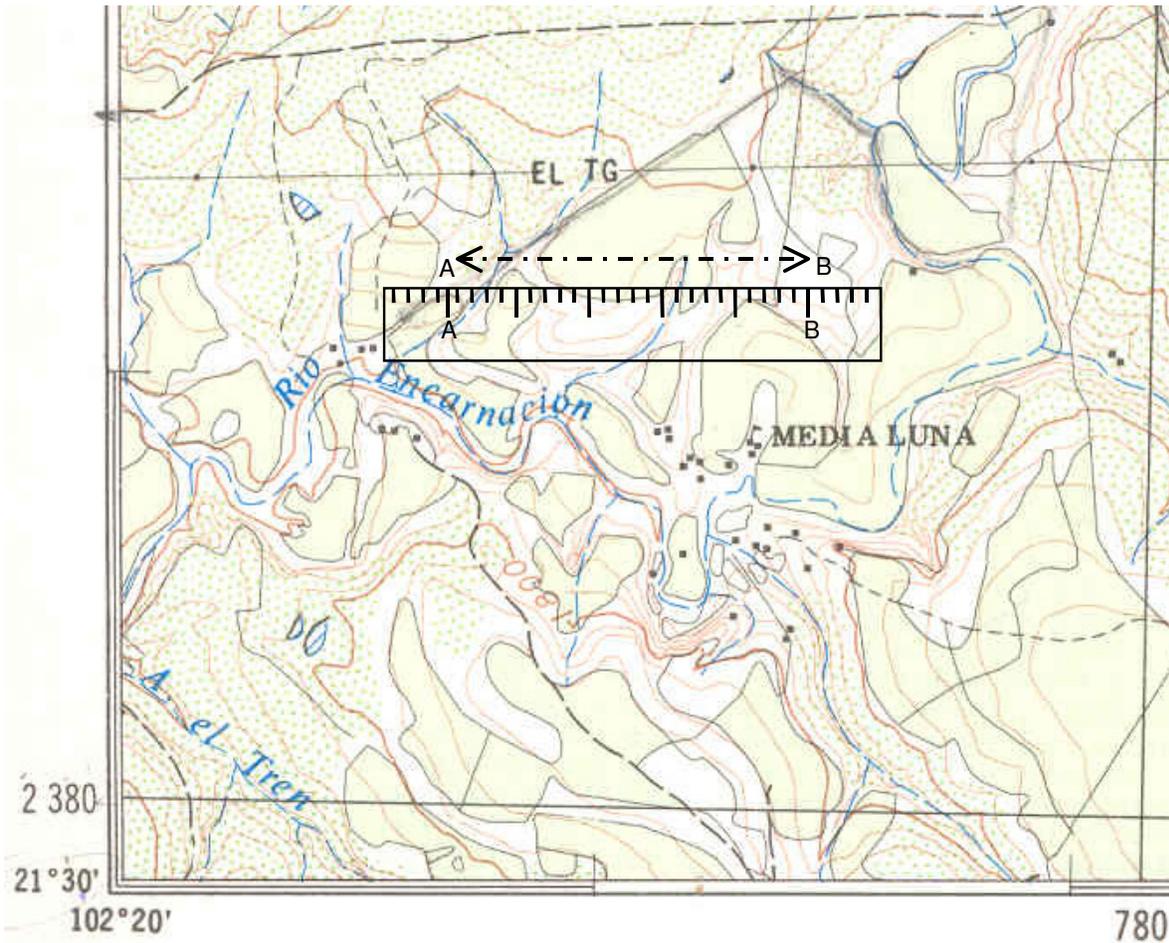
También se puede obtener proyectando la distancia o distancias parciales sobre el borde recto de una hoja de papel en el caso de una línea discontinua y midiendo luego la longitud total resultante, sobre la escala gráfica o con una regla graduada.

En la siguiente figura, la distancia en el mapa entre los puntos A y B es de 4.7 cm; si cada centímetro equivale a 500 m tenemos que en una carta 1:50 000:

$$\text{Dist A - B} = 4.7 \text{ cm} \times 500 \text{ m}$$

$$\text{Dist A - B} = 2\,350 \text{ m}$$

$$\text{Dist A - B} = 2.35 \text{ Km.}$$



Obtención de una distancia horizontal en un mapa

Cuando los puntos terminales de la distancia que deseamos calcular no se encuentran a la misma altura, este valor no es suficiente. En tal caso, necesitamos obtener la diferencia del nivel entre los puntos finales y aplicando el Teorema de Pitágoras, obtenemos la distancia real.

Distancia AB = 1 850 m

Diferencia de altitud entre A y B = 550 m

$$\text{Distancia real} = \sqrt{(1\ 850)^2 + (550)^2} = 1\ 930.03\ \text{m}$$

### 3.6 Cálculo de pendientes

La pendiente entre dos puntos se define como la relación entre la diferencia de altitud de estos dos puntos y la distancia horizontal que guardan entre sí.

Una pendiente de 100% significa una diferencia de alturas de 10 m. por una distancia horizontal de 10 m.

$$P = \frac{A - B \times 100}{\text{dist. AB}}$$

Donde: P = pendiente

A-B = diferencia de alturas

dist. AB = distancia horizontal

Ejemplo:

$$P = \frac{295 \times 100}{2\ 860} = 10.3\%$$

El valor de la pendiente en grados se obtiene recurriendo a funciones trigonométricas; recordando que el ángulo de la pendiente es el arco tangente del valor obtenido de la relación entre la diferencia de alturas y la distancia horizontal.

### 3.7 Obtención de áreas en un mapa

Es muy frecuente la necesidad de determinar qué área tiene cierta porción de la superficie terrestre representada en un mapa.

El caso más sencillo, pero raramente encontrado, es cuando la zona por medirse es de forma geométrica regular. En este caso, el cálculo se hace a partir de tomar una o varias distancias y aplicar la fórmula geométrica de cálculo de área (ya sea la de un cuadrado, triángulo, rectángulo, etc.) y efectuar la operación que corresponda en función de la escala del mapa.

Ejemplo: Si el área tiene una forma claramente rectangular en un mapa a escala 1:40 000, se mide con una regla graduada un lado mayor y un lado menor y se aplica la escala y la fórmula correspondiente para calcular su área (área = base x altura).

Dimensiones en el mapa.

Lado mayor = 13.8 cm. = base

Lado menor = 6.3 cm. = altura

Aplicando la escala

13.8 cm. x 40 000 = 552 000 cm. = 5 520 m.

6.3 cm. x 40 000 = 252 000 cm. = 2 520 m.

Área en el terreno = 5 520 m. x 2 520 m.  
= 13 910 400 m<sup>2</sup>  
= 1 391.04 ha.

Sin embargo, generalmente la superficie a medirse resulta ser de forma irregular, por lo que se hace necesario seguir el procedimiento denominado método de cuadrados.

La precisión de este método varía según la escala del mapa y el tamaño de los cuadrados, mientras más grande sea la escala y más pequeño sea el cuadrado, más precisa resultará la medición. El área de los cuadrados debe tener una relación conveniente con la escala del mapa. Es indispensable que el mapa cuente con una escala, de lo contrario tendrá que determinarse una escala aproximada.

Es recomendable elaborar cuadrículas que correspondan a extensiones de 1 km. por lado, ya que cubren una superficie de 100 ha cada uno (o la cuarta parte de ellos, 25 ha.). En ocasiones, la cuadrícula UTM de la carta 1:50 000 tiene 1 Km. por lado, lo que facilita la obtención de áreas en ésta.

	1	2	3	4	5	6					
	7	8	9	10	11	12	13				
	14	15	16	17	18	19	20	21			
	22	23	24	25	26	27	28	29			
	30	31	32	33	34	35	36	37			
		38	39	40	41	42	43	44			
		45	46	47	48	49	50	51			
		52	53	54	55	56	57	58			

#### Método de cuadrados para la obtención de áreas en un mapa

##### Procedimiento:

- 1º. Se cuadrícula el área de manera uniforme, ya sea de la cuadrícula UTM existente, una establecida con plantilla o, si es posible, un trazo directo en el mapa
- 2º. Se cuentan los cuadros incluidos dentro del área. Si el área incluye más de la mitad de un cuadrado, se cuenta el cuadrado completo; si es menos de la mitad no se incluye
- 3º. Una vez determinada, según la escala, la superficie real en terreno que comprende cada cuadrado, ésta se multiplica por el número de cuadros contados en el área a medirse.

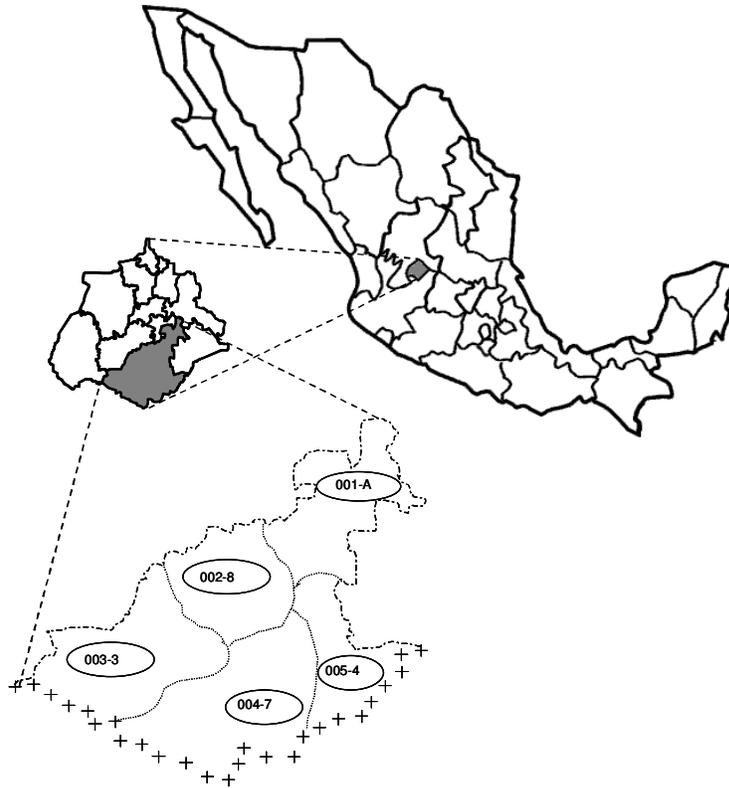
##### Ejemplo:

$$\begin{aligned}
 \text{Suma de cuadrados} &= 58 \\
 \text{Superficie real en el terreno} &= 58 \times 250\,000 \text{ m}^2 \\
 &= 14.5 \text{ km}^2
 \end{aligned}$$

Existen otras técnicas para obtener áreas en un mapa, las cuales generalmente siguen los mismos principios y alcanzan precisiones semejantes al método anteriormente descrito.

### 3.8 Marco geoestadístico

El Marco Geoestadístico es un sistema diseñado por INEGI para referenciar correctamente la información estadística que se genera a través de los censos y encuestas, con los lugares geográficos correspondientes.



Marco geoestadístico nacional

El marco Geoestadístico sigue en general los límites prediales apegándose en la medida de lo posible a los límites político-administrativos.

#### ***El Área geoestadística estatal (AGEE)***

Es el área que contiene todos los municipios de una entidad federativa. Se cuenta con 32 *AGEE* clasificados del 01 al 32. La simbología utilizada para indicar sus límites, es una línea de cruces continuas (+++).

#### ***El Área geoestadística municipal (AGEM)***

Sigue lo más cerca posible los límites del municipio y contiene todas las localidades que lo integran.

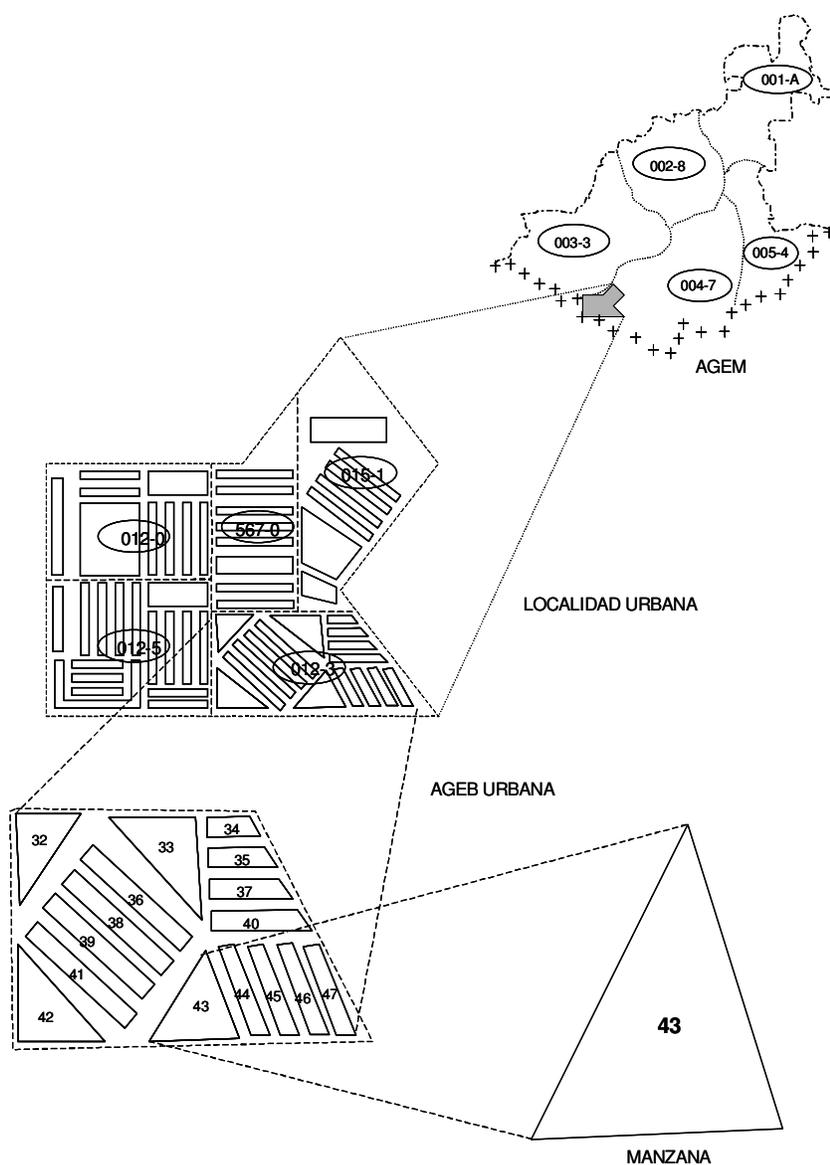
En el país existen aproximadamente 2 403 *AGEM*. La simbología utilizada para los límites de estas áreas se compone de líneas discontinuas y puntos (\_\_\_\_.\_\_\_\_.\_\_\_\_). Su clave está compuesta por tres dígitos.

## El Área geostatística básica (AGEB)

Es la unidad elemental del marco geostatístico, son subdivisiones que se hacen al interior de las *AGEM*. Están delimitadas por calles, avenidas, límites prediales y, en algunos casos, por rasgos naturales. Las *AGEB* se dividen en:

- ☑ Urbanas, que resultan de la división de localidades y generalmente tienen de 25 a 50 manzanas
- ☑ Rurales, que resultan de la división de la superficie rural del *AGEM*. Sus tamaños son variables. Dentro de los *AGEB* rurales, se tienen otras divisiones llamadas áreas de control que se diferencian por un número progresivo asignado y el tipo de tenencia de la Tierra.

La simbología de los límites del *AGEB* es una línea discontinua (-----) y su clave está formada por cuatro caracteres encerrados en un óvalo.



Area geostatística básica urbana

# Fotogrametría

---

## 1. DEFINICIÓN DE FOTOGRAMETRÍA

La palabra fotogrametría, se deriva de los vocablos griegos:

Photos: "Luz"

Gramma: "Aquello que es dibujado, grabado, escrito o impreso"

Metrón: "Medir"

Por lo que etimológicamente, el concepto fotogrametría es: "Medir mediante imagen grabada con luz" o "Medir mediante fotografías".

Fotogrametría entonces es la ciencia que tiene como fin obtener mediciones en posición y dimensión de cualquier elemento plasmado en las fotografías al momento de la toma.

La Fotogrametría distingue dos especialidades. La diferencia de ambas está en función del punto de estación desde donde se realizó la toma. Esta se clasifica en:

### ***Fotogrametría terrestre***

La fotografía utilizada está en oposición tal, que el eje de la cámara fotográfica utilizada es horizontal y paralelo al terreno o superficie terrestre.

### ***Fotogrametría aérea o aerofotogrametría***

Cuando se hace uso de fotografías que han sido obtenidas desde vehículos aéreos o espaciales y cuyo eje óptico de la cámara tiende a ser perpendicular al terreno o superficie terrestre.

## 2. FOTOGRAFÍA AÉREA

Es toda aquella impresión real de los diferentes objetos del terreno captados al momento de la toma, impresos en un material fotosensible (imagen fotográfica), tomada desde una plataforma que no se halle en contacto con el mismo.

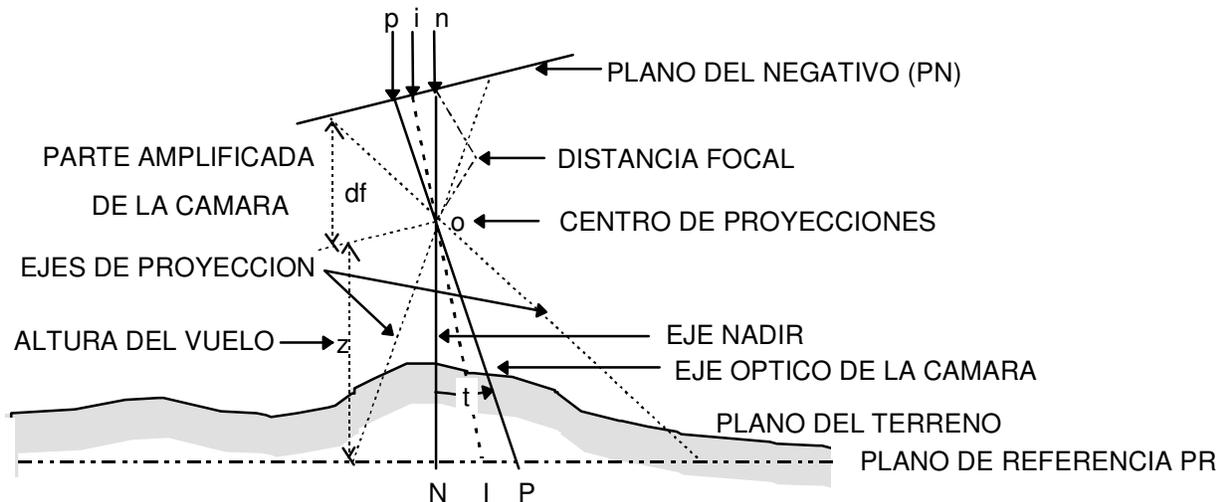
### 2.1 Características importantes de una fotografía aérea

La fotografía aérea es el insumo fundamental de la Fotogrametría. El formato estándar de una fotografía aérea utilizado en México para los trabajos de INEGI es de 23 cm x 23 cm.

Las fotografías aéreas se obtienen de copias hechas de un negativo. Se llaman fotografías de contacto porque se obtienen por contacto directo sobre el material sensible y al mismo tamaño que el negativo. La característica básica de las fotografías es poseer una proyección central.

Dependiendo del tipo de cámara que se emplee para la toma aérea, las marcas fiduciales en las fotografías se pueden presentar en los extremos o al centro de las mismas. La intersección de las líneas trazadas entre marcas fiduciales define el punto principal.

El punto principal determina el centro de la fotografía aérea y resulta ser el único punto ortogonal dentro de la misma, a partir de él se inicia la proyección central en la fotografía y, por lo tanto, el desplazamiento de las imágenes fotográficas. Estos desplazamientos resultan proporcionales a partir del punto principal para toda el área de cobertura de la fotografía, siendo mayor el desplazamiento de los objetos, en tanto sea mayor su distancia a él.



Elementos geométricos de la fotografía aérea

Donde:

- n: Punto nadir** Es el punto que se define en el negativo por la intersección de la perpendicular al terreno que pasa por el centro de proyecciones.
- p: Punto principal** Es el punto que se define en el negativo por la intersección de la perpendicular al plano del negativo que pasa por el centro de proyecciones. Se le considera también como la proyección ortogonal del centro de proyecciones sobre el plano del negativo.
- i: Punto isocentro** Es el punto en que la bisectriz del ángulo formado por la perpendicular al plano del negativo y la perpendicular al terreno, pasa por el centro de proyecciones e interseca al plano del negativo.

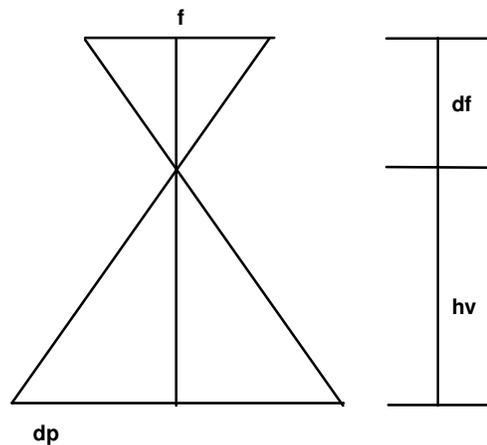
En fotografías aéreas casi verticales, puede considerarse prácticamente que los tres puntos (n, p, i) coinciden en un solo, conocido exclusivamente como Punto Principal. En este caso el plano del negativo es teóricamente paralelo al plano del terreno.

- Pp: Eje óptico de la cámara** Línea imaginaria perpendicular al plano del negativo que pasa por el centro de proyecciones.
- Nn: Eje nadir** Línea imaginaria perpendicular al plano del terreno que pasa por el centro de proyecciones.
- t: Inclinación de la fotografía** Ángulo formado por el eje óptico de la cámara y el eje nadir (pon).
- z: Altura de vuelo** Elevación del centro de proyecciones sobre el terreno o plano de referencia en el momento de la exposición fotográfica.

<b>df: Distancia focal</b>	Es la distancia del centro de proyecciones al plano del negativo.
<b>PR: Plano de referencia</b>	Plano imaginario en el terreno utilizado para el cálculo de valores absolutos en la fotografía aérea.
<b>PN: Plano del negativo</b>	Plano real en la cámara fotográfica donde se forma el foco de la imagen. Su recíproco es el plano del positivo mismo que se forma teóricamente opuesto al P.N. a la misma distancia "c" del centro de proyecciones.
<b>O: Centro de proyecciones</b>	Lente de la cámara fotográfica. Mismo que se forma en el punto central nodal de la propia lente o sistema de lentes.

## 2.2 Escala de la fotografía

La escala de la fotografía está dada por la magnitud entre un objeto real y su representación.



Donde:

- f = distancia en la fotografía
- dp = distancia en el plano
- Ep = escala en el plano
- dt = distancia en el terreno
- df = distancia focal
- hv = altura de vuelo

Ejemplos para cálculo de escalas de fotografía ( $E_f$ ).

1.  $f = 210.07 \text{ mm}$   
 $hv = 2,200 \text{ m}$

Fórmula:  $E_f = \frac{hv}{df}$

$$\text{Sustituyendo: } Ef = \frac{2200m}{0.21007m} = 1:10473$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ df} &= 1.8 \text{ cm} \\ \text{dt} &= 750 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Fórmula: } Ef = \frac{dt}{f}$$

$$\text{Sustituyendo: } Ef = \frac{750m}{0.18m} = 1:4167$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Ep} &= 1.2400 \\ \text{dp} &= 7.3 \text{ cm} \\ \text{df} &= 6.15 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Fórmula: } Ef = \frac{dp * Ep}{f}$$

$$\text{Sustituyendo: } Ef = \frac{7.4cm * 2500}{6.17cm} = 1:2998$$

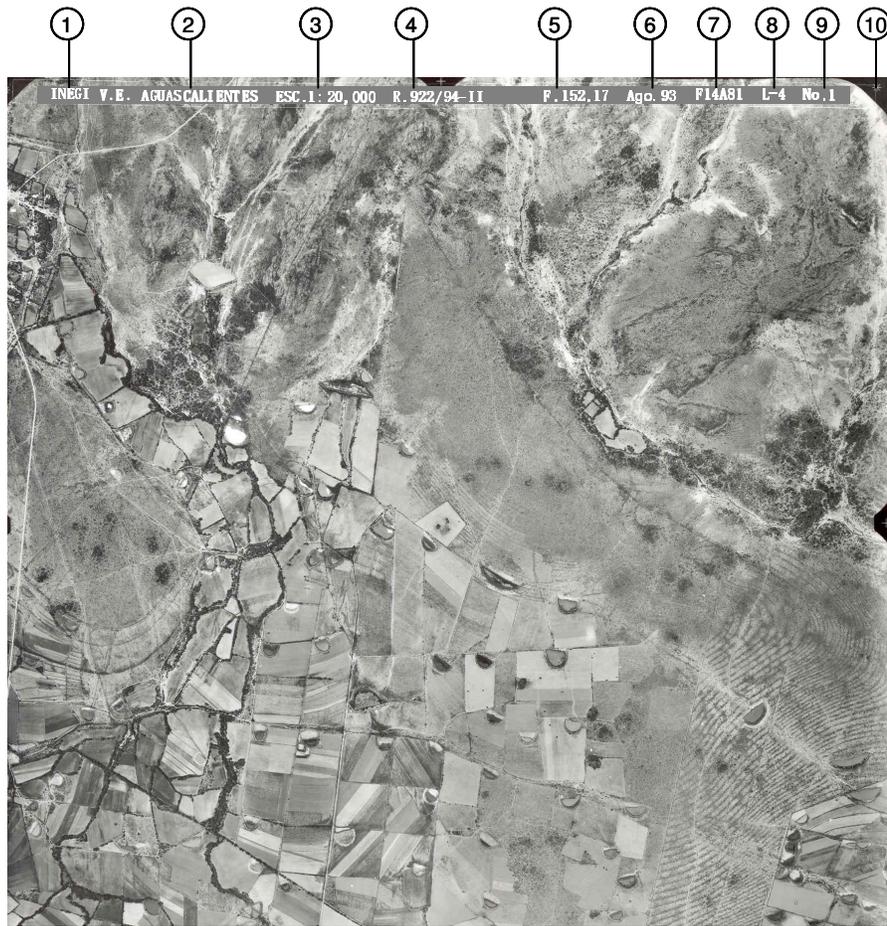
### 2.3 Área de información de la fotografía aérea

Existe una área de información al margen de la fotografía en la que aparecen datos importantes para identificar el lugar de la toma y detalles técnicos del vuelo y toma. Para el INEGI los datos requeridos son:

- Institución
- Nombre del lugar de levantamiento
- Escala del vuelo
- Número de rollo
- Distancia focal
- Fecha de vuelo
- Clave de la carta 1:50 000
- Número de línea de vuelo
- Número de la fotografía

En ocasiones se observa también el número provisional en una de las esquinas de la fotografía, el cual generalmente es manuscrito y corresponde al asignado en el momento de la toma, antes de su organización y asignación del número definitivo por línea de vuelo y carta.

El orden y formato del margen es variable según las necesidades, sin embargo, siempre deben existir los datos que ayuden a ubicar el vuelo y el lugar fotografiado según se observa en la figura siguiente.



- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| ① Nombre de la Institución | ⑥ Fecha de vuelo             |
| ② Nombre del Lugar         | ⑦ Clave de la Carta 1:50 000 |
| ③ Escala del Vuelo         | ⑧ Número de Línea de Vuelo   |
| ④ Número de Rollo          | ⑨ Número de Fotografía       |
| ⑤ Distancia Focal          | ⑩ Marcas Fiduciales          |

## 2.4 La fotografía aérea y el mapa

Existen características obvias que permiten diferenciar a cada material. Sin embargo, en el siguiente cuadro marcamos una comparación en función de: tipo de proyección, escala, contenido y representación.

MAPA	FOTOGRAFÍA AÉREA
<input checked="" type="checkbox"/> Representación geométrica correcta	<input checked="" type="checkbox"/> Representación geométrica no correcta
	<input checked="" type="checkbox"/> Desplazamiento por relieve
	<input checked="" type="checkbox"/> Desplazamiento por curvatura terrestre
	<input checked="" type="checkbox"/> Desplazamiento por refracción atmosférica
	<input checked="" type="checkbox"/> Distorsión de la lente

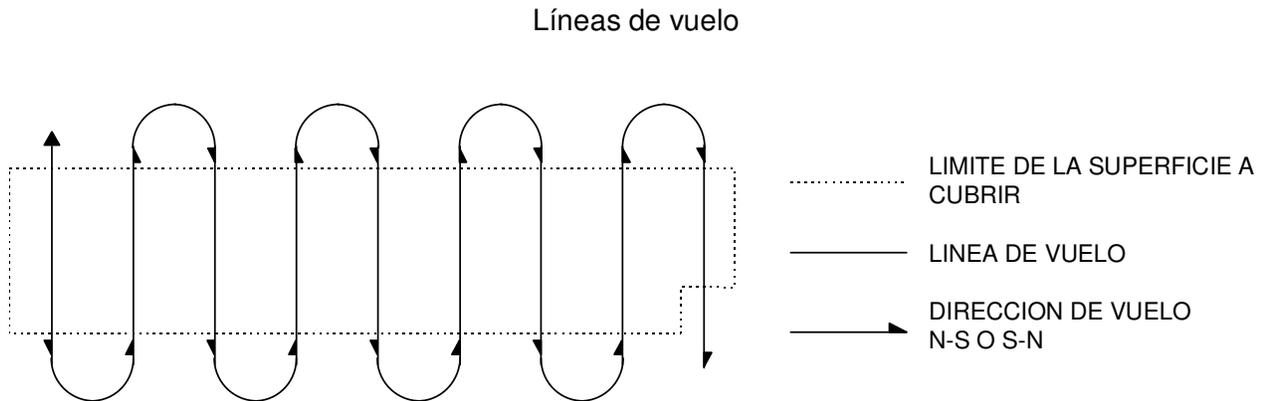
MAPA	FOTOGRAFÍA AÉREA
<input checked="" type="checkbox"/> Escala uniforme y absoluta <input checked="" type="checkbox"/> Proyección ortogonal <input checked="" type="checkbox"/> Incluye información seleccionada <input checked="" type="checkbox"/> Representación abstracta	<input checked="" type="checkbox"/> Escala variable y aproximada <input checked="" type="checkbox"/> Proyección central <input checked="" type="checkbox"/> Incluye todos los objetos visibles <input checked="" type="checkbox"/> Representación real

### 3. LÍNEAS E ÍNDICES DE VUELO

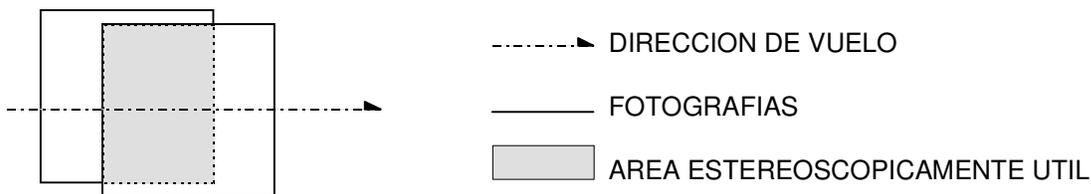
#### 3.1 Líneas de vuelo

La línea de vuelo se define como la ruta de la aeronave en una misma dirección al tomar las fotografías, las cuales constituirán un conjunto continuo y ordenado con el traslape apropiado para su proceso y análisis posterior.

Con el objeto de cubrir fotográficamente una área determinada, es necesario que la aeronave tome varias líneas de fotografías, como se muestra en el esquema de la figura.

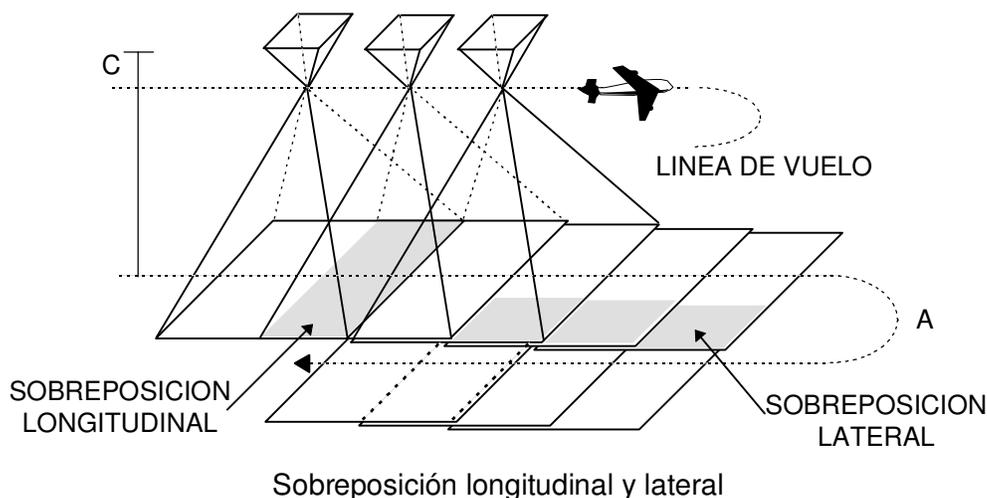


Las fotografías aéreas son generalmente tomadas con un traslape de un 60% en la dirección de vuelo. Esto es llamado traslape longitudinal, el cual permite que la superficie contenida en la imagen pueda ser examinada tridimensionalmente. Este fenómeno es de gran importancia en la interpretación del detalle de las fotografías.



Sobreposición longitudinal

Las fotografías se toman con una sobreposición entre líneas contiguas del 30%, es decir, una sobreposición lateral.



La sobreposición mínima del 60% longitudinal y 30% lateral de las fotografías aéreas, es un requisito indispensable, para evitar huecos en la imagen tridimensional de la zona fotografiada.

### 3.2 Índices de fotografías aéreas (Índices de vuelo)

Existen tres tipos de documento de consulta para los usuarios del material correspondiente a los vuelos fotogramétricos.

#### **Fotoíndices**

Se forman por el acoplamiento de las fotografías aéreas existentes en cada línea de vuelo, formando un mosaico de una zona específica, el cual es copiado fotográficamente en conjunto a escalas reducidas, a dicho mosaico se le agregan los datos de identificación de la zona, la escala y fecha de vuelo; claves de rollo, línea de vuelo y fotografías.

#### **Índice de vuelo (mapa índice de vuelo)**

Está integrado por un mapa generalmente topográfico al cual se le sobrepone la ubicación de las líneas de vuelo y centro de las fotografías existentes así como las claves correspondientes.

#### **Bases de datos**

Es la descripción detallada de las características de los vuelos fotogramétricos, la cual se puede consultar en medios magnéticos o documentos impresos.

La información básica contenida para cada tipo de vuelo es la siguiente:

- Zona (clave de carta)
- Escala del vuelo
- Fecha de vuelo (mes y año)
- Clave de línea
- Clave de fotografías
- Total de fotografías (por línea en cada carta)
- Distancia focal
- Bote
- Rollo
- Compañía o dependencia que realizó el vuelo

A los índices de vuelo se le agrega generalmente la siguiente información marginal: Clave de zona o carta, escala de vuelo, fecha de vuelo (mes y año), porcentaje de sobreposición y claves de línea.

## 4. VUELOS SINFA

### 4.1 Características

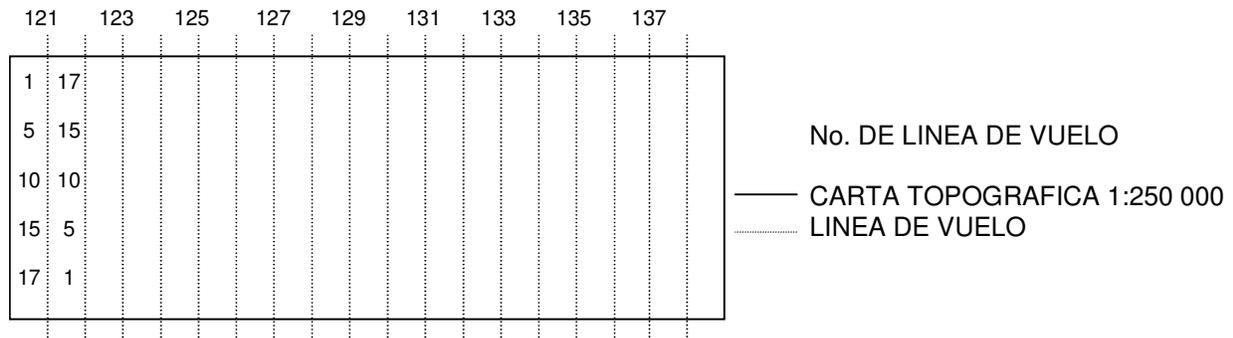
Las siglas SINFA significan *Sistema Nacional de Fotografía Aérea*. Es un sistema convencional para organizar los levantamientos aerofotográficos en la República Mexicana.

Las características de control de este sistema son las siguientes:

- Tiene cobertura nacional
- Controla los vuelos a escala 1:75 000 (1:80 000), 1:37 000 (1:40 000) y a partir de 1993 los vuelos 1:20 000
- Las líneas de vuelo tienen coordenadas de longitud preestablecidas
- La numeración de las líneas de los vuelos van del 1 al N, de W a E a todo lo largo del país
- La dirección de los vuelos siempre será N-S o S-N
- Cada línea de vuelo, cubre el Territorio Nacional de N a S, conservando su clave
- La numeración de las fotografías en cada línea de vuelo se controla, por carta 1:250 000, para los vuelos

### 4.2 Vuelos SINFA escala 1:80 000

- La numeración de las líneas de vuelo a escala 1:80 000 en nuestro país, va de la 1 a la 276 de oeste a este
- Cada carta 1:250 000 está cubierta por 18 líneas de vuelo
- Cada carta 1:50 000 está cubierta por 3 líneas de vuelo
- La numeración de las fotografías de cada línea de vuelo se hace con referencia a cada una de las cartas 1:250 000 que cruza. Es decir, en una misma línea de vuelo, la numeración se vuelve a iniciar al pasar de una carta a otra en la dirección de vuelo
- Generalmente existen 17 fotografías por línea en cada carta 1:250 000, en vuelos al 60% de sobreposición, si aumenta ésta, aumenta el número de fotografías
- Generalmente existen 5 fotografías por línea en cada carta 1:50 000 con las que se logra la visión estereoscópica
- Ejemplo: En la carta G13-9, la línea 121 tiene 17 fotografías numeradas del 1 al 17. Al pasar a la carta adyacente al Sur de esta carta G13-12, la numeración de fotografías de la mencionada línea vuelve a comenzar
- El sentido en la numeración de fotografías en los vuelos anteriores a 1993, es de N a S, a partir de ese año pueden ir también de S a N correspondiendo al sentido del vuelo



Plan de vuelo. Carta 1:250 000 y sus líneas de vuelo 1:80 000

- Los índices de los vuelos a esta escala están representados en cartas 1:250 000, reducidas a escala 1:500 000
- En los índices de vuelo se indica también la ubicación de los centros de cada fotografía y su clave cada cinco fotografías

#### 4.3 Vuelos SINFA escala 1:37 500 (40 000)

Al igual que para los vuelos a escala 1:80 000, los de escala 1:40 000 tienen las siguientes características:

- La numeración de las líneas de vuelo a esta escala en nuestro país, va de la 1 a la 552 de W a E
- La zona de control de este vuelo corresponde a la carta 1:50 000, por lo tanto la numeración de las fotografías está referenciada a dicha carta
- Cada carta 1:50 000 está cubierta por seis líneas de vuelo, por lo tanto la carta 1:250 000 se cubrirá con 36 líneas de vuelo escala 1:40 000
- Generalmente existen nueve fotografías por línea en cada carta 1:50 000, en vuelos con 60% de sobreposición
- Los índices de vuelos a esta escala están representados sobre cartas 1:250 000, las cuales tienen trazados los límites correspondiente a las cartas 1:50 000

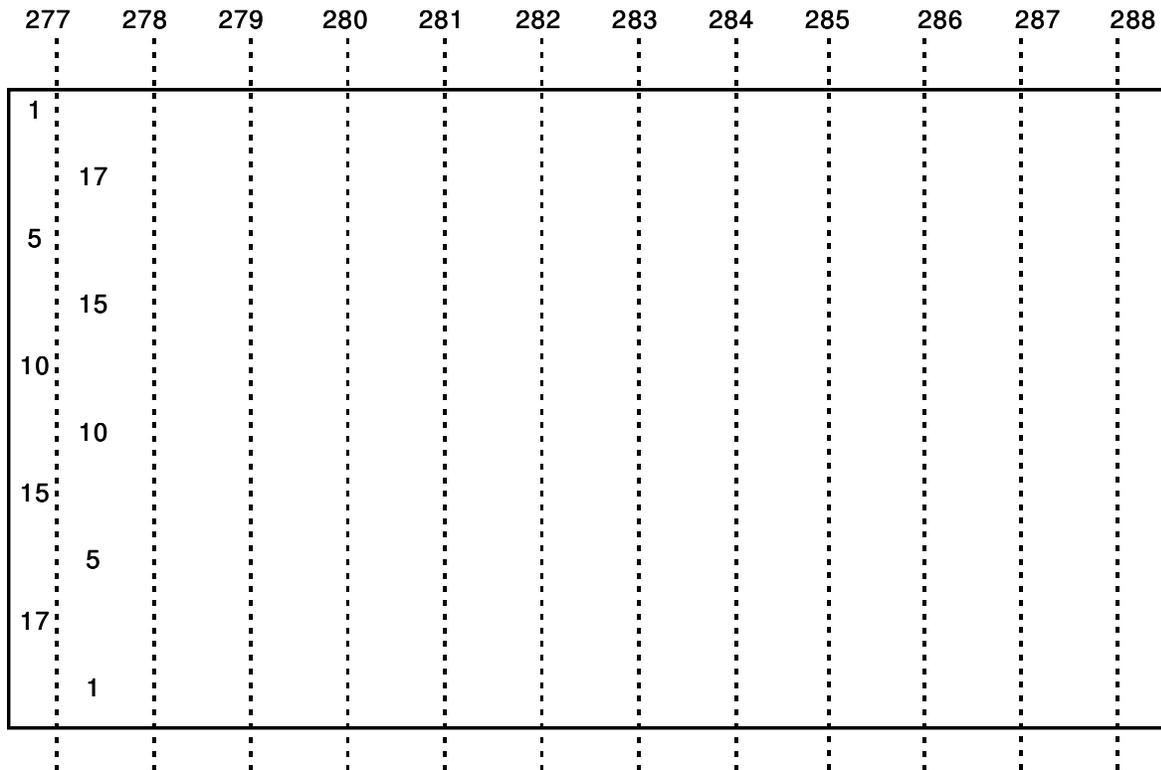
**Relación de las líneas de vuelo SINFA 1:40 000 con las cartas topográficas  
1:250 000 y 1:50 000**

	241	243	245	247	249	251	253	255	257	259	261	263	265	267	269	271	273	275
1 5 9 D14				D15			D16			D17			D18			D19		
1 5 9 D24				D25			D26			D27			D28			D29		
1 5 9 D34				D35			D36			D37			D38			D39		
D44				D45			D46			D47			D48			D49		

————— CARTA 1:250 000 (CLAVE G13-9)  
 ————— CARTA 1:50 000 (DIFERENTES CLAVES)  
 ..... LINEA DE VUELO 1:40 000 (SINFA)

**4.4 Vuelos SINFA escala 1:20 000**

- La dirección de vuelo será N-S o S-N
- Las líneas de vuelo abarcan desde el punto más al norte del país hasta el punto ubicado más al sur sobre la misma dirección
- La numeración de las líneas de vuelo a esta escala en nuestro país va de la 1 a la 1104 de W a E
- Las zonas de control de estos vuelos es la carta 1:50 000 por lo tanto la numeración de las fotografías está referenciada a dicha carta
- Cada carta 1:50 000 está cubierta por 12 líneas de vuelo, por lo tanto la carta 1:250 000 se cubrirá con 72 líneas de vuelo escala 1:20 000
- Generalmente existen 17 fotografías en cada línea de vuelo por carta 1:50 000

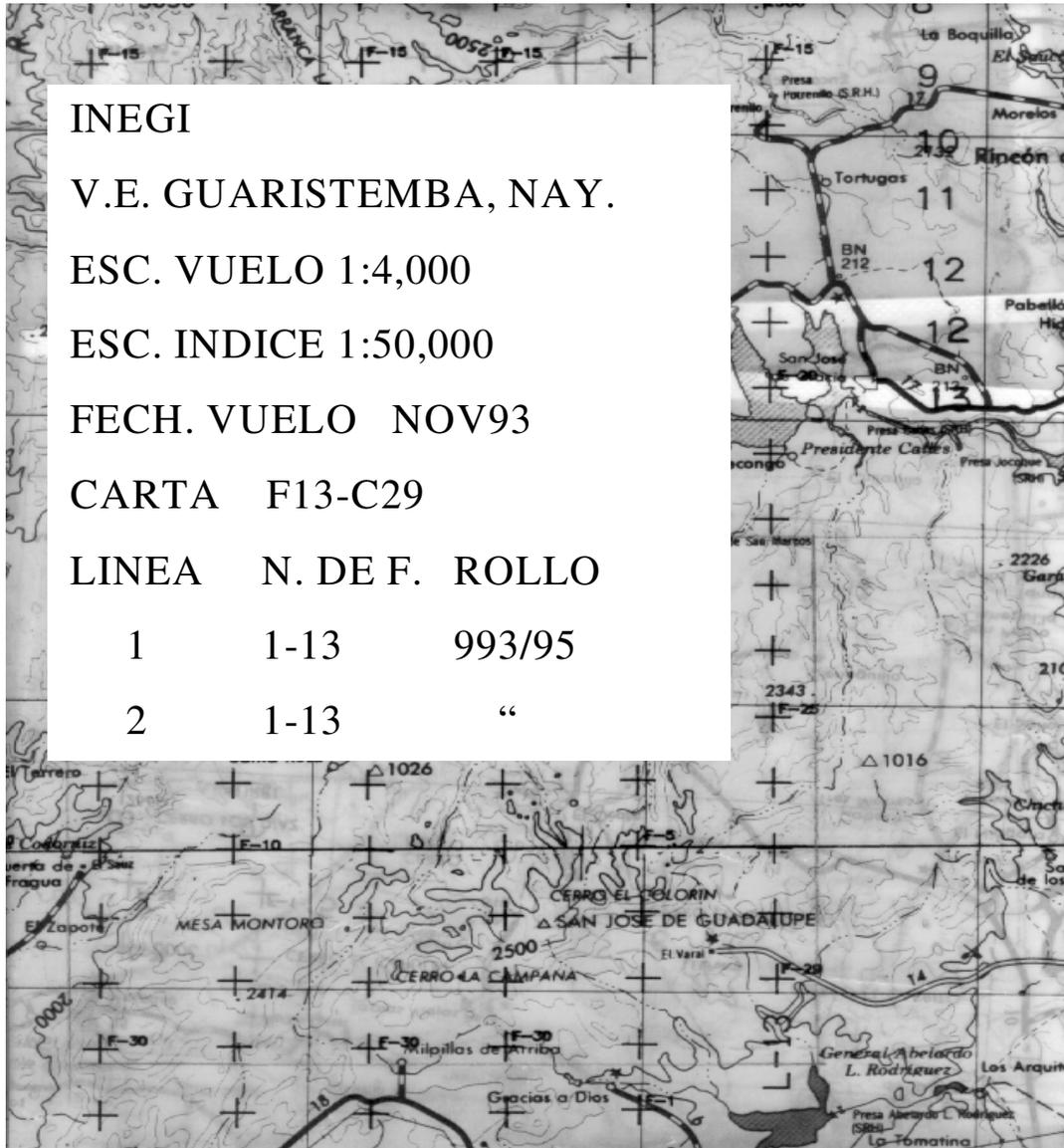


—— CARTA 1:50 000 (CLAVE G12B45)

..... LINEA DE VUELO 1: 20 000

## 5. VUELOS ESPECIALES (V.E.)

- Cuando un vuelo no está controlado por el SINFA y no cumple con las precisiones planteadas para este, son considerados vuelos especiales (v.e.)
- Los vuelos especiales en general tienen por objeto, cubrir zonas con un interés específico, tal es el caso de zonas de desastres; por lo tanto su orientación, escala y áreas de control son variables
- Cuando los vuelos 1:20 000 no cumplen las características de precisión de los vuelos SINFA, son considerados vuelos especiales (V.E.) y la numeración de sus líneas de vuelo, va de la 1 a la 12 o de la 1 a la N al interior de cada carta 1:50 000
- Los vuelos especiales por lo general, se identifican por el nombre del lugar cubierto por el vuelo o por su objetivo, ejemplo: V.E. Mexicali; V.E. Huracán Gilberto, V.E. Calvillo, etc.
- Los índices para estos vuelos, dependiendo de su escala, podrán representarse en cartas 1:250 000 ó 1:50 000



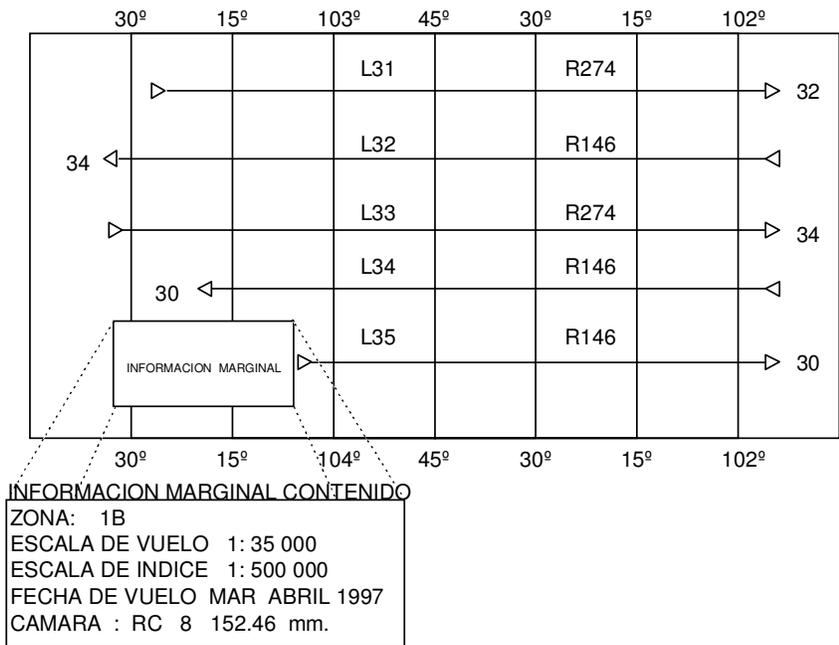
## 6. VUELOS DE ZONA

Son los vuelos que sirvieron de base para la elaboración de la Carta Topográfica Básica escala 1:50 000 existente en el Instituto; por lo general fueron efectuados hace 20 años o más.

Se organizaron en aproximadamente 80 zonas de características físicas homogéneas.

El sentido de las líneas de vuelo es de W a E y de E a W.

- Existen vuelos de zona bajos; (escala 1:25 000 a 1:35 000) y altos (escala 1:50 000 a 1:90 000).
- Por su antigüedad, estos vuelos no se recomiendan para los trabajos de medición.



**7. FOTOMAPAS**

**7.1 Definición**

El fotomapa es un documento fotográfico al cual se le han eliminado los desplazamientos de la imagen y las variaciones de escala inherentes a toda fotografía; o sea una imagen del terreno en proyección ortogonal a la cual se le ha agregado información cartográfica básica como: caneavá geográfico y UTM, topografía, curvas de nivel, tira marginal, etc.

Los fotomapas utilizados en PROCEDE solo cuentan con las coordenadas UTM y tira marginal.

El fotomapa también es conocido como ortofotomapa.

**7.2 Formatos**

Los límites del área representada tanto en la carta topográfica como en los fotomapas, están dados por la red de paralelos y meridianos (coordenadas).

A partir de las dimensiones de la carta topográfica escala 1:50 000 de 15' x 20' se consideran los siguientes formatos para fotomapas:

ESCALA DEL FOTOMAPA	FORMATO GEOGRÁFICO	CUBRIMIENTO EN Km <sup>2</sup>	No. DE FOTOMAPAS POR CARTA 1:50 000
1:20 000	7' 30" X 6' 40"	162	6
1:10 000	3' 45" X 3' 20"	40.5	24
1:5 000	1' 52.5" X 1' 40"	10	96

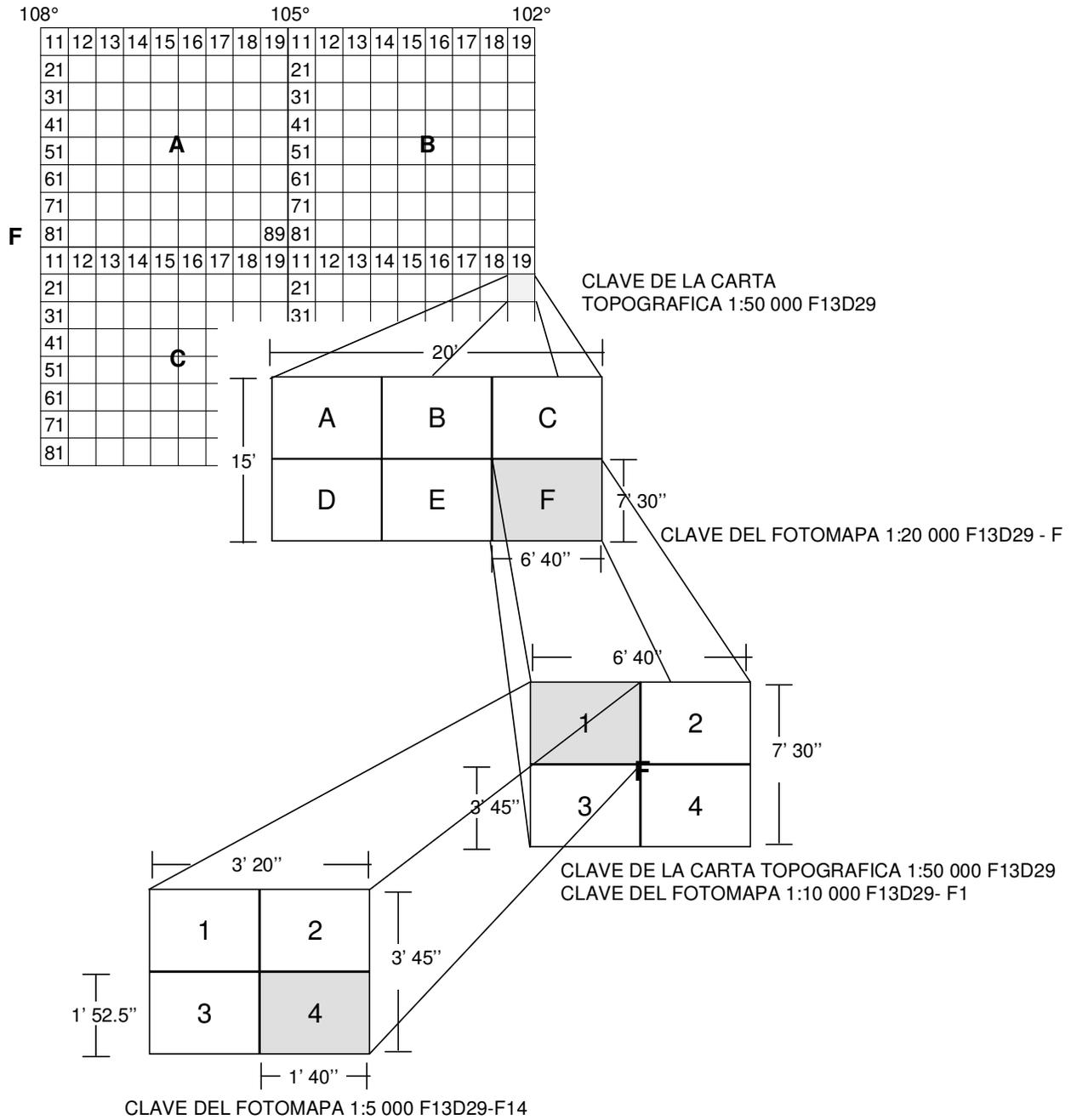
**7.3 Clavificación**

La clave de identificación de cada fotomapa, está integrada por la clave de la carta topográfica 1:50 000 donde se ubica y la clave de la sección que ocupa dicho fotomapa en la carta. Dependiendo de su escala se tienen las siguientes:

<b>ESCALA DEL FOTO-MAPA</b>	<b>No. DE FOTOMAPAS POR CARTA</b>	<b>CLAVE DEL FOTOMAPA</b>
1:20 000	6	A, B, C, D, E, F, (al interior de la carta 1:50 000)
1:10 000	24	1, 2, 3, 4, (dentro de cada fotomapa 1:20 000)
1:5 000	96	1, 2, 3, 4, (dentro de cada fotomapa 1:10 000)

Ejemplo:

CLAVE DE LA CARTA TOPOGRÁFICA 1:50 000 = F13D29		
CLAVES DE FOTOMAPA:		
1:20 000	1:10 000	1:5 000
F13D29-F	F13D29 - F 1	F13D29 - F 14

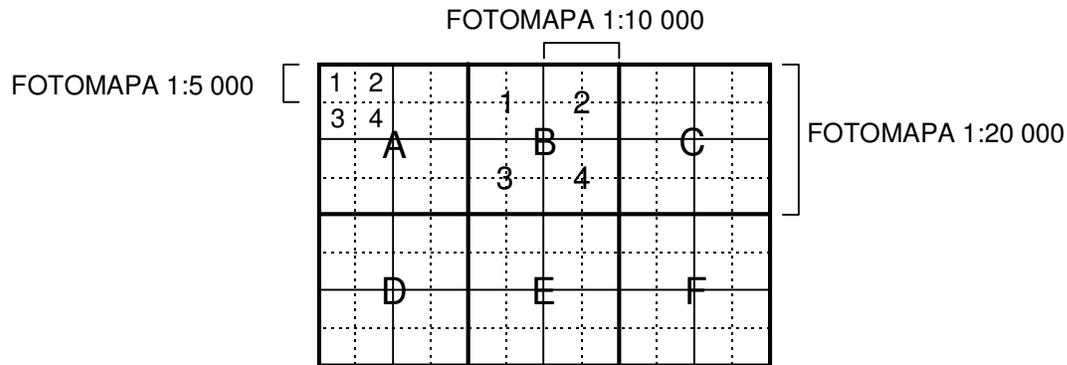


### 7.3 Relación: vuelos-fotomapas

Según las Normas Técnicas para la medición de Tierras Ejidales, la relación existente entre la escala del vuelo y la del fotomapa derivado, deberá conservar la proporción 1 a 4; así que de los vuelos a escala 1:80 000 se derivan fotomapas 1:20 000; de los vuelos 1:40 000, los fotomapas 1:10 000 y de los vuelos 1:20 000, fotomapas 1:5 000.

El número de fotomapas a lo largo de la carta 1:50 000, está relacionado con el número de líneas del vuelo del que se derivan.

Ejemplo:



En la figura, A se observan en la parte superior de la carta: tres fotomapas escala 1:20 000, seis escala 1:10 000 y 12 escala 1:50 000.

En vuelos con el 60% de sobreposición longitudinal se tienen las siguientes condiciones por carta 1:50 000:

- 3 líneas de vuelo escala 1:80 000 con 4 ó 5 fotos cada una, con las que se logra la visión estereoscópica de toda la línea, obteniéndose dos fotomapas en cada una de éstas
- 6 líneas de vuelo escala 1:40 000 con nueve fotos cada una, obteniéndose cuatro fotomapas por línea
- 12 líneas de vuelo escala 1:20 000 con 17 fotos cada una (ocho fotomapas por línea)

Lo ideal para la elaboración de los fotomapas, es que exista una imagen central (fotografía) de la que se derive sin seccionar, la superficie representada en dicho fotomapa; generalmente esto no se logra con los vuelos al 60% de sobreposición, sólo con los de 80% ó 90%.

Aunque el fotomapa se derive de una fotografía central, la superficie en ambos no es la misma, ya que el fotomapa está limitado a una zona geográfica específica y las fotografías aéreas exceden dicha zona debido a la sobreposición lateral y longitudinal entre las mismas.

## 8. COMPONENTES DE LA CÁMARA MÉTRICA

### 8.1 Definición

Es el equipo utilizado en fotogrametría que posee los elementos necesarios para reconstruir en forma fija e invariable la perspectiva impresa sobre el plano focal. Es una condición esencial para dicha reconstrucción el conocer la posición exacta del centro de proyección.

### 8.2 Componentes de la cámara métrica

Los principales componentes de la cámara métrica son:

#### ***Sistema del lente (objetivo)***

El sistema del lente incluye el lente de la cámara, el obturador y el filtro. El lente de la cámara forma la imagen del terreno en el plano focal, el diafragma y el obturador controlan la exposición. Esta exposición es controlada en función de la luz incidente y la velocidad aérea efectiva de la película fotográfica. El filtro disminuye el efecto de la bruma atmosférica.

El obturador está fabricado con un conjunto de láminas delgadas que pueden girar para incrementar o disminuir el tamaño de la apertura del diafragma.

### **Cono interior**

El cono interior incluye el sistema de lentes fijas con respecto al marco interior en la parte superior del cono, el cual coincide con el plano focal. Dicho marco contiene las marcas fiduciales. El cono interior está hecho de un metal de baja expansión térmica, para que la orientación interna (el lente, el eje focal, plano focal y las marcas fiduciales) sea estable a las temperaturas en que opera. La posición relativa de los componentes aquí mencionados, fijan los elementos de orientación interna de la cámara.

### **Plano focal**

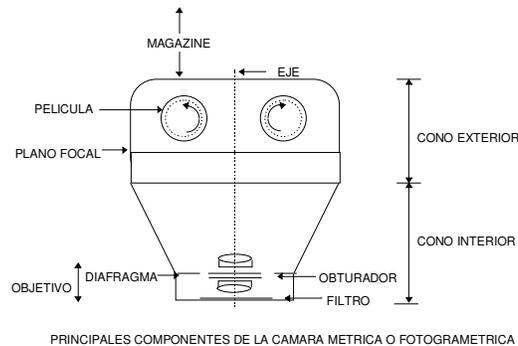
El plano focal coincide con el plano de las marcas fiduciales. Se localiza en tal posición que proporciona la mejor definición de la imagen. La distancia principal de la cámara es igual a la distancia focal y se determina en la calibración de la cámara.

### **Cono exterior y el cuerpo**

La función del cono exterior y del cuerpo de la cámara es soportar al cono interior, sostener el mecanismo de toma y proporcionar un soporte para el almacén de la película.

### **Mecanismo de mando**

El mecanismo de mando proporciona el movimiento necesario para rotar y desplazar al obturador, operar el sistema del vacío y el de la placa de presión para aplanar la película en la placa y transportar la película entre una exposición y otra.



### **Almacén de la película**

El almacén de la película sirve para sostener la película (expuesta o sin exponer), adelantar la cantidad necesaria de película entre cada exposición y en algunos tipos de cámaras, alojar el sistema de presión de la película.

### **Compensación del movimiento frontal de la imagen (FMC, por sus siglas en inglés)**

Las nuevas cámaras métricas tienen un mecanismo para la compensación del movimiento de la imagen durante el tiempo de la exposición, que se denomina instrumento de compensación del movimiento frontal de la imagen, porque permite a la película moverse en la misma proporción que la imagen durante la exposición. Esto permite un tiempo de exposición mayor y por lo tanto, se puede usar película lenta de alta resolución.

Los aspectos relativos a la exactitud geométrica del uso combinado del FMC y las películas de alta resolución, establecen mejoras considerables, tanto en la precisión de las mediciones estereoscópicas como en las mono-oculares.

También se hace evidente, en forma inmediata, una mejora considerable de la calidad de la imagen por medio de una inspección visual comparando las fotografías tomadas con FMC y películas de alta resolución y las fotografías aéreas que fueron tomadas sin FMC con película de grano medio de alta velocidad.

### **Accesorios de la cámara**

Los accesorios para la operación propia de una cámara aérea en vuelo, incluyen el montaje de la cámara, una mira de navegación, un intervalómetro, un medidor de exposición, una fuente de energía, una línea de vacío y una ventana para la cámara en el avión.

### **8.3 Características específicas de las cámaras aéreas**

Si bien el principio de funcionamiento de una cámara es común a todas ellas, las cámaras aéreas tienen algunos componentes especiales tales como:

<input checked="" type="checkbox"/> Formato de negativos	Tiene tamaño más grande, ya que es requisito para poder reconocer detalles y después medirlos.
<input checked="" type="checkbox"/> Mecanismo de enfoque	Carece de él, pues siempre se utilizan para fotografiar objetos al infinito.
<input checked="" type="checkbox"/> Capacidad de cargador	Los cargadores de cámara aérea están diseñados para almacenar gran cantidad de material sensible a veces hasta 500 fotografías.

### **8.4 Clasificación de las cámaras aéreas**

Diferentes criterios pueden ser utilizados para clasificar las cámaras aéreas. Entre las más usuales podemos citar las clasificaciones siguientes:

#### ***En función del campo angular***

La clasificación cataloga como normales aquellas cámaras con un campo angular menor a 75 grados, gran angulares a las que tienen entre 75 y 100 grados y super gran angulares a las que tienen más de 100 grados o, estableciendo otro tipo de relación son normales las que tienen una distancia focal mayor que la semidiagonal del formato, gran angular las que tienen su distancia focal igual a la semidiagonal y super gran angular la de distancia focal menor que la semidiagonal del formato.

Considerando un formato de 23 x 23 cm. que actualmente es estándar a nivel mundial, las distancias focales para las cámaras Normal, Gran Angular y Super Gran Angular son de aproximadamente 300 mm., 152 mm. y 88 mm., respectivamente.

#### ***En función de su uso***

- Para la clasificación tenemos que son Métricas solamente aquellas cámaras que tienen una orientación interna conocida, medida en forma exacta mediante cálculo y que debe permanecer invariable por tiempo prolongado. La construcción de este tipo de cámara obedece a la finalidad de utilizar sus fotografías con el propósito definido de reconstruir las relaciones dimensionales del terreno.

- ☑ Son de reconocimiento las destinadas a obtener las imágenes para la identificación de objetos, aunque sin pretender lograr de ellas medidas exactas y, por lo tanto, no cumplen con las exigencias anteriores.
- ☑ Las de propósitos especiales son las construidas para resolver algún tipo de problema específico, entre ellas se encuentran las panorámicas y las de banda continua. Las panorámicas permiten obtener negativos que cubren el terreno desde un horizonte hasta el otro a ambos lados del avión y transversalmente a la línea de vuelo, mientras que las de *banda continua* ofrecen la única fotografía que ocupa la totalidad del rollo sin interrupciones del terreno situado a lo largo de la línea de vuelo.

### ***En función a la inclinación del eje óptico***

Por último, en relación a la toma de las fotografías, se conocen como verticales, las que están orientadas con el del sistema óptico dentro de los  $4^\circ$  de la vertical; oblicua baja o convergente. Son las que se obtienen con una inclinación mayor a los  $4^\circ$  y en los cuales no aparece el horizonte y oblicua alta o panorámicas. Son aquellas donde el horizonte está contenido en la foto.

Debido a la característica de las relaciones geométricas de perspectiva en cada uno de los casos anteriores, únicamente las verticales y las oblicuas baja o convergente pueden ser utilizadas eficientemente para la producción cartográfica.

En el caso específico del PROCEDE, utilizará únicamente las cámaras métricas y fotografías verticales.

## **9. PELÍCULAS FOTOGRÁFICAS**

Como se ha mencionado anteriormente, dentro de los levantamientos de campo, la fotografía aérea es la única opción real para la adquisición de información geográfica de alta calidad. Entre otras cosas, los materiales fotográficos y su procesamiento son esenciales para la calidad de las imágenes.

Con el objetivo de seleccionar la película fotográfica apropiada para un levantamiento aéreo, se debe considerar en principio las características de la emulsión de la película a usarse, así como el color de las mismas.

Las películas en blanco y negro exigen condiciones menos estrictas para su toma por lo que es la más difundida en uso en nuestro país.

## **10. AERONAVES**

Las fotografías aéreas son imágenes fotográficas del terreno tomadas desde una plataforma que no está en *contacto* con la tierra. O sea, que se pueden utilizar otros medios diferentes a un avión, aunque es el aeroplano la solución más adecuada y económica.

Las técnicas de levantamientos aéreos han evolucionado a la par de los adelantos en la aeronáutica. Los materiales y el equipo fotográfico fueron forzados a desarrollarse de acuerdo con la creciente demanda de los aeroplanos cada día más rápidos.

La situación actual de la fotografía aérea es tal, que se usan todos los diferentes tipos de aeroplanos para llevar a cabo los levantamientos aéreos tales como: los ultraligeros, los monomotores y bimotores ligeros, los bimotores, turbohélice y los jets ejecutivos pequeños.

## **11. EQUIPO AUXILIAR Y SISTEMA DE NAVEGACIÓN**

El equipo auxiliar y los sistemas de navegación aéreos tratan de resolver varios problemas, como la navegación, el posicionamiento de la cámara, la orientación de la cámara, la exactitud de la navegación y un desarrollo general. Desde los primeros días de la fotografía aérea, la navegación de alta precisión y el posicionamiento exacto de la cámara han estado entre las principales áreas de investigación y desarrollo. Se puede hacer una distinción entre los auxiliares de navegación inercial, los auxiliares de navegación de radio y alguna combinación posterior.

En los levantamientos fotográficos aéreos, el navegante debe girar precisamente al aeroplano a lo largo de una ruta nominal durante el vuelo, así como tener el control de la operación de la cámara.

Existen diversas técnicas de navegación disponibles. Estas cubren el rango que va desde la exacta navegación de contacto (visual), ejecutada por una tripulación experimentada (piloto y navegante) y los sistemas automatizados e integrados híbridos, en los cuales la tripulación se puede reducir a un sólo miembro: el piloto.

Los sistemas de navegación Doppler, Loran, INS y el VLF/OMEGA se han utilizado como sistemas primarios y secundarios por organismos de levantamientos aéreos de todo el mundo, con resultados variables. Los sistemas de redes DME locales, con base en estaciones terrestres, aunque son relativamente caros, también han sido aplicados en áreas en donde otros métodos no estaban disponibles.

Las técnicas antes mencionadas ya se reemplazaron con la nueva generación de satélites para posicionamiento y navegación denominado Sistema NAVSTAR de Posicionamiento Global (GPS), este sistema ya tiene aplicaciones potenciales extendidas a gran variedad de usuarios.

Los sistemas de interfase están ya disponibles para conectar todo tipo de cámaras a los sistemas de navegación. La exactitud obtenida es tan alta que las especificaciones pueden ser cumplidas aun en imágenes a escalas mayores. Los experimentos con la constelación de satélites ha confirmado una exactitud de posición muy alta.

Como se ha visto en este capítulo, para la conducción precisa del aeroplano a lo largo de su ruta durante el vuelo, existen varias técnicas de navegación disponibles. De todas ellas, el Sistema NAVSTAR de Posicionamiento Global parece ser la mejor opción. Por esta razón, todos los nuevos sistemas de navegación como el OMEGA (Litton 311), INS (Litton INS92) equipado con acelerómetros, o el CCNS IV, están diseñados con una extensión a la recepción GPS, la cual puede ampliamente fortalecer la exactitud del sistema de navegación.

## **12. AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA FOTOGRAFÍA AÉREA**

Sin importar la tecnología adoptada, el productor de fotografía y sus usuarios requieren de imágenes de una condición geométrica alta, la cual permite imágenes a una escala más pequeña y así cubrir áreas de terreno más grandes.

La tecnología está cambiando continuamente, especialmente en las áreas de información geográfica. Los nuevos desarrollos conciernen principalmente con la integración de los diferentes sistemas, tales como el sistema de posicionamiento global (GPS) el cual puede ser interconectado con la cámara, esto determina las estaciones de exposición de la cámara durante el vuelo y permite una reducción significativa del control terrestre.

La demanda de fotografía a gran escala (1:20 000 y mayor) está expandiéndose rápidamente, especialmente en áreas densamente pobladas, por lo que los sistemas de imágenes fotográficas continúan siendo utilizados. La producción de información geográfica se apoyará en la fotogrametría debido a que no existe otra alternativa real.

Las técnicas de levantamiento aéreo están siendo desarrolladas para obtener una mejor calidad de imágenes, cubrimientos exactos y para reducir el control terrestre requerido. Un proyecto a futuro es reemplazar la navegación, ya sea por un asistente de vuelo planeado del proyecto o un operador de sistema total.

Sin importar si se usa el equipo más avanzado o únicamente medios de navegación visual tradicional, una recomendación general es verificar previamente al levantamiento, todos los puntos de la planeación.

Esto debe ser preferentemente hecho dos o aún tres veces, sin importar que tan experimentada sea la tripulación. Cada levantamiento es diferente, las circunstancias y la concentración de la tripulación difiere también. Si la tripulación es altamente eficiente y experimentada, el plan de vuelo está bien definido y los procedimientos son correctamente implementados se espera un mínimo riesgo y lograr que el levantamiento tenga éxito.

Las cámaras profesionales, tales como la Wild RC20, la Zeiss RMK y la Zeiss LMK han sido equipadas con microprocesadores para el control automático de las diferentes funciones, incluyendo la compensación de movimiento de la imagen (FMC).

Los nuevos lentes tienen distorsiones geométricas mínimas y proveen una alta calidad de la imagen. Los exposímetros automáticos (sensibilidad de 400 nm a 1 000 nm) permiten mediciones de intensidad de luz y control de exposición en tiempo real.

Algunas de las nuevas cámaras están adaptadas para funcionar con sistemas de navegación como el inercial, el VLF-OMEGA, Loran, GPS o algunos otros de los llamados sistemas de vuelo. Estos sistemas permiten no solamente controlar la cámara, sino también grabar en tiempo real los datos de navegación en el margen de la fotografía.

### **13. PRODUCTOS DERIVADOS DE LA FOTOGRAFÍA AÉREA**

La fotografía aérea es la materia prima para elaborar diferentes productos tales como:

#### **13.1 Amplificaciones**

Poseen las mismas deformaciones geométricas que la fotografía aérea más los errores que pueden introducirse por el proceso de amplificación. Su uso se restringe a observar con más detalle una fotografía lo que permite hacer más fácil el proceso de picado en la fotoidentificación.

#### **13.2 Fotomosaico**

Son ensamblajes sistemáticos de varias fotografías individuales para formar la imagen fotográfica de una región mayor. Su precisión depende del método de ensamblaje y se pueden dividir en 3 categorías:

##### ***Mosaico no controlado***

Donde se unen las fotografías haciendo coincidir los detalles de una fotografía y la siguiente, pero sin emplear puntos de control.

##### ***Mosaico semicontrolado***

Cuando el ensamblaje se hace preferentemente con fotografías rectificadas o algunos puntos de control para fijar la escala.

## ***Mosaico controlado***

Utiliza fotografías rectificadas y puntos de control de coordenadas conocidas a fin de fijar la escala y orientación.

Su uso es útil en planeación para proyectos geológicos, de irrigación y preliminares de carreteras, vías férreas, etc.

## **13.3 Productos fotogramétricos**

Cuando se obtiene una fotografía aérea, el eje principal de la cámara no es del todo vertical, ni la altura de vuelo constante, ni el terreno plano. Debido a esto, la fotografía aérea no es un producto para hacer mediciones y por lo tanto la imagen debe ser transformada a la proyección ortogonal.

La rectificación y restitución fotográfica son los métodos que se aplican a las fotografías aéreas para corregir los desplazamientos de las imágenes y así obtener artefactos y fotomapas para el primer caso y mapa línea para el segundo.

Para comprender mejor estos términos, los definiremos como:

### ***Ortofoto***

Es un documento fotográfico que mantiene las características de un plano (homogeneidad de la escala en toda su dimensión), así como los rasgos cualitativos de las fotografías aéreas a partir del cual se ha obtenido.

### ***Ortofotomapa***

Es un montaje de ortofotos, donde los desplazamientos de las imágenes debido a la inclinación del eje óptico y relieve han sido eliminados. Es un documento cartográfico con características de fotografía y mapa (coordenadas e información marginal).

### ***Ortofotografía***

Es la técnica por medio de la cual un fotograma es transportado a proyección ortogonal por áreas diferenciales.

### ***Mapa línea***

Es un documento cartográfico producto de la restitución de modelos fotogramétricos (modelo estereoscópico), el cual contiene una base y planimetría y dependiendo de la necesidad puede incluir altimetría. Un ejemplo de mapa a línea son las cartas 1:50 000.

## **14. RESTITUCIÓN**

### **14.1 Definición**

Se conoce como restitución a los métodos digitales, analógico o su combinación, utilizados para transformar las imágenes fotográficas, que se encuentran siempre en proyección central a la proyección ortogonal. El producto de una restitución son la obtención de archivos DXF y CGP.

El trabajo de restitución, implica realizar un conjunto de actividades enfocadas a la reproducción exacta de un modelo estereoscópico, en el que se presentan las mismas condiciones que existieron en el momento de la toma de fotografías. A este conjunto de actividades se le conoce como orientaciones.

### ***Orientación interna***

Consiste en reconstruir un cono geoméricamente idéntico al que entró en la cámara aérea al momento de la toma.

### ***Orientación relativa***

Proceso a través del cual se reconstruyen las mismas condiciones perspectivas entre un par de fotografías sucesivas.

### ***Orientación absoluta***

Consiste en georeferenciar el modelo obtenido a su espacio físico, tanto en su posición horizontal como en su posición vertical.

Al concluir los procesos de orientación, es posible obtener del interior de éste, coordenadas precisas de cualquier punto deseado, los cuales en su proceso final, se plasman en los archivos DXF y CGP generados de la información trabajada.

## **14.2 Transformación digital de la imagen**

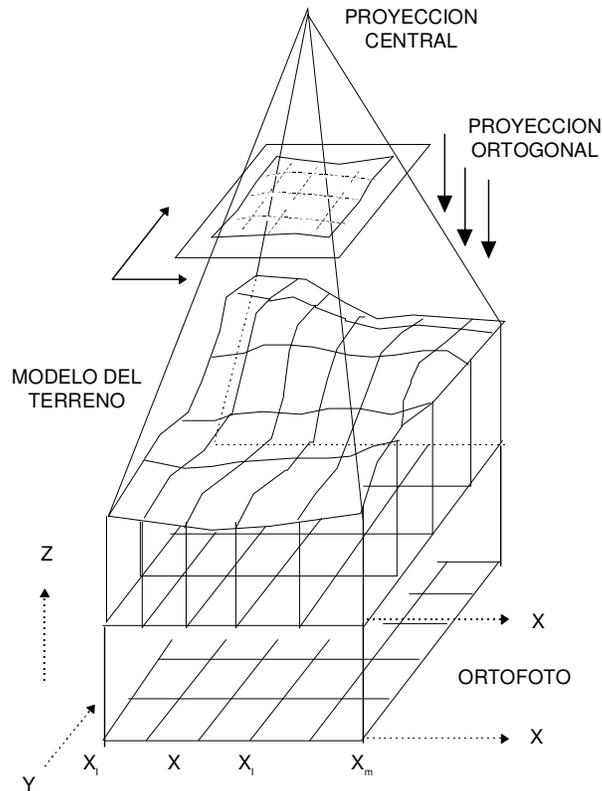
Durante los últimos 20 años, se han producido extensivamente, por medio de la transformación de la imagen, los fotomapas como una alternativa económica y rápida o como un suplemento de los mapas topográficos.

La representación digital de imágenes remotamente percibidas condujo al desarrollo de técnicas digitales para la transformación de imágenes. Esto también puede aplicarse a la producción digital de fotomapas a escalas grandes, en las cuales se pueden aplicar adelantos adicionales en las imágenes tales como el fortalecimiento de contraste y la hechura de mosaicos. En la práctica, muchas de las actividades excepto la extracción de rasgos, se pueden realizar automatizadamente. El software correspondiente representa un componente importante del sistema.

El desarrollo de terminales gráficas de alta resolución y computadoras rápidas y económicas con una memoria principal o secundaria de gran capacidad, ha contribuido al desarrollado de técnicas de procesamiento de imágenes digitales.

Muchos usuarios de información geográfica prefieren una representación pictórica con suficiente exactitud geométrica y la posibilidad de cubrir la información gráfica. En los países con poco cubrimiento cartográfico y recursos limitados, se usan las imágenes transformadas como un sustituto de mapas a línea. Ya se ha reconocido su utilidad en trabajos de censos e imposición de contribuciones o catastro. Actualmente, varios países usan este tipo de información.

## Transformación de proyección central a proyección ortogonal en una ortofoto

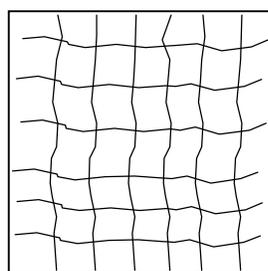


### 14.3 Rectificación diferencial para la elaboración de fotomapas

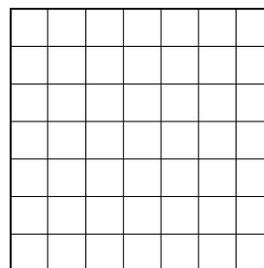
La rectificación diferencial es el método que se aplica a las fotografías aéreas para corregir los desplazamientos de las imágenes, esto debido a la inclinación fotográfica y al relieve para la producción de fotomapas. Además, el resultado de este proceso es también la eliminación de la variación de escala de la fotografía.

El principio básico de la rectificación diferencial se muestra en la figura siguiente. Los cuadriláteros de la imagen original son transformados, resultando cuadrados en la imagen proyectada ortogonalmente.

#### Principio básico de la rectificación



ENTRADA  
IMAGEN ORIGINAL

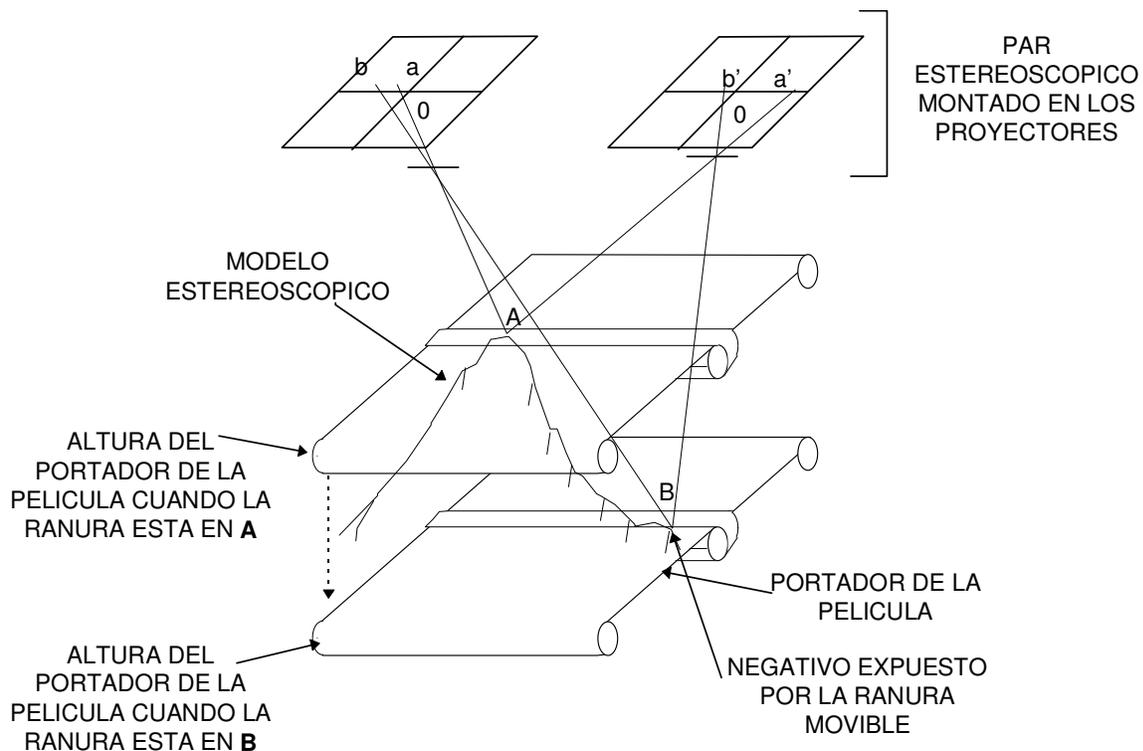


SALIDA  
IMAGEN TRANSFORMADA

Los fotomapas se preparan en instrumentos llamados ortofotoscopios, de la misma manera que los mapas son preparados en los restituidores. Sin embargo, en lugar de trazar rasgos seleccionados del estereo-modelo, todos los puntos de éste son fotografiados en un negativo ortofotográfico, el cual es después usado para imprimir el fotomapa final.

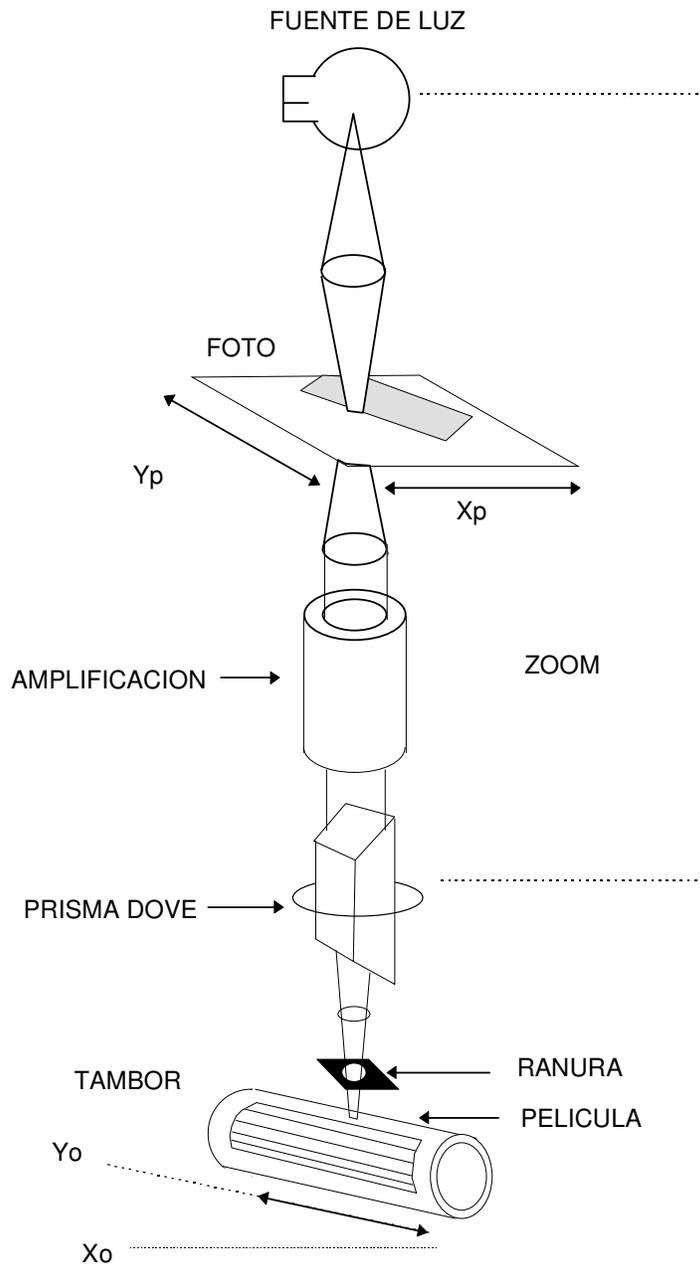
En un aparato de rectificación diferencial, en el cual se orienta relativa y absolutamente las diapositivas de un par estereoscópico. A diferencia de un estereoplotter normal, la marca flotante de un ortoscopio es una ranura muy pequeña en un portador de película que contiene el negativo del fotomapa. Un área pequeña del negativo es expuesta a la luz a través de la ranura que es continuamente llevada por franjas por toda la película. De esta forma, la película queda expuesta al modelo estereoscópico por medio de la ranura.

Durante el proceso, el operador del instrumento controla la altura del portador de la película, manteniendo la ranura en contacto con el terreno, de este modo, punto por punto, se elimina la variación de escala y el desplazamiento por relieve presentes en la fotografía original variando la distancia de proyección. (Todas las distorsiones por inclinación del avión han sido previamente eliminadas en el proceso de orientación del modelo estereoscópico). Este método se denomina on line (en línea) debido a que el barrido del terreno y la exposición de la película ocurren simultáneamente.



### Principios de operación del barrido para la elaboración de fotomapas

En los sistemas de *off line* (fuera de línea), el modelo estereoscópico es barrido primero usando una marca flotante estándar en lugar de la ranura del portador de la película. Durante este proceso, los perfiles de las líneas barridas son almacenados en forma digital. Posteriormente, los perfiles digitales son *leídos* por instrumentos que automáticamente suben y bajan el portador de la película mientras se expone el negativo. La mayoría de los sistemas modernos de fotomapas tienen una base digital.



Proceso de ortofotografía fuera de línea

#### 14.4 Ventajas y desventajas de un fotomapa vs. mapa a línea

Los fotomapas, como los mapas, tienen una sola escala (aún en terreno accidentado) y como las fotografías, muestran el terreno en detalle real (no por símbolos como los mapas). Así que los fotomapas dan al analista *lo mejor de ambos mundos* un producto que puede ser fácilmente interpretado como una fotografía y en el que se pueden tomar medidas directamente de distancias ángulos y áreas.

Los fotomapas, han sustituido a los mapas a línea en algunas aplicaciones, como es el diseño de carreteras, catastro, etc., sin embargo, es poco probable que éstos lleguen a reemplazar totalmente a los mapas a línea convencionales ya que han sido el método principal de representación topográfica. A continuación se enlistan las principales ventajas y desventajas del fotomapa:

Ventajas:

- ☑ Los rasgos del terreno se presentan en una forma más natural que los mapas a línea
- ☑ La imagen del fotomapa en general da mejor posibilidad de localización exacta en el terreno que un mapa a línea
- ☑ Para áreas con pocos detalles culturales, tales como pantanos, bosques o desiertos, los fotomapas dan una representación mejor del paisaje que un mapa a línea
- ☑ Una proporción de producción alta
- ☑ Costos de producción relativamente bajos

Desventajas:

- ☑ Errores planimétricos: los objetos sobre o debajo del nivel del terreno están diferencialmente desplazados
- ☑ Se presentan oclusiones y sombras producidas por los árboles, edificios, torres, etc.
- ☑ El costo del sistema es alto
- ☑ Reducción en la calidad de la imagen
- ☑ Pérdida de contenidos en la información
- ☑ Algunos usuarios no están acostumbrados a interpretar imágenes
- ☑ Interpretación incierta de objetos pequeños, pero que pueden ser importantes, hasta puede ser que no sean visibles en lo absoluto
- ☑ El costo de una copia fotográfica es mayor que el de una copia de un mapa

## 14.5 Restitución digital

Debido a los avances en el campo de la informática, se han incorporado a la Fotogrametría el uso de nuevas tecnologías. Específicamente en la restitución se han implementado métodos digitales que han superado en muchos aspectos a los métodos analíticos tradicionales.

La restitución digital moderniza el método indirecto o fotogramétrico, implementando un software y hardware que proporciona las alternativas necesarias para optimizar recursos económicos y humanos, entre otros.

La restitución digital consiste en llevar la información de interés obtenida de las fotografías al mapa base; esto implica la conversión de la proyección central de la fotografía aérea a la proyección ortogonal del mapa, con los debidos ajustes de escala y posición. La restitución de los detalles de las fotografías aéreas sobre una base cartográfica (mapa base), pretende reconstruir lo fotografiado con respecto a las posiciones absoluta y relativa de la cámara en el momento de la exposición. La restitución presenta detalles planimétricos y altimétricos, y se realiza de diferentes formas y a varios niveles de precisión, de acuerdo con el instrumento que se utilice: analógico, semianalítico o analítico (digital).

En el proceso se debe seguir una serie de pasos con la finalidad de eliminar los errores propios de la fotografía aérea.

### ***Procedimientos para la restitución digital***

a) Insumos

Inicialmente, la recepción de insumos, contempla dos rubros. En el primero, las diapositivas, así como el índice de vuelo, las cintas magnéticas y los formatos de control. El segundo lo integran los insumos para la restitución digital propiamente dicha, mismos que forman parte del Expediente Ejidal.

Las diapositivas aerofotográficas del cubrimiento total del ejido se emplean en la obtención de las imágenes digitales mediante el proceso de conversión de la película aerofotográfica en archivos raster (escaneo). El índice de vuelo contiene las direcciones en que fueron voladas las líneas fotográficas y se usa durante el proceso de conversión para orientar la posición de las diapositivas al momento del escaneo.

Uno de los pasos más importantes en la restitución es el respaldo de las imágenes digitales en disco compacto, las cuales fueron obtenidas durante el escaneo, con el objetivo de ser enviadas a los CENCA para su tratamiento.

Otros de los insumos fundamentales para la restitución digital son:

- Certificado de calibración de la cámara aerofotográfica que ejecutó el vuelo
- Listado de coordenadas impresas y archivo en medio magnético de los Puntos de Apoyo Terrestre (PAT)
- Listado de coordenadas impresas y archivo en medio magnético de los vértices comunes de núcleos agrarios colindantes ya medidos
- Esquemas gráficos de puntos de apoyo terrestre
- Archivos raster con las imágenes escaneadas
- Copias de contacto y ampliaciones fotográficas

Las fotografías de contacto se utilizan para ubicar los PAT

- Bitácoras de campo: Incluyen las representaciones gráficas y descripción de cada uno de los vértices fotoidentificados
- Representaciones gráficas general y detalladas de áreas parceladas

## b) Escaneo

Para llevar a cabo el escaneo de diapositivas, es necesario el uso de la *Image Station*, mediante el módulo del *photoscan (PS1)*, el cual es un sistema de escaneo que convierte información aerofotográfica de películas blanco/negro y color, positivos o negativos, mismas que se aplican en los trabajos de la estación fotogramétrica con el *software Digital Video Plotter (DVP)*.

El *photoscan* tiene una máxima resolución de 7.5 *micras*, con resoluciones de 15 y 30 *micras* para conseguir imágenes de calidad fotogramétrica, así como 60 y 120 *micras* para obtener imágenes con otros objetivos. Lee aproximadamente 256 niveles de tonos de gris para películas blanco y negro, y para las de color, una gama de 16.4 millones de colores. Trabaja en ambiente UNIX.

MICRAS	DPI	MEGABITES	BLOQUES	TAMAÑO DEL PÍXEL EN MTS. POR LADO SEGÚN LA ESCALA DE VUELO			
				1:80,000	1:40,000	1:37,000	1:20,000
7.5	3387	900	1,843200	.60	.30	.28125	.15
15	1693	225	460800	1.2	.60	.5625	.30
22.5	1129	100	204800	1.8	.90	.9437	.45
30	847	56	115200	2.4	1.2	1.125	.60
60	423	14	28800	4.8	2.4	2.25	1.2
120	212	3.5	7200	9.6	4.8	4.50	2.4

El respaldo de imágenes en disco compacto tiene lugar en la *Image Station*, que cuenta con una unidad de CD, siendo en un disco compacto donde generalmente se respalda la información. El tiempo aproximado de respaldo es de 4 minutos por imagen en la *Image Station*.

c) Restitución

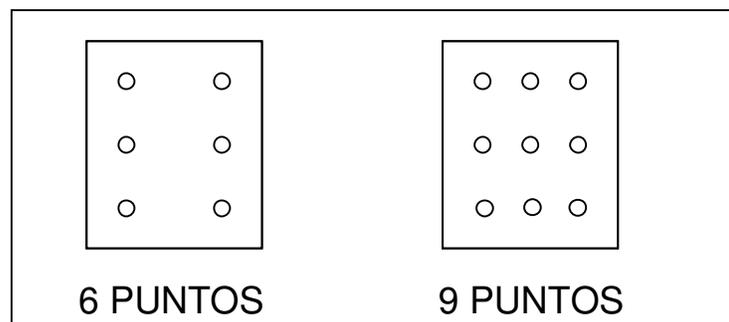
La carga de imágenes en la estación fotogramétrica es una actividad compuesta por dos etapas:

- Verificar que la máquina donde se vayan a bajar los datos tenga suficiente espacio.
- La transferencia de imágenes en disco compacto a la estación fotogramétrica.

Después de cargar las imágenes en la estación fotogramétrica, se ejecutan las operaciones propias de restitución; éstas son:

- Nombrar el modelo a trabajar para identificar las fotografías que lo forman.
- Posteriormente, se cargan los datos de calibración de la cámara que realizó las tomas fotográficas en un archivo ASCII; éste tiene extensión .CAM. Los datos que se cargan son: la distancia focal y el número de la marca fiducial con sus coordenadas X y Y, separados por comas. De igual manera, se abre archivo de PAT obteniendo las coordenadas de los puntos de apoyo terrestre.
- Hecho lo anterior se procede a orientar el modelo, como sigue:
  - ✓ Orientación interior: Consiste en ubicar las marcas fiduciales de las imágenes fotográficas con respecto a sus coordenadas, dadas por el archivo de la cámara. El máximo error medio cuadrático permitido para esta operación es de  $\frac{1}{4}$  de píxel de imagen.
  - ✓ Orientación relativa: Esta actividad tiene el fin de crear el modelo estereoscópico de la imagen común de las dos fotografías y deber realizarse después de concluida la orientación interior. Para ellos se tratará de eliminar el paralaje óptico (se considera como el desplazamiento aparente de un rasgo de una foto con respecto al mismo rasgo en la otra fotografía), en el eje Y, ubicándose los puntos dentro del modelo, distribuidos como se indica en la gráfica y eliminando el paralaje en éstos. Si el terreno está plano deben usarse seis puntos (distribución estándar de Gruber) y cuando el terreno esté muy accidentada hasta nueve puntos. El error medio cuadrático permitido para esta operación es de  $\frac{1}{2}$  de píxel en cada punto como máximo.

### ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GRUWER



- ✓ Orientación absoluta: Es la georeferenciación del modelo creado al finalizar la orientación relativa: se localizan en la imagen los rasgos correspondientes a los PAT, según croquis, bitácora de campo y puntos de control picados en fotografías de contacto, y se asocian a las coordenadas asignadas del archivo de control. El error permitido es de 30 micras a la escala de la foto.

- ☑ Enseguida, se procede a la vectorización; en dicha actividad se pide un nombre para el archivo donde se graba la información; este archivo tiene extensión .XYZ, (archivo XYZ). La tarea de vectorización se conforma por dos etapas: la primera consiste en la restitución de vértices de los polígonos. Esa información también es registrada en un archivo con extensión .PTS (archivo PTS). La segunda etapa consiste en la unión de los vértices restituidos con vectores según la representación gráfica de los polígonos.
- ☑ Finalmente, una vez digitalizados todos los datos del ejido y disponiendo de un solo archivo .XYZ, el paso siguiente es generar los archivos de salida: uno DXF y otro ASCII, con extensión .cgp; este último contiene los identificadores de los puntos y sus coordenadas en el siguiente orden: identificador, y, x, z.

El archivo *DXF* se genera con la opción de *Exportar archivo* del módulo de *Vectorización* del *DVP*. El archivo *.CGP* se genera con la opción de *importar archivo de puntos* (archivo *PTS*) a formato *ASCII* dentro del módulo de *Vectorización*. Estos se pasan al área de producción para su procesamiento y la generación de la cartografía ejidal.

## 15. ESTEREOSCOPIA

La palabra estereoscopio se deriva de dos palabras griegas *stereos* y *scopeo* que significan *ver sólidos*.

La estereoscopia es fundamental en el campo de la fotogrametría debido a que permite observar objetos tridimensionales en las fotografías aéreas, lo que auxilia en la definición, posición y dimensiones de tales objetos.

La visión estereoscópica permite la observación tridimensional de los elementos. El principio de la visión estereoscópica se basa en el hecho de que debido a la separación de los ojos, 60-75 mm. (distancia interpupilar), las imágenes que percibe la retina, derecha e izquierda, no son idénticas. El cerebro transforma las diferentes impresiones dando una percepción espacial de la imagen, este es el fenómeno que se realiza en la estereofotogrametría.

En fotogrametría se representa el terreno u objeto por dos fotografías aéreas ligeramente diferentes, esto se debe a que el objeto o superficie fue tomada desde dos puntos distintos, y en las cuales existe una área de sobreposición, de manera que las imágenes recibidas por cada ojo son homólogas y al fusionarse en el cerebro proporcionan una imagen tridimensional del terreno. Estas fotografías (par estereoscópico) con sobreposición de imágenes tomadas desde dos puntos diferentes, dan como resultado lo que se llama paralaje: desplazamiento aparente de la posición de un cuerpo con respecto a un sistema o punto de referencia, causado por un cambio del punto de observación o de toma. Esto es básico para apreciar la profundidad de los objetos.

### 15.1 Modelo estereoscópico

El modelo estereoscópico, es definido como el modelo espacial que se observa al mirar un par de fotografías (par estereoscópico).

### 15.2 Par estereoscópico

Cualquier par fotográfico a lo largo de la línea de vuelo que cumpla las siguientes condiciones, a fin de reproducir el modelo estereoscópico:

- ☑ Debe corresponder a fotografías sucesivas con una área común (sobreposición). Cada fotografía del área se toma desde diferente estación.
- ☑ Los ejes ópticos de la cámara en el momento de la exposición, deben estar aproximadamente en un mismo plano.

- La relación entre la altura de vuelo y la distancia entre las estaciones de toma o exposición, debe tener un valor entre 0,2 y 2. Fuera de esto la visión estereoscópica se complica.
- La escala de las fotografías debe ser aproximadamente la misma, se aceptan diferencias no mayores al 5%.

### **15.3 Base estereoscópica**

La base estereoscópica denominada también base aérea, es la distancia horizontal que existe entre dos exposiciones sucesivas de fotografías aéreas. Su equivalente en fotografía se llama *base fotográfica* y corresponde a la distancia entre puntos principales de las dos fotografías, en el área correspondiente a la sobreposición longitudinal.

### **15.4 Tripleta estereoscópica**

Es la imagen conjugada de tres fotografías consecutivas, haciendo posible la visión estereoscópica de toda el área que comprende la superficie de la fotografía central.

### **15.5 Observación tridimensional mediante el uso de estereoscopios**

La observación binocular en fotografías aéreas verticales se realiza mediante dos métodos de observación estereoscópica: por observación directa (a simple vista) y por observación a través de estereoscopios.

El método de observación directa en general produce cierto cansancio ya que los ejes de los ojos convergen en el infinito, en tanto que la acomodación tiene lugar a una distancia finita (distancia de observación).

Para que este método sea posible y menos fatigoso, se colocan lentes entre los ojos y las fotografías y estos quedan a una distancia igual a la distancia focal de la lente del estereoscopio. De este modo la acomodación corresponde con la convergencia y la visión será natural. De allí que en este caso se use el estereoscopio, instrumento óptico binocular a través del cual es posible obtener la tercera dimensión de los objetos.

Existen varios tipos de estereoscopios como:

- Estereoscopios de bolsillo
- Estereoscopios de espejos
- Estereoscopios de MOD MS-16
- Estereoscopios de observación simultánea

# Fotointerpretación

---

Mientras que en fotogrametría se estudian los aspectos métricos de las fotografías, en fotointerpretación se da especial interés al aspecto cualitativo y cuantitativo de dichas fotografías.

## 1. DEFINICIÓN

Fotointerpretación puede definirse como la técnica y arte de interpretar imágenes fotográficas a fin de identificar elementos por reconocimiento, análisis y deducción.

## 2. TÉCNICAS

Las técnicas empleadas para la obtención de esta información pueden ser clasificadas en tres categorías:

### 2.1 Fotoidentificación

La fotoidentificación se refiere al reconocimiento e identificación de objetos y su posición. El fotoidentificador utiliza la fotografía aérea como una base de datos detallada y toda la información la obtiene por lectura directa de las fotos, por lo cual adquiere importancia la experiencia y los conocimientos del fotoidentificador.

### 2.2 Fotoanálisis

El análisis de fotografías aéreas es el proceso mediante el cuál se separan y revisan las partes que componen una imagen, estableciendo su interrelación con el fin de reconocer e identificar un elemento en base a las características de sus componentes individuales, llegando entonces a conclusiones sobre algunas características cualitativas y cuantitativas.

### 2.3 Fotointerpretación

La fotointerpretación abarca las dos técnicas mencionadas anteriormente, pero además incluye el estudio detallado de los elementos que aparecen en las fotografías a fin de realizar evaluaciones de las mismas.

Para que un fotointérprete tenga un buen nivel de referencia y realice correctas evaluaciones, y por lo tanto obtenga adecuadas conclusiones, debe contar con conocimientos teóricos y experiencia personal, tanto de campo como en el análisis de fotografías.

Comúnmente estas tres técnicas son conocidas bajo el nombre de fotointerpretación, sin embargo es conveniente conocer las diferencias entre las tres categorías citadas y el nivel de información que se obtiene.

## 3. CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN FOTOGRÁFICA

Para la fotointerpretación, cualitativamente la imagen fotográfica debe estudiarse principalmente bajo los siguientes aspectos:

### 3.1 Nitidez

La nitidez es la claridad o pureza de la imagen y su calidad depende de las características de la imagen fotografiada, el movimiento de la imagen y las características del material fotográfico utilizado.

### **3.2 Contraste**

Depende de la iluminación solar, condiciones atmosféricas, reflectivas de la imagen, refracción por nieblas, sensibilidad espectral de la emulsión, proceso de revelado del negativo y proceso de copiado y revelado del positivo, lo cual influye directamente en la claridad y oscuridad de la imagen.

## **4. ELEMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LAS FOTOGRAFÍAS AÉREAS**

El fotoidentificador debe aprender a considerar una serie de elementos que en forma directa o indirecta y analizándolos en conjunto, lo ayuden a identificar los rasgos fotográficos de su interés. Para la mayoría de las aplicaciones se consideran las características básicas o elementos que a continuación se definen:

### **4.1 Tamaño**

El tamaño del objeto observado puede ser de gran ayuda para su plena identificación, aunque es conveniente su observación detenida, pues dos elementos diferentes pueden aparecer en la imagen muy parecidos, sin embargo, la diferencia en tamaño puede ser el factor decisivo para su identificación.

La escala de la fotografía es de suma importancia, pues un error en su determinación puede dar lugar a identificaciones erróneas por el tamaño de los objetos; por ejemplo: un arbusto puede ser confundido por un árbol o viceversa.

### **4.2 Forma**

La forma de los objetos observada en una fotografía aérea tampoco es la que el observador está acostumbrado a ver, por lo que es necesario adquirir experiencia mediante la modificación de sus hábitos de observación horizontal para aprender a ver los objetos desde un punto de vista vertical.

El valor de la forma para el fotoidentificador consiste en que delimita la categoría a la cual pertenece un objeto desconocido; con frecuencia permite una identificación conclusiva y ayuda a comprender el significado y función.

### **4.3 Textura**

La textura puede ser definida como la distribución de tonos que presentan un conjunto de unidades que son demasiado pequeñas para ser identificadas en forma individual en la fotografía, por lo tanto, la textura de una fotoimagen es la frecuencia de variación y el arreglo de los tonos. Tono es cada variación perceptible desde el color negro hasta el blanco. En la imagen de un bosque no es posible identificar los árboles en forma individual, pero su conjunto produce una textura granular, que según la escala puede ser gruesa, mediana o fina.

Los términos más comunes para referirse al tipo de textura son lisa o áspera.

### **4.4 Tono y color**

El color contribuye a la identificación de los objetos y su interpretación es aparentemente mucho más sencilla, dado que en fotografías en blanco y negro los objetos se ven en diferentes tonos de gris, sin embargo, para un fotointérprete experimentado, la imagen a color tendrá muy pocas ventajas sobre la de blanco y negro, ya que con su experiencia y haciendo abstracciones puede obtener la misma información.

Para utilizar correctamente las diferencias en tonalidades en las fotografías, es necesario conocer los factores que tienen influencia sobre estos tonos.

Una masa de agua puede aparecer en tonos que fluctúan desde el blanco hasta el negro, según la inclinación de los rayos solares y el número de superficies onduladas que reflejen la luz sobre la lente de la cámara.

Un camino asfaltado aparecerá claro porque su superficie es lisa; oscura si está recién pavimentado. Una vereda se verá blanca en la estación seca y oscura después de la lluvia.

La experiencia del fotointérprete es de suma importancia para evitar errores debidos a factores secundarios.

#### **4.5 Sombras**

Las sombras se producen al ser proyectados los rayos de luz sobre un objeto. En las fotografías aéreas tomadas en un día con cielo despejado, el sol ilumina los objetos produciendo sombras, las cuales, ayudan a identificar algunos objetos.

Un objeto metálico liso y redondo de color indeterminado tal como un camión-tanque, reflejará tanta luz que la película no registrará sus detalles y su identificación se hace posible por las sombras.

#### **4.6 Patrón**

Se refiere a la agrupación ordenada de ciertos elementos con características especiales, el drenaje, los cultivos, la navegación, el uso del suelo, etc.

Estos presentan ciertos patrones o disposiciones que permiten definir una serie de características.

#### **4.7 Localización**

Se refiere a la ubicación geográfica o topográfica y características propias de ese lugar. Por ejemplo, en una fotografía de escala chica, una línea oscura puede aparecer como un límite que no sabemos si son arbustos u otra cosa, pero si se sabe que estamos en una región de magueyales, podremos definir que estos no son arbustos sino, efectivamente, magueyes alineados.

#### **4.8 Asociación**

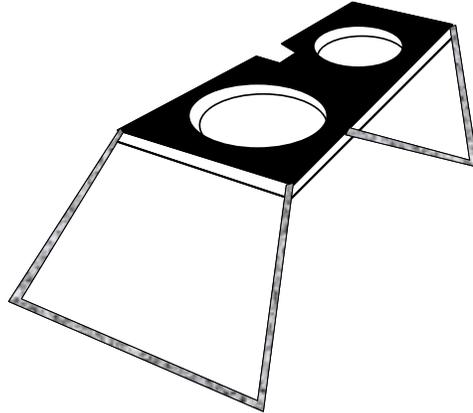
La asociación es la presencia de ciertos rasgos en relación con otros. Por ejemplo, en una huerta de guayabas u otras frutas es probable encontrar una mesa rústica que se utiliza para seleccionar los productos de la recolección. En la fotografía la mesa parecerá como un pequeño cuadro que puede servir de referencia para localizar un vértice.

### **5. INSTRUMENTOS PARA LA FOTOINTERPRETACIÓN**

#### **5.1 Estereoscopio de bolsillo**

El principio de este instrumento se basa en la observación binocular con ejes paralelos. Consta en general de un par de lentes cuya distancia focal (distancia vertical del centro de la lente a la fotografía aérea) es aproximadamente 100 mm. Están diseñados preferentemente para uso en el campo, aunque también prestan gran ayuda en trabajos de gabinete, el poder de ampliación es de 2.5X (un aumento de 2.5 veces del original).

El estereoscopio de bolsillo tiene dos soportes o patas y un mecanismo para calibrar la distancia interpupilar (distancia entre los dos ejes pupilares). Algunos traen además lupas para asegurar a los lentes. Existen modalidades que dependen básicamente de la marca de fabricación.



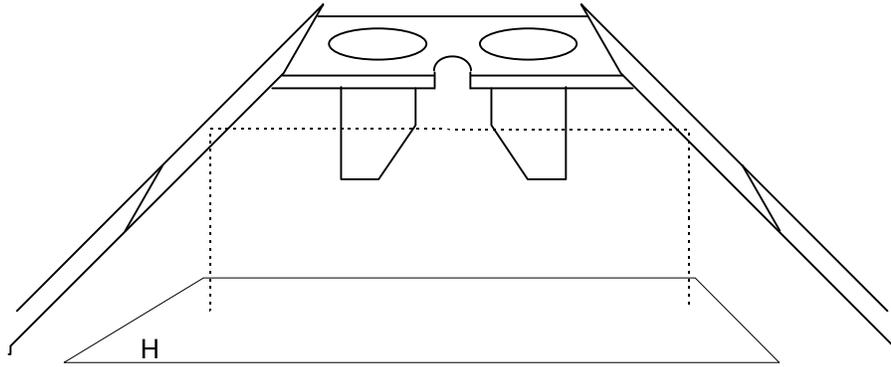
El manejo del estereoscopio de bolsillo se puede reducir en general en los siguientes pasos:

- ☑ Colocar el par estereoscópico sobre la mesa o cualquier apoyo que permita dar la posición de acuerdo a como fue tomado
- ☑ Instalar el estereoscopio sobre el par estereoscópico
- ☑ Elegir dos puntos o áreas homólogas (en cada foto), y se colocan entre sí a una distancia aproximadamente igual a la distancia interpupilar
- ☑ Realizar la observación estereoscópica, tratando de observar con cada ojo una imagen homóloga y al mismo tiempo hacer pequeños ajustes en la posición del estereoscopio en la distancia interpupilar y el par estereoscópico hasta observar exactamente las dos imágenes fusionadas y se produzca el efecto de la tercera dimensión

Es necesario señalar que al usar aerofotos de formato 23 cm. x 23 cm., en ocasiones se necesita doblar hacia arriba una de ellas con el objeto de que cada ojo reciba una imagen homóloga y así se produzca la tercera dimensión. Esto se debe a que los puntos homólogos por visualizar quedan separados a una distancia mayor a la interpupilar o bien que el detalle observado es cubierto por la parte de superposición de la fotografía de al lado.

## 5.2 Estereoscopio de espejos

El diseño, construcción y características de este tipo de estereoscopio fue originado por las limitantes del estereoscopio de bolsillo, ya que la distancia interpupilar varía de 21 a 26 cm. y permite de esta forma la observación completa de un modelo estereoscópico formado por fotografías aéreas de 23 cm. y 23 cm. Esta distancia entre puntos homólogos es la que se denomina base del estereoscopio.



El principio de este instrumento es simplemente la observación binocular con ejes paralelos. Cuenta con un par de lentes con o sin binoculares, dos prismas o espejos de  $45^\circ$ , dos espejos grandes montados sobre una armadura metálica y dos cubreespejos.

La distancia de observación es de 30 cm., dando un aumento de 0.8X, permitiendo la adición de binoculares para lograr un aumento hasta de 8 veces del original. La principal utilidad es de gabinete, aunque puede usarse en campo en condiciones muy especiales.

El manejo del estereoscopio de espejos se puede reducir en general en los siguientes pasos:

- Colocar el par estereoscópico en la posición de acuerdo a como fue tomado
- Ajustar la posición del par estereoscópico apoyándose en imágenes homólogas del mismo
- Proceder a realizar la observación estereoscópica de las imágenes

## **ANEXO**

## **A. GLOSARIO TÉCNICO**

### **Aberración**

Desplazamiento aparente en posición de los cuerpos celestes, en el mismo sentido del observador, debido a la velocidad de la luz, combinado con el movimiento de la Tierra.

### **Abscisa**

Medida realizada sobre el eje horizontal  $x$  de un sistema de coordenadas de referencia, cuyo punto de origen es la intersección de dos ejes perpendiculares entre sí.

### **Acimut (Azimut)**

Ángulo medido en el sentido de las manecillas del reloj a partir del Norte hacia cualquier objeto observado. Su valor está comprendido entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$ .

### **Acimut astronómico de una dirección**

Ángulo diedro definido por el plano meridiano astronómico de  $P$  y el plano vertical de  $P$  que contiene  $AQ$  medido sobre el horizonte astronómico de  $P$  a partir de la proyección del polo elevado de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  en el sentido sur, oeste, norte, este.

### **Acimut geodésico de una dirección**

Ángulo determinado por la tangente a la línea geodésica en el punto de observación y el meridiano elipsoidal que pasa por el mismo, medido en el plano perpendicular a la normal elipsoidal del observador en el sentido de las manecillas del reloj a partir del sur.

### **Acimut inverso**

El que corresponde al extremo opuesto de la línea cuyo acimut directo ha sido determinado o calculado.

### **Achatamiento del elipsoide**

Relación entre la diferencia de sus semiejes y el semieje mayor. También llamado elipticidad o aplanamiento.

### **Acotar**

Señalar linderos en los terrenos. Marcar las medidas en un plano topográfico. Reservar legalmente el uso y aprovechamiento de un terreno.

### **Actualización cartográfica**

Proceso de revisión y modificación de la información gráfica y temática, con el fin de que la cartografía recoja los cambios habidos en el tiempo en el territorio que representa.

### **Actualización catastral**

La actualización se refiere a la puesta al día de los elementos que constituyen los componentes de un Catastro. Cuando se habla de actualización catastral se hace referencia a todos los elementos. Cuando se habla de actualización de valores se hace referencia a los valores unitarios de terrenos y construcciones.

### **Aerofotografía**

Fotografía de la superficie terrestre, tomada desde un avión o helicóptero.

### **Aerofotogrametría**

Procedimiento técnico para la medición de la superficie terrestre aerofotografiada.

### **AGEB**

Iniciales que significa: Área Geoestadística Básica. Concepto utilizado por el Instituto para designar áreas de terreno de extensión similar y límites físicamente reconocibles en cuya base se estructura la información recopilada en los Censos Nacionales.

### **Agostadero**

Una de las clasificaciones del uso del suelo. Lugar donde pasta el ganado.

### **Agricultura**

Labranza, cultivo de la Tierra. El término también se refiere a las técnicas para el cultivo de la Tierra.

### **Agrimensura**

Medición de la Tierra. Es cuando el levantamiento planimétrico tiene por objeto el de medir terrenos, fijando superficies y límites.

### **Agrodesia**

Parte de la topografía que se ocupa del fraccionamiento o división de los terrenos.

### **Agudeza visual**

Actitud del ojo de separar sobre un acre el más pequeño detalle. Comparable con el poder de resolución de cámara métrica.

### **Ajuste**

Es la determinación y aplicación de correcciones a los elementos observados, derivados de los errores propios de las mediciones.

### **Ajuste a escala**

Cambio de la escala en la triangulación fotogramétrica para hacer que el modelo estereoscópico encaje con el control horizontal.

### **Alambre invar**

Longímetro construido con un metal llamado invar, que es una aleación de acero y níquel. Su coeficiente de dilatación varía de acuerdo con la relación de la mezcla de los dos metales.

### **Alineación**

Ubicar bien en los extremos o vértices una línea de referencia o un límite.

### **Alfabético**

En el lenguaje del sistema, se refiere a todos aquellos caracteres que son letras del alfabeto.

### **Alfanumérico**

En el lenguaje del sistema, se refiere a aquellos caracteres que pueden ser tanto letras como números o símbolos especiales.

### **Almanaque**

Información aproximada de los parámetros orbitales de los satélites de la constelación NAVSTAR.

### **Altimetría**

Técnica para medición de la altitud y la interpretación de sus resultados. Desigualdades del terreno en sentido vertical.

### **Altímetro**

Instrumento que mide la altitud en relación al nivel medio del mar.

### **Altitud**

Es la altura o distancia vertical a que se encuentra un punto de la superficie terrestre respecto al nivel medio del mar y constituye el origen de las altitudes de los mapas topográficos de un país.

### **Altitud normal**

Es la longitud medida sobre la normal al elipsoide desde éste a un punto sobre la superficie terrestre.

### **Altitud ortométrica**

Altitud de un punto de la Superficie Terrestre sobre el geoide, medida a lo largo de la línea de plomada. Debido a la falta de paralelismo entre las superficies de nivel o superficies equipotenciales en el campo de la gravedad, la altitud ortométrica es distinta para puntos de una misma superficie de nivel.

### **Altura**

Distancia vertical de un punto con respecto a la superficie del terreno.

### **Altura de vuelo**

Relación que existe entre la escala de la fotografía y la distancia principal o local.

### **Aluvión**

Es el asentamiento natural que sufren los predios colindantes a las riberas de los ríos por el depósito paulatino de materiales que la corriente va formando en esas riberas.

### **Amojonar**

Operación consistente en colocar mojoneras o señales que sirven para fijar los límites precisos de un predio rústico.

### **Ampliación**

Es un dibujo o copia obtenido a escala mayor de la del original.

### **Análisis métrico**

Contraste y validación de una cartografía a partir de puntos tomados por topografía clásica en el terreno. Los puntos muestreados en el terreno se comparan con los que existen en la cartografía, si las diferencias están dentro de la tolerancia establecida por la escala del mapa, se admite ésta como válida, en caso contrario se debe realizar una nueva cartografía.

### **Aneroide**

Instrumento con el que se mide la presión atmosférica basado en el movimiento elástico de un pequeño tambor metálico.

### **Angstrom**

Unidad de medición de las longitudes de onda; equivale a la diezmillonésima parte de un milímetro. Se representa por la letra A.

### **Ángulo**

Abertura comprendida entre dos líneas que se interceptan, medido por el arco de círculo interceptado por ellas, siendo el centro del círculo el punto de intersección.

### **Ángulo acimutal**

Ángulo diedro cuya arista es la vertical del lugar.

### **Ángulo cenital**

El ángulo que la visual dirigida a un punto forma con la vertical del lugar.

### **Ángulo de defección**

Ángulo formado por la prolongación de un lado de una poligonal con el siguiente.

### **Ángulo de distancia**

Ángulo de un triángulo opuesto al lado utilizado como base en la solución del mismo, o a un lado cuya longitud deba calcularse.

### **Ángulos horizontales**

Ángulo a sinextrorsum.- En sentido contrario a las manecillas del reloj. Ángulo a dextrorsum.- En sentido del giro de las manecillas del reloj.

### **Ángulo paraláctico**

Es el ángulo que resulta de la intersección de la dirección visual de cada ojo a un objeto. La diferencia de ángulos paralácticos nos da la impresión de profundidad y es considerada como agudeza visual estereoscópica.

### **Anomalía**

El ángulo en el Sol entre el radio vector de un planeta y la línea de los apsidés de su órbita medido a partir del perihelio en la dirección del movimiento del cuerpo.

### **Anomalía topográfica isostática**

La diferencia entre un valor medido de la gravedad reducido mediante la aplicación de las correcciones de aire libre y topográfica isostática y el correspondiente valor teórico a nivel del esferoide normal.

### **Anteproyecto**

Estudio preliminar de ingeniería, arquitectura, legislación, etc., que se realiza para conocer la posibilidad de llevar a cabo un proyecto.

### **Apoyo terrestre**

Referencias topográficas necesarias para la aerofotografía.

### **Área**

El término tiene dos significados para los fines de catastro. El primero de ellos es sinónimo de superficie; el segundo, se refiere a la unidad de medida de superficie agraria, equivale a 100 metros cuadrados, se representa con la letra *a* minúscula.

### **Área de control (AC)**

Se refiere a cada uno de los polígonos o terrenos representados en la carta topográfica con información predial e identificados con una clave progresiva del 1 al N al interior de cada AGEB.

### **Área de control envolvente o poligonal envolvente**

Se identifica en la Carta Topográfica con información predial como un solo predio, pero en realidad contienen 2 o más que no fue posible representarlos en el mapa por problema de escala o de otra índole. Se observa a su interior las letras *P.E.* y su clave de área de control.

### **Áreas de control de propiedad privada individual**

Son todos aquellos predios que tienen un solo responsable y en la Carta Topográfica con información predial, se identifican por tener únicamente su clave de área de control.

### **Áreas de control de propiedad pública**

Estas áreas de control corresponden a los predios de propiedad federal, estatal o municipal, pudiendo ser parques nacionales, zonas de reserva, zonas urbanas, campos experimentales, etc., además de su clave de área de control traen su nombre o bien las siglas *ZF* o terreno nacional.

### **Área de control de propiedad social**

Estas áreas corresponden a los ejidos, comunidades agrarias, nuevos centros de población ejidal. En la Carta Topográfica con información predial se identifican por tener además del número de área de control el nombre oficial de la Propiedad Social, indicando para el caso de ejidos si es dotación o ampliación.

### **Astrolabio**

Instrumento de colimación fijo destinado a la observación de estrellas al mismo plano de altura. Las observaciones realizadas con astrolabios permiten encontrar la latitud del lugar y la corrección del cronómetro.

### **Astronomía geodésica**

Rama de la geodesia, que estudia la determinación de puntos sobre la superficie terrestre y el acimut de direcciones que parten de los mismos, mediante mediciones y observaciones efectuadas sobre cuerpos celestes naturales.

### **Atmósfera**

Mezcla de gases, vapores, iones y partículas que rodean la superficie terrestre. Se deriva de las voces griegas *atmos* (vapor, aliento) y *sphaira* (espera). Está compuesta por las siguientes capas: tropósfera, estratósfera, mesósfera, ionósfera o termósfera, exósfera y magnetósfera.

### **Baldío**

Se aplica a las tierras sin labrar y las abandonadas.

### **Baliza**

Señal de ruta o poste indicador para trabajos topográficos.

### **Bancos de nivel**

Puntos de control de nivelación vertical, cuya elevación con respecto al nivel del mar es conocida. Los bancos pueden ser de diferente orden según el grado de exactitud con que se haya establecido ( $1^\circ$ ,  $2^\circ$  ó  $3^\circ$ ) siendo los de mayor precisión los de primer orden.

### **Bancos de nivel de precisión**

Marca de la Red Geodésica Nacional vertical de primer orden, que proporciona datos a las altitudes sobre el nivel del mar con mayor precisión que los bancos de nivel topográficos.

### **Banco de nivel topográfico**

Son puntos de control para nivelación horizontal, pudiendo ser de segundo a tercer orden como apoyo a mediciones topográficas. En la Dirección General de Geografía del Instituto se utiliza el mismo término para designar a la marca de la Red Geodésica Nacional vertical que proporciona datos de altitudes sobre el nivel del mar con menor exactitud que los bancos de nivel de precisión.

### **Barómetro**

Instrumento para medir la presión atmosférica.

### **Barómetro de mercurio**

Instrumento provisto de una columna de mercurio contenida dentro de un tubo de vidrio al vacío, cuya altura medida con una escala especial, indica la presión atmosférica.

**Base de datos**

Conjunto de tablas que contienen información relacionada a un campo de estudio u objetivo específico y que se manejan a través de un software.

**Base de datos alfanumérica**

Base de datos que contiene atributos de los objetos espaciales.

**Base de datos geográficos**

Es una representación o modelo de la realidad territorial. Contiene datos sobre posición, atributos descriptivos, relaciones espaciales y tiempo de las entidades geográficas, las cuales son representadas mediante el uso de puntos, líneas, polígonos, volúmenes o también por medio de celdas.

**Base geodésica**

Lado de una triangulación medido por un procedimiento directo o indirecto.

**Basic**

Lenguaje de programación de uso común en la microcomputadora. Acrónimo de *Beginners All Purpose Symbolic Instruction Code*.

**Blanco**

Punto de mira, en la medición con instrumentos topográficos.

**Bordo**

Faja de tierra elevada sobre el terreno, que se hace para represar o encauzar el agua. También se usa para dividir parcelas.

**Brecha**

Camino abierto a través de terrenos enmontados o agrestes. También se le dice así al trabajo de aclareo de monte para medición de un punto a otro, en una línea.

**Brigada**

Conjunto de trabajadores. Equipo de trabajo generalmente de carácter topográfico o de investigación de campo.

**Brújula**

Instrumento constituido por una aguja magnética que se orienta señalando dirección del polo norte magnético terrestre.

**Byte**

Unidad de memoria equivalente al espacio que ocupa un carácter, una letra, un símbolo y un espacio.

**Cadena topográfica**

Cinta métrica graduada normalmente a cada 10 cm. Generalmente mide 20 mts. de longitud y se utiliza para la medición de distancias durante los levantamientos topográficos.

**Cadenero**

Auxiliar de topógrafo. Persona que realiza mediciones en un terreno.

**Cálculo de la base**

Determinación de la longitud de la base de una triangulación en función de las medidas de sus secciones.

**Camino**

Vía construida en el terreno para transitar y comunicar dos o más lugares entre sí.

**Campo**

Término de computación que se refiere a un grupo consecutivo de posiciones de almacenamiento reservado para una clase específica de datos.

**Canevá**

Red, retículo o cuadrículado. Sistema de cuadrículas derivadas de las figuras geométricas. Base para las proyecciones cartográficas las cuales se sobreponen a las redes de paralelos y meridianos.

**Capturar**

Término usado en computación para designar el proceso de transferir datos a la memoria del computador a través de un dispositivo de entrada, generalmente un teclado.

**Caracter**

Signo de cualquier sistema de escritura. En computación se dividen en alfabéticos y alfanuméricos.

**Carta**

El término se aplica principalmente a mapas hechos especialmente para navegación náutica y aeronáutica o a mapas celestes, aunque también se utiliza para describir otros mapas de usos específicos, por lo general a escalas medias y grandes y utilizando proyecciones cartográficas. Comúnmente se usa como sinónimo de mapa.

**Carta DETENAL**

Denominación comúnmente usada para los documentos cartográficos, producidos por el Instituto. La palabra DETENAL está formada con las siglas de la antigua Dirección de Estudios del Territorio Nacional. Las principales cartas son: la topográfica, geológica, edafológica, etc.

**Carta topográfica con información predial**

Es una carta derivada de la topografía básica del Instituto, a escala de 1:50 000, con formato de 15 x 20 minutos, a la cual se ha agregado la información predial del Catastro Rural de la SRA y el marco geoestadístico del Instituto.

**Carta topográfica básica**

Es aquella elaborada por el Instituto que se obtiene a partir de fotografías aéreas, levantamientos geodésicos; clasificación y obtención de toponimia en campo. Suele llamársele también carta fotogramétrica. En nuestro país es la que está a escala 1:50 000, con formato de 15 x 20 minutos, en proyección UTM. Constituye el elemento básico de sistema de cartografía topográfica, ya que de ella se derivan las temáticas de geología, uso del suelo, etc., así como las escalas menores.

**Cartografía**

Es la ciencia o técnica que implica un conjunto de procedimientos que permite reunir, analizar, generalizar y sintetizar datos de la superficie terrestre, para representarla a una escala reducida en una carta o mapa.

**Cartografía automatizada**

Proceso de elaboración de cartografía mediante software informático de edición y maquetación.

**Cartografía catastral**

Rama de la cartografía básica, dedicada a la preparación y ejecución de mapas catastrales.

**Catastro**

Es un sistema de información territorial para usos múltiples, integrados por un conjunto de registros relacionados, tanto gráficos como alfanuméricos que contengan los datos referentes a la propiedad raíz.

Censo descriptivo o estadística gráfica de las fincas rústicas y urbanas. Tiene por objeto, según la ley del 23 de marzo de 1906, la determinación de la propiedad territorial, es decir, el inventario más o menos detallado de la riqueza de una comarca o nación, cuyo fin primordial es que sirva para el equitativo reparto del impuesto territorial. Desde el punto de vista del topógrafo, en el catastro se presenta una cartografía básica de enorme aplicación y siempre como referencia válida para cualquier actuación cartográfica.

**Catenaria**

Curva que hace una cadena, cable o cinta colgado entre dos puntos separados.

**Cenit**

Punto de la esfera celeste, situado verticalmente encima de la cabeza del observador en la prolongación del radio terrestre que pasa por sus pies.

**Centiárea**

Medida de superficie. Centésima parte de un área. Se abrevia *ca.* Equivale a 1 m<sup>2</sup>.

**Centrado del instrumento**

Colocación del teodolito sobre el centro de la estación.

**Centro de proyección**

Corresponde al centro de la lente de la cámara, donde convergen todas las líneas de los puntos del terreno proyectadas hacia el negativo.

**Ciénega**

Una porción de tierra suave y húmeda, generalmente baja. Algunas veces parte o completamente bajo el agua.

**Cierre angular**

Es la suma teórica de los ángulos interiores o exteriores que definen a un polígono.

**Cierre lineal**

Es la igualdad teórica que resulta del comparativo entre las sumas positivas y negativas las proyecciones verticales y horizontales, calculadas de los lados de un polígono.

**CIGNET**

Cooperative International GPS Network, red de estaciones permanentes, cuyo objetivo es el control de los satélites de la constelación NAVSTAR, bajo la dirección del National Geodetic Survey (EEUU). Entre otras funciones proporciona efemérides precisas a los usuarios civiles.

**Cinta de acero**

Es una cinta de acero graduada a lo largo de su longitud en unidades métricas. Se usa para la medida de bases.

**Clave catastral**

Conjunto único de dígitos que se asignan a un predio para su identificación, en función de su ubicación geográfica.

**Clima**

Conjunto de condiciones atmosféricas o meteorológicas que caracterizan a una región.

**Clisímetro**

Instrumento que se utiliza para determinar la diferencia de altura entre dos puntos y así obtener la pendiente.

**Codificación**

Transformación de la formulación de un mensaje por medio de un código determinado.

**Código C/A o S**

Código de fácil acceso o de clara adquisición estándar del sistema GPS asequible a todos los usuarios. Se modula exclusivamente sobre la portadora L1 a una frecuencia de 1.023 Mhz.

**Código P**

Código preciso de las señales GPS. Cada satélite GPS genera un código P único. Se emite sobre las portadoras L1 y L2 a una frecuencia de 10.23 Mhz.

**Código de señales (Morse)**

Sistema telegráfico Morse y código para transmitir señales entre los heliotropistas.

**Codo**

Antigua medida de longitud. Cordeles utilizados en los trabajos de medición, con nudos equidistantes a 52 cm.

**Coefficiente de refracción**

Factor que interviene en el fenómeno de la refracción atmosférica y que depende del ángulo de las verticales en los extremos de la línea geodésica considerada.

**Coefficientes geodésicos**

Auxiliares para el cálculo de coordenadas geodésicas, designadas con las letras A,B,C,D,E, cuyos valores se encuentran tabulados para diversas latitudes.

**Colimación**

Ángulo entre la línea de mira de un anteojo y su eje de colimación (línea imaginaria que pasa por el centro de la retícula).

**Comparador de longímetros**

Patrones de longitud para la estandarización de los longímetros usados en topografía y en geodesia.

**Computador(a)**

Sistema electrónico, diseñado para procesar datos y proporcionar información relativa a esos datos. Consta básicamente de una unidad central de procesamiento, dispositivos periféricos de entrada/salida y unidades de memoria externa.

**Control**

Proceso de verificación entre los resultados obtenidos y las metas fijadas.

**Control geodésico**

Referencia elíptica que representa al geoide y a los datos de control horizontal y vertical, que toma en consideración el tamaño y la forma de la Tierra.

**Control terrestre**

Este se encuentra constituido por los valores de coordenadas de vértices y bancos de niveles establecidos sobre la superficie terrestre. Su ubicación está perfectamente bien definida sobre las

fotografías correspondientes. Representan los datos reales que se utilizan en la restitución para orientar las fotografías aéreas con respecto al terreno y puede ser directo o aerotriangulado.

### **Control terrestre aerotriangulado**

Es aquél en el que a partir de puntos de apoyo terrestre (PAT) con valores obtenidos directamente en campo y colocados estratégicamente, se propagan y obtienen las coordenadas de todas las fotografías de un bloque definido.

### **Control terrestre directo**

Consiste en obtener directamente en campo las coordenadas de cada punto de apoyo seleccionado para esto, mediante el posicionamiento de equipo GPS.

### **Convergencia de cuadrícula**

Ángulo que forman los meridianos y las rectas verticales de la cuadrícula UTM.

### **Coordenadas**

Elementos que definen la posición de un punto sobre la superficie terrestre, siendo éstas: latitud, longitud y altitud.

### **Coordenadas cartesianas**

Llamadas también coordenadas rectilíneas planas. Los ejes se cortan perpendicularmente en un punto llamado origen.

### **Coordenadas geográficas**

Sistema de referencia para la correcta ubicación de los elementos en la superficie terrestre. Sus unidades de medida son angulares, debido a la forma esférica de la Tierra o sea grados ( $^{\circ}$ ), minutos ( $'$ ), segundos ( $''$ ). Las coordenadas geográficas son: latitud, longitud y altitud.

### **Coordenadas rectangulares o UTM**

Es un sistema de ejes rectangulares denominado cuadrícula UTM, que se utiliza como base para proyectar las coordenadas geográficas en la realización de los mapas.

### **Coordinatógrafo**

Instrumento usado para trazos en términos de coordenadas planas. Puede ser parte de un instrumento estereoscópico de trazado.

### **Copia**

Reproducción de un documento. Las copias fotográficas son las impresiones de un mismo negativo. Las copias heliográficas son las reproducciones de mapas o planos elaborados en material traslúcido, por efecto de los rayos solares o sus sustitutos.

### **Corrección geométrica**

Es un ajuste de la geometría de una imagen digital para su escalado, rotación y corrección de otras distorsiones espaciales. También se puede considerar como la eliminación de los errores geométricos de una imagen, de tal manera que esté de acuerdo con un determinado sistema de coordenadas. Esto implica la creación de una nueva imagen digital por remuestreo de la imagen original.

### **Corrección ortométrica**

Corrección que es aplicable a la diferencia de altitudes medidas en un itinerario de nivelación geométrica para convertirla en diferencia de altitudes ortométricas. Es negativa en ambos hemisferios para itinerarios de nivelación en que aumenta la latitud a lo largo del recorrido y positiva en caso contrario.

**Correcciones**

Las que se aplican a un valor observado para satisfacer ciertas condiciones teóricas.

**Correlación**

Interdependencia estadística entre dos cantidades.

**Corriente**

Traslación de las aguas de un río o de masas de aire. Tipo de construcción de baja calidad.

**Cota**

Número que representa la altitud de un punto de la superficie terrestre con respecto al nivel medio del mar. Diferencia de nivel con respecto a un banco de nivelación.

**Cota de curva de nivel**

Número que se rotula junto o sobre una curva de nivel para indicar su altitud sobre el nivel medio del mar.

**Cota fotogramétrica**

Punto de control auxiliar para medición de desniveles del terreno, con técnicas fotogramétricas.

**CPU**

Unidad central de procesamiento (por sus siglas en inglés).

**Cronómetro**

Instrumento de precisión, que permite medir el tiempo sea cual fuere la posición en que se ponga y la temperatura ambiente local.

**Cronógrafo**

Instrumento que produce una gráfica de períodos de tiempo por medio de un reloj de precisión o de otro mecanismo similar.

**Croquis (Representación gráfica)**

Apunte o esquema de un plano de ubicación de predios, o de sus construcciones, que permite conocer su localización o características por referencias. Es aproximado y sin escala precisa.

**Croquis de triangulación**

Proyectos de triángulos y polígonos en la zona considerada.

**Croquis de referencia de vértices**

Esquema que sirve para identificar el punto de estación o el vértice que se busca.

**Cuadrícula**

Sistema de rectas que se cortan ortogonalmente (perpendicularmente) con separación uniforme y se construye a partir de datos geodésicos, se utiliza reglamentariamente en la cartografía oficial de una país. En México se utiliza la cartografía UTM.

**Cuadrícula UTM**

Es un sistema de determinación de coordenadas para medir superficies planas, sobre la cual se proyectan las coordenadas geográficas de medición angular; para superficies esféricas y en combinación son la base de la proyección UTM.

La cuadrícula UTM está compuesta de 60 zonas matemáticamente equivalentes, en la cual se proyecta la superficie terrestre entre dos meridianos separados por seis grados. Los valores de cada zona UTM son iguales para cada una de ellas, no así sus valores angulares (grados, minu-

tos y segundos). Las zonas se numeran de la 1 a la 60, de izquierda a derecha. Nuestro país se ubica entre la zona 11 y 16.

El origen de las mediciones de cada una de las 60 zonas, son: Su meridiano central al cual se le asigna un valor arbitrario de 500 000 m. y el Ecuador, el cual para el hemisferio norte tiene valor de 0 m. y se incrementan las medidas conforme avanza hacia el norte. Para el hemisferio sur el Ecuador tiene un valor de 10 000 m. que disminuye al avanzar hacia el sur.

Si un punto se localiza a la derecha del meridiano central, la distancia entre ambos, se le agrega en metros a 500 000. Para obtener su valor cuadrangular (aumenta su valor).

Si un punto está ubicado a la izquierda del meridiano central, la distancia entre ambos se resta a 500 000 (disminuye su valor).

La distancia dentro de cada faja, siempre serán positivas y aumentan siempre de oeste a este.

\* Ver proyección UTM

### **Cuenca**

Territorio rodeado de alturas cuyas aguas escurren o fluyen hacia un río, lago o mar.

### **Cuesta**

Terreno inclinado.

### **Cuerpo de agua**

Volumen de agua limitado por superficies de tierra.

### **Cuerpo del mapa**

La sección representada de la superficie terrestre sobre una red de coordenadas geográficas y rectangulares, dentro de un formato específico.

### **Cumbre**

Parte más elevada de una montaña o cerro.

### **Cursor**

Corredora de ciertos aparatos de ingeniería. En computación, se refiere a un elemento indicador que aparece en pantalla para mostrar la posición que ocupa un determinado dato o carácter.

### **Curva de depresión**

La que resulta de unir los valores de la distancia máxima visible debido a la curvatura de la Tierra para puntos de una línea de diversas alturas.

### **Curva de nivel**

Línea que une los puntos sobre la superficie terrestre de igual distancia vertical (altitud o cota), y que en un mapa representan las formas y accidentes del terreno.

### **Curva de nivel auxiliar**

Curva intercalada entre las curvas de nivel. Sólo se emplea para indicar pequeñas formas de relieve.

### **Curva de nivel maestra**

Curva de nivel que se dibuja con mayor grosor y cuyas cotas son determinados múltiplos de la equidistancia.

### **Dato**

Hecho, elemento, material primario de la información. Los datos catastrales son los que caracterizan a los diferentes períodos obtenidos o verificados por el catastro para sus fines.

**Datum**

Punto fundamental del terreno determinado por observación astronómica, referencia para los levantamientos, definidos por la longitud y la latitud de una estación seleccionada y el acimut entre esa estación y otra referencia, con él se enlazan los extremos de la base del primer triángulo de una cadena de triangulación y que sirve de origen a todas las coordenadas geográficas de la red. El datum para América del Norte es conocido como datum de Norteamérica de 1927 y las estaciones son el Meade's Ranch, en Kansas, con acimut a la estación de Waldo.

**Datum geodésico**

Conjunto de parámetros que determinan la forma y dimensiones del elipsoide de referencia.

**Datum Norteamericano de 1927**

Datum al que deben estar referenciados todos los puntos pertenecientes a los levantamientos geodésicos horizontales en nuestro país, y de los países de Norteamérica cuyos parámetros son:

- Elipsoide de CLARK de 1866
- Semieje mayor = 6 378 206.4 m.
- Semieje menor = 6 356 583.8 m.
- Vértice de origen = Meade's Ranch; Kansas, EUA
- Latitud de origen = 39° 13' 26.686" N
- Longitud de origen = 98° 32' 30.506" W
- Desviación de la vertical en el meridiano -1.02"
- En el primer vertical -1.79"
- Altura geoidal en el origen 0.00 m.
- Acimut del origen a la estación Waldo (desde el sur) = 75° 28' 09.64"

**Decárea**

Medida de la superficie equivalente a diez áreas. Se abrevia (Da).

**Deciárea**

Medida de superficie equivalente a la décima parte de una área. Se abrevia (da).

**Declinación magnética**

Ángulo que forman los meridianos y la dirección de la brújula.

**Declive**

Pendiente o inclinación de un terreno.

**Demarcación de estaciones**

El señalamiento material de las estaciones de medición.

**Densitómetro**

Instrumento que se utiliza para medir la densidad de una emulsión fotográfica, por transparencia o por reflexión.

**Depresión del horizonte**

El ángulo entre los horizontes real y virtual de un lugar situado a determinada altura sobre el nivel del mar.

**Descripción**

Representación de los predios por medio de los métodos utilizados para este fin. Enumeración de las características de un predio.

**Desmontar**

Quitar o eliminar de un terreno la vegetación existente, con el fin de utilizarlo para establecer un cultivo, para construir un canal, camino o vía férrea.

**Desnivel**

La diferencia de cotas entre dos puntos de una nivelación.

**Desplazamiento**

Traslado horizontal de las posiciones trazadas de un rasgo o accidente topográfico, desde su posición verdadera.

**Diafragma**

Disco para limitar la entrada de la luz en los dispositivos fotográficos.

**Diagrama de flujo**

Esquema pictórico para representar una serie de pasos ordenados que conducen a la solución de un problema.

**Diapositiva**

Imagen fotográfica positiva sobre soporte transparente para la proyección.

**Diferencias**

Las que se obtienen en una observación o en un cálculo hecho por duplicado o por métodos distintos.

**Digital**

Proceso de cálculo o instrumento para su ejecución, que utiliza variables disueltas para sus operaciones. Lo opuesto a analógico.

**Digitalizar**

En los sistemas interactivos gráficos, el proceso de transferir la información de los documentos gráficos a la memoria del computador, en forma de dígitos.

**Dígito**

Número que puede expresarse con un solo guarismo.

**Dígito verificador**

Dígito que se utiliza como elemento comprobador en la correcta formación de una clave catastral. Existen diferentes algoritmos para su cálculo y generalmente lo asigna el sistema al procesar por primera vez los datos relacionados con una clave catastral.

**Dimensiones**

Las medidas de las longitudes de los linderos de un predio y el cálculo de la superficie del terreno y construcción.

**Dinámica (cota)**

Expresión de la altitud en un lugar de unidades de la intensidad de la fuerza de gravedad.

**Direcciones**

Los ángulos entre una señal de origen y los lados que convergen en la estación en que se observa.

**Disco**

Objeto plano y circular. En términos de computación se refiere a un accesorio que permite almacenar archivos de datos, ya sea disco duro (hard disk) o disco suave (disquete o floppy disk).

**Discrepancia**

La diferencia entre el promedio de una serie de observaciones y los valores individuales de cada resultado parcial.

**Dispersión**

Descomposición de la luz blanca en radiaciones de diversos colores.

**Distancia focal (principal)**

Es la distancia perpendicular desde el centro de la lente (centro de perspectiva) al plano de la imagen (punto principal).

**Distancia límite**

La máxima distancia que puede observarse en el mar debido a la altura del observador.

**Distancia principal**

Es la distancia perpendicular desde el centro de la lente (centro de perspectiva) al plano de la imagen, donde se ubica el punto principal.

**Distorsión**

Defecto de las lentes de sistemas ópticos que se traduce por una curvatura general de las imágenes dadas por los mismos.

**Ecuación**

Igualdad entre cantidades conocidas y desconocidas que solamente puede resolverse cuando los símbolos de las incógnitas han sido reemplazados por los números que corresponden a su valor exacto.

**Ecuador**

Círculo máximo de la Tierra equidistante de los polos en un plano perpendicular al eje de rotación de la Tierra. Con valor de latitud de  $0^\circ$ .

**Edafología**

Ciencia que trata del estudio de los suelos respecto a su capacidad agropecuaria.

**Edificaciones**

Conjunto de edificios o construcciones.

**Edición**

Impresión, publicación y difusión de una obra. En lenguaje de cómputo se refiere al proceso de corregir, reacomodar y validar datos de entrada, de salida o de programación.

**Efecto de curvatura**

La depresión del horizonte debido a la esfericidad de la Tierra.

**Efectos catastrales**

Consecuencia de las operaciones que inician la validez de los datos catastrales.

**Efecto Doppler**

Cambio que experimenta la frecuencia de las ondas sonoras, luminosas o radio/eléctricas cuando la fuente que las emite se acerca o aleja del observador.

**Efemérides**

Publicación que proporciona las coordenadas ecuatoriales celestes de los astros (o satélites) correspondientes a intervalos de tiempo regularmente espaciados. Escrito que se refiere a los acontecimientos de cada día.

## **Elementos del mapa**

Los mapas están conformados por los siguientes elementos: cuerpo del mapa, simbología, orientación, escala e información marginal.

## **Elevación**

Ángulo formado por el suelo con la visual que va del observador al objeto observado. Distancia vertical desde un nivel de referencia, usualmente el nivel medio del mar a un punto u objeto sobre la superficie terrestre.

## **Elipse de error**

Aquella que tiene como semieje mayor el error medio posicional máximo y como semieje el mínimo.

## **Elipsoide de Clark**

Las dimensiones del elipsoide calculadas por dicho matemático británico.

- 1) Elipsoide de 1866: Semieje mayor 6 378 206.4m; achatamiento = 1/294.98
- 2) Elipsoide de 1880: Semieje mayor 6 378 249.1m; achatamiento = 1/293.47

## **Elipsoide normal**

Elipsoide representativo de la Tierra normal.

## **Elipsoide terrestre**

Elipsoide de revolución, alrededor del eje menor, que representa la forma geométrica regular de la Tierra.

## **Emulsión**

Compuesto sensible a la luz que se extiende derretido en capas poco espesas sobre un soporte rígido o flexible y sirve para imprimir fotografías y sacar copias de las mismas.

## **Enmontado**

Terreno cubierto de vegetación agreste.

## **Ensalitrado**

Terreno con sales. Clasificación de tierra que normalmente ocasiona un demérito en su valoración.

## **Época**

Instante en que ocurre un suceso en una escala de tiempo arbitrariamente elegida y teóricamente uniforme.

## **Equidistancia de curvas**

Diferencia de altitud entre dos curvas de nivel consecutivas.

## **Erosión**

Desgaste que se produce en un cuerpo por el roce o contacto con otro.

## **Error**

Diferencia entre el valor observado de una cantidad y el valor real de esa misma cantidad. Existen diversos tipos de errores y pueden deberse tanto a fallas del observador como al grado de precisión de los instrumentos utilizados para hacer la medición. Pueden ser también accidentales o sistemáticos. Cuando se produce dentro de límites aceptables se habla de error aceptable o tolerancia.

**Error de cierre angular**

La diferencia de la suma teórica de los ángulos interiores o exteriores definida para un polígono, con respecto a la suma angular producto de la medición en campo.

**Error de cierre lineal**

Es la diferencia en unidades métricas entre el cierre lineal teórico y el obtenido por medio de la medición en campo.

**Error medio cuadrático**

Cantidad cuyo cuadrado es igual a la media de los cuadrados de los errores verdaderos individuales de una serie de observaciones.

**Escala**

Es la relación que existe entre la distancia representada en el mapa o plano y la distancia real en el terreno.

**Escala gráfica**

Representación de la escala de un mapa en forma de línea graduada que representa distancia en el terreno.

**Escala numérica**

Indicación de una escala por una relación entre números. Pueden hacerse en forma de razón (1:100 000), de fracción  $1/100\ 000$  o de correspondencia entre cantidades: ( 1 cm. = 100 000 cm. = 1 000 m. = 1 Km.).

**Esferoide**

Achatamiento y volumen del geoide, basada en la suposición de que las masas de la Tierra están repartidas simétricamente con respecto al eje de rotación y al plano del Ecuador.

**Especificaciones**

Conjunto de características detallada que debe reunir un producto para su aceptación.

**Estaca**

Punto de apoyo del longímetro de la medida de una base.

**Estación**

Punto de terreno materializado o no, en el cual se instala un instrumento para efectuar una medición.

**Estación base de gravedad**

Marca de la red geodésica gravimétrica nacional que proporciona datos de anomalías de la gravedad con mayor precisión que las estaciones gravimétricas.

**Estación Doppler**

Marca de la red geodésica nacional, que proporciona datos de latitud, longitud y altitud determinados por medio de satélites con gran nivel de exactitud.

**Estación Laplace**

Aquella en la que se determinan sus posiciones geodésicas y astronómicas.

**Estación geodésica**

Lugar donde se efectúan observaciones instrumentales con fines geodésicos.

**Estación gravimétrica**

Marca de la red geodésica gravimétrica nacional, que proporciona datos de anomalías de la gravedad; aunque con menor precisión que las estaciones base de gravedad. Lugar donde se efectúan observaciones para determinar el valor de gravedad.

**Estadal**

Regla graduada que se emplea para medir distancias y hacer nivelaciones en trabajos topográficos.

**Estadía**

Método usual en la topografía. Práctica para determinar distancias, direcciones y diferencias de elevación de un punto por medio de una sola observación hecha de una misma estación de instrumento.

**Estándar**

Normal.

**Estandarización**

La comparación de un longímetro con un patrón de longitudes.

**Estereograma**

Par de fotografías terrestres o aéreas tomadas con cámaras métricas, en las que debe haber un 60% de superposición.

**Estereoscopio**

Aparato para lograr la visión estereoscópica de un par de fotografías con zona de superposición.

**Estereoscopía**

Capacidad de ver imágenes fotográficas en relieve o en tercera dimensión. Técnica que utiliza los principios de la visión binocular en la observación de un par de fotografías principalmente superpuestas. Existe una amplia variedad de aparatos basados en los principios y efectos estereoscópicos que van desde los visores de bolsillo, hasta estereoplanígrafos y estereorrestituidores.

**Esteros**

Terrenos pantanosos.

**Estratósfera**

Esfera atmosférica localizada arriba de la tropósfera, de estratos gaseosos estables, con muy escasa humedad, por lo que rara vez se producen nubes de muy lento recorrido horizontal y bastante elevados, conocidos como nubes nacaradas o irisadas. Alcanza hasta 60 Km. de altura. Su composición química es: nitrógeno, oxígeno y argón. Hasta esta capa llega la navegación aérea militar. La temperatura permanece estacionaria en sus capas inferiores, pero aumenta bruscamente en su límite superior o estratopausa.

**Estructura**

Conjunto de elementos soportantes de una edificación.

**Exceso esférico**

Cantidad en la cual la suma de los 3 ángulos de un triángulo en una esfera, excede de 180°. Teóricamente es igual a la suma de los ángulos de un triángulo esférico, menos 180°.

**Exósfera**

Se considera la última capa de la atmósfera, donde las partículas materiales están en tan ínfimo número, que pueden efectuar recorridos a veces de más de 100 kilómetros, sin chocar unas con otras. La falta de partículas se compensa con polvo cósmico que cae en grandes cantidades (10 000 a 1 20 000 toneladas diarias). Gracias a los datos suministrados por satélites, se ha detecta-

do la existencia de dos cinturones de radiación llamados cinturones de Van Allen, relacionadas con las nubes de partículas procedentes del sol, atraídas por el campo magnético terrestre y constituyendo la magnetósfera.

**Exposición**

Acción de impresionar una emulsión fotográfica exponiéndola a la acción de la luz.

**Extremo de la base**

Alguna de las dos extremidades de una base. Generalmente se designa por las letras, N,S,E,W, según sea la dirección de ésta.

**Factor**

Coeficiente por el cual se ha de afectar la medida indicada por un instrumento o por unas tablas para calcular el valor exacto de la magnitud que se debe obtener.

**Factibilidad**

Conjunto de condiciones que hacen realizable un proyecto.

**Faena**

Trabajo corporal que realizan los habitantes de una zona rural en beneficio de su comunidad.

**Faja de cubrimiento fotográfico**

Es la superficie captada con el conjunto de fotografías tomadas en la línea de vuelo.

**Filtro**

Disco de cristal o de material plástico, que se coloca ante el objeto para que absorba ciertas radiaciones del espectro y deje pasar otras.

**Folio**

Número que indica el orden progresivo de cada página de un documento y que se imprime en el pie o la mayoría de las veces, en la cabecera de las mismas, solo o acompañado de algún título o nombre.

**Forestal**

Relativo a los bosques.

**Formato**

Tamaño. Relación entre las diversas medidas de un documento. En un documento se refiere a la disposición de los datos, ya sean de entrada o de salida.

**Fotografía**

El arte y la ciencia de los procesos para reproducir imágenes reales proyectándolas con dispositivos ópticos sobre superficies fotosensibles y fijándolas en ellas por métodos químicos.

**Fotografía de eje vertical**

Fotografía aérea en la que la dirección del eje óptico es aproximadamente vertical a la superficie captada.

**Fotogrametría**

Ciencia o arte que tiene por objeto la obtención de medidas confiables por medio de fotografías, a fin de determinar las características geométricas (tamaño, forma y posición) de cualquier objeto fotografiado.

**Fotogrametría analítica**

Sus técnicas de medición se basan en sistemas de restitución digital. En nuestro país se ha utilizado a partir de 1980.

### **Fotogrametría analógica**

Sus técnicas de medición se basan en instrumentos óptico-mecánicos (restituidores). En nuestro país fue utilizada aproximadamente de 1950 a 1980.

### **Fotogrametría gráfica**

Es aquella cuyas técnicas de medición se basan exclusivamente en instrumentos mecánicos (regletas, plantillas, etc.). En nuestro país se utilizó aproximadamente hasta 1950.

### **Fotoidentificación**

Es el reconocimiento e identificación de los objetos y/o rasgos de la superficie terrestre, plasmados en las imágenes de fotografías aéreas.

### **Fotointerpretación**

Es la ciencia y arte de observar, analizar, deducir e interpretar los rasgos y detalles de la superficie terrestre que aparecen en las fotografías aéreas, llegando a los fenómenos simples que los producen y a conclusiones generales a partir de éstos.

### **Fotomapa**

Es un conjunto de fotografías ensambladas que han sido individualmente restituidas (enderezadas y ajustadas), sobre puntos identificados y de situación conocida; sobrepone a ellos coordenadas geográficas, toponimia (nombre de lugares), simbología, escala y título.

### **Fotomosaico**

Es un ensamble de varias fotografías individuales tomadas directamente del negativo para formar la imagen fotográfica de una región mayor. Tiene apariencia de una gran fotografía.

### **Fotomosaico controlado**

Es aquel en el que se utilizan fotografías rectificadas y puntos de control de coordenadas conocidas a fin de fijar escala y orientación.

### **Fotomosaico no controlado**

Es aquel en que se unen las fotografías de manera que se pueda conseguir la mejor coincidencia entre los detalles de una foto y la siguiente, sin emplear puntos de control.

### **Fotomosaico semicontrolado**

Es aquel ensamblaje que se hace utilizando fotografías rectificadas y algunos puntos de control para fijar la escala.

### **Fracción**

Número que expresa una o varias partes de la unidad dividida en partes iguales. Posición de un predio.

### **Fuente**

Manantial de agua que brota de la tierra. En informática se refiere al elemento del que provienen los datos.

### **Gama de colores**

Conjunto de colores que forman parte de la tira marginal, indicando la correspondencia de aquellos con los datos representados en la carta.

### **Geocodificación**

Proceso de relacionar información de todo tipo con su localización geográfica, apoyándose en un conjunto de programas de cómputo.

**Geodesia**

Es la ciencia que determina los métodos de medición y cálculo para la representación gráfica de la superficie parcial o total de la Tierra en cuanto a forma, tamaño y masa.

**Geoide**

Forma teórica del globo terrestre que sirve de base a la geodesia y que se obtiene admitiendo como superficie del mismo la del nivel medio de los mares, prolongada por debajo de los continentes.

**Geodímetro**

Instrumento para la medida de distancias por procedimientos ópticos, en función de la velocidad de la luz.

**Geoinformática**

Técnica que tiene como objeto la información relacionada con la Tierra.

**Geomática**

Un término genérico que cubre las disciplinas del levantamiento (geodesia, catastro, ingeniería y marina) e incluye los sistemas de posicionamiento global, mapeo (fotogrametría, radargrametría, cartografía, mapeo/facilidades de manejo y trazado de cuadros automatizados y percepción remota (colección y aplicación de datos) y la creación y mantenimiento de sistemas de información espacial o geográfica.

**Geometría**

Parte de las matemáticas que trata de la extensión y de las formas de las figuras y de los cuerpos.

**Giroscopio**

Volante que montado en una suspensión doble y puesto en rápido movimiento de rotación, conserva su eje en la misma dirección aunque se modifique la de su soporte.

**GPS**

Sistema de Posicionamiento Global, con base en una constelación de satélites (NAV-STAR), que permite obtener coordenadas geodésicas de puntos sobre la superficie terrestre. Fue desarrollado por el Departamento de la Defensa de los E.U.A., con fines militares, aunque tiene muy diversas aplicaciones civiles.

**Grado**

Cada una de las divisiones de la escala de un instrumento de medida.

**Graficador**

Dispositivo que convierte los datos de salida de un computador en una gráfica.

**Greenwich**

Lugar de Inglaterra donde se ubica el observatorio por donde pasa el meridiano origen de medidas de longitud y del tiempo universal.

**Hectárea**

Medida de superficie del Sistema Métrico Decimal igual a un hectómetro cuadrado, equivalente a cien áreas o a diez mil metros cuadrados. Se abrevia Ha.

**Heliótopo**

Instrumento compuesto por uno o más espejos planos, montados y arreglados en tal forma que pueden reflejar en cualquier dirección un rayo de luz solar.

**Heurístico**

Método para resolver problemas, por medio del cual se descubren las soluciones evaluando el progreso hacia el resultado final. Método de ensayo y error.

**Hipsómetro**

Instrumento para medir la presión atmosférica por medio de la temperatura de ebullición del agua destilada.

**Holografía**

Técnica que estudia la fotografía tomada con láser.

**Holograma**

Negativo producido por la exposición de una placa fotográfica de alta resolución, sin cámaras o lentes, cercana a un sujeto iluminado por una radiación láser; cuando este negativo es colocado en otro dispositivo láser, se forma una imagen real en tres dimensiones del objeto.

**Horizonte**

Línea donde, en torno del observador, parece juntarse el cielo y la Tierra o el mar. Plano horizontal que corta el punto de vista del observador.

**Humedad**

Contenido de agua existente en un terreno o en la atmósfera.

**Huso del meridiano**

Representación sobre un plano de la parte de la superficie terrestre comprendida entre dos meridianos.

**Identificación**

Clave o dígito que identifica a los predios en los registros gráficos del catastro.

**Imagen**

Representación de una cosa ya sea por medio del dibujo o la fotografía, mediante reflexión de la luz o refracción de los rayos luminosos, a merced de procesos electrónicos y computacionales.

**Indicación de escala**

Es la gráfica, fracción o señalamiento que nos indica la escala a la que está elaborado un mapa.

**Indicación de destino**

Rótulo que indica el destino de las vías de comunicación, cuando la representación de las mismas quedan interrumpidas por el marco del mapa y que se realiza en lugar próximo al citado marco.

**Índices de armado**

Forma según la cual se ha dividido un mapa en hojas que forman una serie. Aparece generalmente en la tira marginal de las cartas o de los planos.

**Índice de refracción**

Factor numérico indicador del grado de refracción. Tal índice es medido en relación a una longitud de onda luminosa y a una temperatura específica.

## **Índices de vuelos**

(Índices fotográficos aéreos). Es un mapa formado por el acoplamiento de las fotografías individuales en sus posiciones respecto al terreno y copiado fotográficamente en su conjunto, a escala reducida. A éste se le agrega información marginal correspondiente a coordenadas geográficas, zona de vuelo, escala de vuelo y del índice, fecha de vuelo, cámara, líneas de vuelo y dirección de ellos. Número de fotografías por línea.

## **Información marginal**

(Simbología marginal). Conjunto de símbolos y explicaciones que aparecen fuera del cuerpo de la carta.

## **Intervalo**

Tiempo transcurrido entre dos épocas, medido en unidades de cualquier escala de tiempo.

## **Intervalómetro**

Aparato diseñado para la operación automática del disparador de una cámara fotográfica a intervalos de tiempos seleccionados.

## **Intervisibilidad**

Prueba de la visibilidad de dos estaciones en ambos sentidos.

## **Invar**

Metal compuesto de una aleación de acero y níquel. Su coeficiente de dilatación varía de acuerdo con la relación de la mezcla de los dos metales.

## **Inversión geodésica**

Cálculo del acimut y la longitud de una línea geodésica a partir de las coordenadas elipsoidicas de sus extremos.

## **Ionósfera o termósfera**

Capa superior a la mesósfera, fuertemente ionizada, donde se reflejan las ondas hertzianas de las emisiones radiofónicas. En ellas se producen también fenómenos de carácter luminoso, tales como nubes noctilucen y auroras polares (boreales o australes).

Esta capa se extiende de 80 a 650 Km., de altura aproximadamente, aunque se ha comprobado que los rayos de las auroras alcanzan hasta 800 y 1200 Km., entrando a la exósfera. Se conoce también como termósfera, debido a la elevada temperatura en ella, producida por la absorción de la energía solar por el ozono. La presión es del orden de la millonésima parte de la presión atmosférica al nivel del mar.

## **Lado base**

En una cadena de triangulación, la línea que se mide directamente en el terreno con gran precisión y cuya longitud se toma como arranque para el cálculo de los demás lados de la estructura.

## **Lago**

Gran depósito natural y permanente de agua.

## **Laguna**

Depósito natural de agua, generalmente dulce de poca profundidad y de menor tamaño que el lago.

## **Lámpara geodésica**

Se compone esencialmente de un foquito de luz, un espejo parabólico y dos pínulas para dirigir el rayo de luz hacia un lugar determinado.

## **Landsat**

Serie de satélites artificiales provistos de sensores, como el barredor multiespectral, que se utilizan para el envío de imágenes de la Tierra. El Landsat fue lanzado en mayo de 1978.

## **Latitud**

Distancia medida en grados de meridiano desde el Ecuador, a un punto cualquiera de la superficie terrestre.

## **Latitud astronómica**

Ángulo entre la vertical del punto de observación y el plano del Ecuador *instantáneo*, medido en el plano del meridiano 0° a 90° (positiva en el hemisferio norte). Su valor se obtiene directamente de la observación astronómica y está referido a la superficie equipotencial que pasa por el lugar.

## **Latitud geodésica**

El ángulo que forma la vertical del lugar con el plano del Ecuador.

## **Legéindre**

El autor del teorema que establece la relación de los ángulos esféricos y los ángulos planos.

## **Levantamiento**

Obtención por diversos métodos de un conjunto de datos que permiten representar en un plano la forma y configuración de un terreno o una construcción.

## **Levantamiento catastral**

Son aquellos que se hacen en ciudades, zonas urbanas y municipios para fijar linderos.

## **Levantamiento geodésico**

Es aquel que considera en sus mediciones los efectos de curvatura terrestre. Existen tres tipos de levantamientos geodésicos: horizontales, verticales y gravimétricos.

## **Levantamiento geodésico horizontal**

Es aquel que comprende una serie de medidas efectuadas en campo con el objeto de determinar las coordenadas geodésicas geográficas (geodésicas horizontales de puntos situados sobre la superficie terrestre). Deberán estar referidos al Datum Norteamericano de 1927.

## **Levantamiento geodésico vertical**

Operaciones de campo para determinar distancia vertical entre puntos de la superficie terrestre y un nivel de referencia, debiendo estar referida a un Datum Vertical, obtenido por una serie de observaciones mareográficas realizadas por un período no menor de seis meses en forma continua.

## **Levantamiento gravimétrico**

Es aquel que comprende la medida de valor absoluto o relativo de la gravedad, sobre los puntos situados en la superficie terrestre, a fin de determinar al campo gravimétrico existente y su relación e influencia con los tipos de levantamiento geodésico horizontal y vertical. Los puntos de este tipo de levantamiento deberán estar referidos a la Red Internacional de Estandarización de la Gravedad de 1971.

## **Levantamiento topográfico**

Conjunto de operaciones realizadas en el terreno y en gabinete que tienen por objeto determinar la posición, forma y dimensiones de los elementos de terrenos que por sus dimensiones no consideran la curvatura terrestre.

## **Línea de vuelo**

Es el conjunto de fotografías tomadas continua y ordenadamente, conforme se desplaza el avión sobre la faja de terreno cubierta por ellas.

Al final de cada flecha se indica el número de fotografías tomadas y una clave que corresponde a la faja de cubrimiento fotográfico lograda en cada línea de vuelo.

### **Localización**

La determinación de tres coordenadas de un punto.

### **Longimetría**

Longitud conocida de un elemento lineal graduado.

### **Longímetro**

Regla de madera, cinta o alambre metálico destinado a la medida de distancias.

### **Longitud**

Es la distancia angular de un punto de la superficie terrestre. El este u oeste del Meridiano de Greenwich.

### **Longitud de un arco**

El cálculo en unidades métricas de un arco terrestre.

### **Longitud geodésica**

El ángulo diedro entre el Meridiano de Greenwich y el meridiano local.

### **Magnetósfera**

Está constituida por dos cinturones de radiación, denominados de Van Allen. El interior, cuya parte central se eleva 3 600 Km. sobre el Ecuador magnético, se compone de electrones, protones y neutrones de gran energía, procedentes de las desintegraciones nucleares de los rayos cósmicos, los cuales son atraídos por el campo magnético terrestre. El cinturón exterior está sujeto a fluctuaciones por la constante llegada del plasma solar y compuesta de partículas electrizadas que provocan las tormentas magnéticas de la Tierra.

### **Mapa**

Es la representación gráfica convencional y a escala de la superficie terrestre o parte de ella, sobre una figura plana, por medio de signos y símbolos y con los medios de orientación indicados.

Un mapa puede destacar, generalizar u omitir la representación de ciertos detalles, para satisfacer requisitos específicos, cuya simbología debe ser representada para su interpretación y diferenciación con otros. Debe tener un apunte de la proyección sobre la cual ha sido elaborado. Existen mapas de gran variedad de temas y escalas según sus objetivos.

### **Mapa auxiliar o anexo**

Sección de un mapa, elaborado a una escala mayor que éste, como apoyo para su mejor observación, pudiendo estar dentro o fuera del marco de dicho mapa.

### **Mapa catastral**

Mapa que presenta límites parcelarios, formado por compilación de planos catastrales (con fines fiscales).

### **Mapa en relieve**

Mapa que tiene como fin primordial la representación del relieve, lo que se consigue con diversos métodos de efecto plástico.

### **Mapa regular (controlado)**

Mapa en el que existe una correspondencia matemática entre las posiciones de los elementos en él presentados y las posiciones reales en el espacio o terreno.

**Marca fiducial**

Señales de referencia en forma de cruz que figuran en las fotografías aéreas.

**Marcaje**

Colocar una señal en donde se midió una distancia en forma consecutiva.

**Marco geoestadístico**

Es un sistema para relacionar la información estadística con áreas geográficas, para lo cual se delimitaron en el país Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB). Estas últimas son divisiones del área municipal y dependiendo de su ubicación se clasifican en rurales o urbanas.

**Medición a pasos**

Recorrido con pasos normales, contando el camino, tanto de ida como de vuelta (es importante determinar la longitud del paso de quien hace el recorrido).

**Medir (latín = metiri)**

Determina la longitud, extensión, volumen o capacidad de una cosa.

**Medida**

Unidad que se utiliza para medir.

**Mgon**

Millonésima de segundo, expresado en sistema decimal.

**Mensurar**

Dimensionar, medir.

**Meridiano**

Cualquier semicírculo de la esfera terrestre que va de polo a polo. El primer meridiano internacional es el que pasa por el observatorio de Greenwich, cerca de Londres y sirve de referencia para la medición de la longitud geográfica.

**Meridiano de Greenwich**

Meridiano astronómico que pasa por Greenwich (Inglaterra), que sirve como referencia para la definición del tiempo universal. Es aceptado casi universalmente como primer meridiano u origen de las medidas de longitud.

**Meridiano geodésico**

Línea sobre el elipsoide de referencia, cuyos puntos tienen la misma longitud geodésica.

**Mesósfera**

Capa atmosférica localizada arriba de la estratósfera, que como su nombre la indica, es una zona de transición, donde la radiación solar, disocia las escasas moléculas de vapor de agua, transformando el oxígeno ( $O^2$ ) en ozono ( $O^3$ ), el cual absorbe los rayos ultravioleta tan nocivos para los seres vivos. Su espesor va de 50 a 85 Km. aproximadamente. A los 50 Km. de altitud, la presión atmosférica se reduce a la milésima parte de la registrada al nivel del mar. En la estratopausa o límite superior, la temperatura desciende a menos de  $100^{\circ}C$ . El cielo en esta parte es oscuro, casi negro o violáceo a causa del enrarecimiento del aire y difusión de la luz.

**Método**

Procedimiento de observación o de cálculo para una determinación geodésica o topográfica.

**Método astronómico**

Consiste en la observación de la posición angular de objetos relativamente fijos sobre la esfera celeste, cuyas coordenadas se conocen en el tiempo. El método se aplica para la determinación

de coordenadas astronómicas puntuales y mayormente para el control en dirección de otros métodos de levantamiento.

### **Método de mínimos cuadrados**

Principio que se aplica en los métodos de compensación para obtener el valor más probable de las incógnitas en un sistema con observaciones super abundantes. Se basa en que la suma de los cuadrados de los errores residuales tiene que ser mínima.

### **Micra o micrón**

Medida de longitud; millonésima parte del metro. Se simboliza con la letra griega *mu*.

### **Mira**

Un accesorio que se acopla al estadal y permite desplazarlo hacia arriba o hacia abajo si se requiere para nivelar la ladera. Se emplea en nivelaciones de precisión.

### **Mojonera**

Poste o señal para indicar límites.

### **Monte**

Tierra sin cultivar, cubierta de árboles, arbustos o malezas.

### **Monumento geodésico**

Construcción de mampostería que marca una estación geodésica.

### **Mosaico fotogramétrico**

Conjunto de fotografías aéreas, cuyos bordes se recortan de manera que coincidan unas con otras, para formar una representación fotográfica continua, de una parte de la superficie terrestre.

### **Mosaico controlado**

Conjunto de fotografías aéreas con apoyo terrestre.

### **Nadir**

Punto en la esfera celeste, directamente debajo del observador y directamente opuesto al cenit.

### **Nivel**

Instrumento que sirve para medir la horizontalidad de un plano o la diferencia de altura entre dos puntos. Altura.

### **Nivel del mar**

El promedio de altura del mar en un largo período de tiempo, referido a una marca terrestre.

### **Nivel de burbuja**

Una burbuja de aire contenida en un líquido (agua, alcohol, éter, etc.), encerrada dentro de un tubo curvo de vidrio.

### **Nivelación**

Labor que tiene por objeto emparejar y dejar al mismo nivel los terrenos. Parte de la topografía que trata de la apreciación de altura o cotas de los puntos localizados según necesidades.

### **Nivelación geodésica**

La que se practica con un nivel de burbuja en la que se determinan las altitudes con alta precisión.

### **Nivelar**

Igualar una cosa con otra. Medir con el nivel la diferencia de alturas entre diversos puntos sobre el terreno.

### **Nomenclatura**

Clave de identificación de un mapa o carta. También se refiere al nombre de un lugar.

### **Normal**

En geometría significa perpendicular o línea perpendicular.

### **Norte**

Uno de los puntos cardinales hacia donde está la estrella polar. Indicación gráfica que figura en los documentos cartográficos para señalar su localización, ya sea el norte magnético o el geográfico.

### **Norte cuadricular**

Dirección de las rectas de abscisa constante, de la cuadrícula UTM.

### **Norte magnético**

Lugar hacia donde apunta la brújula.

### **Norte geográfico**

Punto al norte del globo terráqueo donde convergen los meridianos.

### **Observación meridiana**

Observación de un cuerpo celeste en el instante de su paso por el meridiano celeste del lugar.

### **Observaciones del Satélite Doppler**

Este método de levantamiento geodésico horizontal se basa en la observación del efecto Doppler relacionado con la transmisión radial procedente de satélites artificiales, para determinar la posición de puntos sobre la superficie terrestre.

### **Obturador**

Dispositivo fotográfico, que regula el tiempo de exposición a la luz de la superficie sensible.

### **Obturador electrónico**

Pantalla que se abre y cierra con una frecuencia electrónica.

### **Ocaso**

Instante en que un astro en su trayectoria se oculta debajo del horizonte astronómico de un lugar.

### **Operación**

Ejecución de un trabajo de campo o de gabinete.

### **Ordenada**

Medida realizada sobre el eje vertical y de un sistema de coordenadas de referencia, cuyo punto de origen está en la intersección de dos ejes perpendiculares entre sí.

### **Orientación**

Acción de determinar la dirección del norte y por ende, de los demás puntos cardinales. Símbolo que indica el norte de un mapa.

### **Ortrocromática**

Emulsión fotográfica sensible a los colores del espectro comprendidos entre el amarillo y el azul y consecuentemente insensible al rojo.

### **Ortofoto**

Es un documento fotográfico que mantiene las características fundamentales de un plano. Esto es que hay homogeneidad de la escala en toda su dimensión y además conserva los rasgos cualitativos de los fotogramas, a partir de los cuales se ha obtenido y en la cual los desplazamientos de las imágenes, debido a la inclinación de la foto y el relieve del terreno, han sido eliminados en él. Aún no ha sido plasmada la información referente a toponimia, curva de nivel, coordenadas geográficas y UTM.

### **Ortofotografía**

Técnica por medio de la cual, el fotograma (proyección central), es transformado a proyección ortogonal.

### **Ortofotógrafo**

Instrumento que transforma a una proyección central en una ortogonal.

### **Ortofotomapa**

Documento fotográfico que mantiene las características de un mapa. O sea que conservan la homogeneidad y escala en toda su extensión, pues ya han sido corregidos los errores correspondientes a toda fotografía. Cuentan con información referente a toponimia, curvas de nivel, coordenadas geográficas y UTM.

### **Ortogonal**

Que forma ángulos rectos. Proyección ortogonal.

### **Ortométrica**

Corrección que se aplica a las altitudes debido a la falta de paralelismo de la superficie de nivel.

### **Pancromática**

Emulsión fotográfica sensible a todos los colores del espectro y que, consecuentemente, ha de ser manipulada y revelada en la oscuridad total.

### **Panorámica**

Imagen que representa una vasta extensión de terreno, correspondiente a un amplio ángulo de visión.

### **Pantalla**

Superficie que sirve para detener ciertas radiaciones o para atenuar otras y también para hacer visibles las que normalmente no lo son.

### **Pantógrafo**

Instrumento para reducir o amplificar mapas, dibujos u otras gráficas, a una escala predeterminada.

### **Paralaje**

Diferencia de posición de un mismo detalle en las dos imágenes de un par estereoscópico, a la cual se debe la sensación de relieve cuando ambas se observan con un estereoscopio. Desplazamiento aparente en la posición de un cuerpo, respecto a un punto de referencia, causado por un cambio en el punto de observación.

### **Paralelos**

Son líneas imaginarias alrededor de la Tierra, paralelas al Ecuador. Tienen una latitud constante.

### **Par estereoscópico**

Par de fotografías aéreas con sobreposición entre ambas del 60%, con las cuales es posible lograr una visión de volumen o profundidad (en tercera dimensión).

**Pendiente**

Relación que existe entre un plano inclinado y otro horizontal.

**Pequeña propiedad agrícola**

Es la que no excede de 100 has. de riego o humedad de primera o sus equivalentes en otras clases de tierra en explotación.

**Percepción remota**

Ciencia o técnica que permite obtener información acerca de los objetivos de la superficie terrestre sin necesidad de tener contacto directo con ella. Ciencia de captación, identificación, clasificación y evaluación de objetos, áreas o fenómenos, usando datos registrados por aparatos de sensores en aviones o en satélites.

**Perfil**

Representación de una sección vertical del terreno, generalmente plana.

**Perímetro**

Contorno que delimita una figura plana.

**Peso de las observaciones**

Grado de confiabilidad expresado por un número que se atribuye a una observación, en relación a una observación tipo, denominada unidad de peso.

**Plancheta**

Tablero horizontal montado sobre un trípode y provisto de una alidada que permite reproducir, sin indicar el valor de su apertura, ángulos del terreno en papel.

**Planimetría**

Técnica para la medición del terreno y en su representación en una superficie plana.

**Planímetro**

Instrumento para determinar áreas de figuras planas.

**Plano**

Representación gráfica a escala muy grande de una pequeña porción de la superficie terrestre donde no se considera la curvatura de la Tierra.

**Plano base**

Plano que muestra cierta información fundamental, cuyas copias se usan para recopilar datos adicionales de naturaleza especializada.

**Plano catastral**

Documento cartográfico elaborado por el Catastro, que constituye su registro gráfico. Los planos de conjunto son los elaborados por un fraccionador para mostrar en ellos el estado final en que se lotificará el terreno que se pretende fraccionar. Los planos manzaneros son los elaborados por el Catastro para cada manzana, con todas sus características. Son elaborados con fines fiscales.

**Plomada óptica**

Dispositivo que sirve para centrar instrumentos con la máxima precisión posible en la vertical de los puntos que materializan las estaciones o determinar sus excentricidades residuales.

**Poligonación**

Consiste en la medida directa de ángulos y distancias entre puntos consecutivos que forman una línea poligonal continua.

### **Poligonal**

Superficie de la Tierra delimitada en forma de polígono. Conjunto de mediciones topográficas que delimitan, en forma de polígono, una superficie terrestre.

### **Polígono**

Del griego POLIS = MUCHAS; GONOS = ÁNGULOS. Superficie plana limitada por todas partes por líneas rectas o curvas.

### **Posición normal del telescopio**

Estado en el que el limbo vertical se ve a la izquierda del ocular del telescopio.

### **Posición inversa del telescopio**

Estado en el que el limbo vertical se ve a la derecha del ocular del telescopio.

### **Precisión**

Calidad asociada con el refinamiento de los instrumentos de medición, indicada por el grado de uniformidad en mediciones repetitivas. Generalmente se mide por medio de los errores medio cuadrático o error probable.

### **Presa**

Muro que se construye para detener el agua, con el propósito de almacenarla o desviar su curso para proveer canales de riego, así como para crear fuerza hidráulica.

### **Proyección**

Es una transformación geométrica para trasladar una red de meridianos y paralelos de una superficie esférica a una superficie plana.

### **Proyección central**

La fotografía es una proyección central. Esto es, que el conjunto de rectas o rayos reflejados que proceden de cada uno de los puntos de la superficie fotografiada, convergen en un punto llamado *Centro de perspectiva* o *Punto de fuga*.

### **Proyección ortogonal**

Tipo de proyección de puntos por medio de líneas delgadas desde un punto situado a una distancia infinita del plano del dibujo; las líneas de proyección, por consiguiente, se consideran paralelas. En ésta, se transforma la proyección central que caracteriza a las fotografías, en una proyección plana que conserva su dirección y orientación con los puntos del terreno, eliminando los errores de desplazamiento creados en la fotografía por la lente de la cámara.

### **Proyección transversa**

Proyección cartográfica en la que el eje de simetría de la superficie de proyección es ortogonal al eje del terreno y cuyo eje es transversal al eje terrestre.

### **Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM)**

Es un sistema que se basa en la proyección de los elementos de la superficie terrestre sobre un cilindro que le envuelve y cuyo eje es transversal al eje terrestre.

Dicho cilindro corta la Tierra en dos puntos separados  $6^\circ$ , por lo que la representación total de la Tierra se obtiene girando el cilindro cada  $6^\circ$ , formando una faja llamada uso meridiano.

Es una proyección que trata de conservar los ángulos de las coordenadas geográficas, (conforme) a ser proyectadas sobre una cuadrícula regular formada por líneas que se intersectan en ángulos rectos (cuadrícula UTM) y que se deriva de la faja de 6° del cilindro al extenderse.

- Ver cuadrícula UTM

### **Psicrómetro**

Aparato que se utiliza para medir la temperatura y la humedad ambiental.

### **Punto de control**

Vértice de una red que dispone de uno o varios parámetros fijos para delimitar la propagación de errores, producto de mediciones.

### **Punto fijo**

Punto marcado en el terreno determinado por sus coordenadas generalmente se le designa con distintos nombres, según sea su objetivo.

### **Punto principal**

Es la proyección del centro de perspectiva (centro de la lente, sobre la imagen fotográfica. Se localiza en la intersección de las marcas fiduciales).

### **Radiación**

Procedimiento para localizar puntos en el terreno, mediante el conocimiento de su dirección y distancia desde un punto conocido. Emisión de ondas electromagnéticas de partículas atómicas o de rayos de cualquier índole.

### **Radian**

Unidad para la medida de ángulos, equivalentes al ángulo formado por dos radios de una circunferencia cuando el arco comprendido entre ambos, tiene la misma longitud de cada uno de ellos.

### **Radio de curvatura**

Radio de la curva terrestre de un círculo máximo o de un meridiano.

### **Rasgos culturales**

Son las obras realizadas por el hombre, como vías de comunicación, presas, aeropuertos, etc., que se encuentran simbolizadas en la carta.

### **Rasgos naturales**

Son aquellos rasgos en los que el hombre no ha intervenido en su formación. Puede ser: hidrológicos y orográficos. Los hidrológicos son ríos, arroyos, lagunas, lagos, etc., y los orográficos son los relieves del terreno, como los cerros, montañas, cañones, etc.

### **Rastreo**

Designación de la operación consistente en la localización óptica o electrónica de satélites artificiales.

### **Reconocimiento**

Es la primera fase de una operación de campo.

### **Rectificación**

Procedimiento mediante el cual, se elimina la deformación provocada por la inclinación del eje óptico de la cámara y por la pendiente media del terreno dentro de la imagen al momento de la toma fotográfica, a la vez que se da una escala conveniente. Con esta técnica se obtiene buena precisión sólo en terrenos planos o semiplanos.

### **Rectificación diferencial (ortofotos)**

Cuando se quiere obtener un mapa base que conserve la imagen fotográfica de un área de terreno montañoso o con relieve ondulado, puede aplicarse el método de rectificación diferencial, el cual, mediante instrumentos especiales, logra transformar la imagen fotográfica de proyección cónica central a una imagen fotográfica corregida geoméricamente y escala definida (proyección ortogonal).

Para que una ortofotografía se transforme en fotomapa, se requiere añadirle una cuadrícula de referencia geográfica con un formato dado y curvas de nivel. Los fotomapas dejan al usuario la tarea de fotointerpretar los detalles, con la desventaja en relación a un fotointérprete de observar un plano (dimensional) en lugar de un modelo estereoscópico (tridimensional).

### **Rectificación fotográfica**

Cuando el terreno es completamente plano o plano inclinado (pendientes no mayores a 5%), una alternativa de costo relativamente bajo para tener una imagen fotográfica con calidad métrica (se pueden tomar medidas sobre ella) es realizar las correcciones de la toma fotográfica mediante un instrumento conocido como rectificador, lo cual requiere contar con cuatro puntos de coordenadas conocidas en las esquinas de la foto a rectificar, o con un plano base a la escala que se desea la rectificación.

### **Red**

En geodesia, conjunto de líneas y puntos establecidos topográficamente. En términos de computación, conjunto de microcomputadoras que actúan interconectadamente.

### **Red Geodésica Nacional**

Conjunto de puntos geodésicos situados sobre el terreno dentro del ámbito del territorio nacional, establecido físicamente mediante monumentos permanentes, sobre los cuales se han hecho medidas directas de apoyo de parámetros físicos que permiten su interconexión y la determinación de su posición y altura geodésicas, así como el campo gravimétrico asociado, con relación a sistemas de referencia dados.

### **Reducción**

Es un dibujo o copia obtenida a escala menor que la del original.

### **Reducción al horizonte**

Corrección a una distancia inclinada para determinar su medida horizontal.

### **Refracción ionosférica**

Es la desviación de las señales electromagnéticas al pasar a través de la ionósfera, por efecto de la variación en el índice de refracción, en relación a las demás capas atmosféricas.

### **Refracción geodésica**

La desviación que afecta a las visuales dirigidas dentro de la atmósfera debido a la variación del índice de refracción en su recorrido.

### **Región**

Territorio en donde coinciden características de cultura, economía, organización, administración y geográfica.

### **Registrar**

Tener el control de algo y anotarlo o transcribirlo.

### **Reiteración**

Método para la medida de un ángulo repitiendo cada medida a partir del resultado obtenido en la anterior.

**Relieve**

Lo que resalta sobre una superficie. En los mapas, es la representación de las formas del terreno, las cuales evocan de forma clara y rápida su figura real.

**Reobservación**

Repetición de una observación que ha resultado defectuosa.

**Represa**

Estructura hidráulica que se construye en ríos y canales para retener el curso del agua y poderla emplear en riego y otros.

**Restiramiento**

Sostener la cinta en forma horizontal sin deformaciones.

**Restitución**

Es la técnica mediante la cual se logra la intersección correcta de los rayos provenientes de los puntos del terreno, con los puntos de las dos fotografías del modelo estereoscópico, mediante giros y desplazamientos de las cámaras del instrumento de restitución de tal modo que coincidan con la posición relativa de la cámara durante la toma, determinando la verdadera posición de un objeto o un punto, cuya imagen aparece distorsionada o desplazada en una fotografía aérea.

**Restitución a línea con salida gráfica en instrumentos analógicos**

Después de efectuar las orientaciones relativa y absoluta, se restituye o compila el mapa, siguiendo con la marca flotante con instrumento los detalles que han de representarse de acuerdo a las especificaciones de altimetría (curvas de nivel) y planimetría (manzanas, predios, construcciones) en el caso que nos ocupa la salida de mapas en gráfica directa, mediante un pantógrafo o un coordinatógrafo.

**Restitución a línea digital en instrumentos analógicos**

En este caso, la única diferencia con el anterior es que la compilación o restitución del mapa no tiene una salida gráfica directa, sino una salida digital a través de codificadores electrónicos (encoder), que envían las coordenadas X, Y y Z de los puntos que determinan los rasgos planimétricos o altimétricos a una computadora que los clasifica y almacena para su posterior graficación en un graficador electrónico (plotter).

**Restitución digital**

Método mediante el cual es posible eliminar la deformación de las fotografías aéreas, provocada por la inclinación del eje óptico de la cámara, y por la pendiente media del terreno, al momento de la toma, dándole una escala conveniente, utilizando equipo y sistemas automatizados, obteniendo ortofotomapas de manera ágil, así como información correspondiente a las coordenadas geográficas y UTM, distancias y superficies de parcelas y solares sin necesidad de realizarlo directamente en campo, únicamente apoyándose para la rectificación en algunas medidas realizadas por métodos directos.

**Restituidor**

Aparato que reconstituye en el plano las formas y detalles de una extensión de terreno a partir de dos fotografías del mismo, tomadas desde puntos de vista diferentes.

**Rigidez de figuras (fuerza de figuras)**

Criterio numérico para la evaluación de la precisión de estructuras geodésicas, determinado por el tamaño de los ángulos, el número de condiciones a satisfacer y la distribución de las líneas de base y puntos de posición fija. Se mide empleando una fórmula basada en la teoría de las probabilidades.

**Rotulación**

Conjunto de nombres, letras y números existentes en un mapa.

**Rumbo**

Es el ángulo que forma una línea con el eje norte-sur contando de 0° a 90° a partir del norte al sur; hacia el este o hacia el oeste. Su denominación será de acuerdo al cuadrante de referencia que puede ser; noroeste, suroeste, noreste o sureste.

**Screiber (método de)**

Método de medida de ángulos en los que se mide independientemente cada ángulo, el número de veces que sea necesario para que el peso o *precisión* de cada ángulo sea el mismo, 1:50 000.

**Sección normal**

Intersección con el elipsoide del plano que contiene la normal geodésica en un punto.

**Sensitómetro**

Instrumento para medir la sensibilidad de las emulsiones fotográficas.

**Sensor**

Instrumento usado para detectar y/o registrar energía electromagnética.

**Shoran**

Un método para la fijación de puntos terrestres u oceánicos desde un avión, partiendo de dos o más puntos de referencia.

**Sidereo**

Relativo o perteneciente a las estrellas.

**SIG**

Sistema de Información Geográfica.

**Simbología**

Información marginal donde se describe el significado de cada símbolo del cuerpo del mapa.

**Sistema**

Conjunto de elementos interrelacionados para la consecución de un objeto común.

**Sistema binario**

Sistema numérico de base de datos. En este sistema existen sólo los dígitos cero y uno.

**Sistema de información geográfica**

Sistema para capturar, almacenar, verificar, manipular, analizar y desplegar datos que están espacialmente referenciados en la superficie terrestre.

**Superficie**

Extensión delimitada de terrenos.

**Teledetección**

Técnica de la fotografía mediante la cual se obtiene información de la superficie terrestre, a través del análisis de teleobjetivo con distancia focal superior a los 55 mm., para las cámaras de formato 135, apoyándose en medidas de energía electromagnética reflejadas por la superficie terrestre.

**Telefoto**

Técnica de la fotografía mediante la cual se obtiene información de la superficie terrestre, a través del análisis de los datos obtenidos mediante sensores remotos o teleobjetivo con distancia focal, superior a los 55 mm. para las cámaras de formato 135, apoyándose en medidas de energía electromagnética reflejadas o emitidas por la superficie terrestre.

**Telémetro**

Instrumento óptico para medir la longitud de la visual dirigida hasta un objeto, o sea, la distancia que media entre éste y el aparato. Generalmente trabaja por medio de rayos o microondas.

**Teleproceso**

Término de computación que designa a un sistema de conexión de equipos, instalados en lugares distantes, con un computador central.

**Telescopio**

Instrumento óptico para observar aumentadas las imágenes de objetos lejanos.

**Telurómetro**

Instrumento electrónico para la medida de distancias basado en la velocidad de prolongación de las ondas electromagnéticas.

**Temperatura (corrección por)**

Ajuste realizado en la medida de distancias efectuadas por medio de longímetros.

**Tensión (corrección por)**

La fuerza con que mantiene tenso el longímetro.

**Teodolito**

Instrumento óptico empleado en topografía y geodesia para medir ángulos verticales y horizontales.

**Termómetro**

Instrumento graduado que trabaja con el elemento mercurio. Sirve para medir la temperatura atmosférica del medio ambiente.

**Título del mapa**

Denominación del mapa respecto a la zona o territorio que representa.

**Tolerancia**

Error o inexactitud que se permite en las dimensiones de una pieza respecto a las medidas estipuladas en el plano.

**Topografía**

Conjunto de particularidades que representa un determinado terreno sobre una carta o plano. Técnica de representar en un plano la superficie de un terreno o región. Ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para hacer mediciones de puntos sobre la superficie terrestre y su representación gráfica o numérica.

**Topógrafo**

Categoría de personal técnico que se dedica a la topografía.

**Toponimia**

Rama de la Geografía, encargada de estudiar el nombre común y las raíces etimológicas a nivel local y regional, de los rasgos físicos naturales y culturales, que se manifiestan sobre la superficie terrestre. Conjunto de esos nombres.

### **Topónimo**

Nombre propio de un lugar. En los mapas se observan topónimos de relieve (cerros, montañas, valles, etc.); hidrológicos (ríos, lagos, etc.); localidades, calles, parajes, etc.

### **Torrecilla trípode**

Pequeña estructura de tres apoyos construida con girones o tiras de madera.

### **Torre geodésica**

Doble estructura de madera o de metal ligero para montar el teodolito geodésico, a la altura conveniente para la medida de ángulos.

### **Tránsito**

Instrumento topográfico consistente en un telescopio y un círculo graduado, que se usa principalmente para la medición de ángulos horizontales y verticales.

### **Transformación de coordenadas**

Conversión de coordenadas de un sistema a otro. Por ejemplo, de coordenadas esféricas a planas y viceversa, de coordenadas UTM a geográficas y viceversa.

### **Traslape o sobreposición**

Porción de la superficie terrestre, incluida en dos fotografías consecutivas. Se expresa en porcentaje.

### **Traslape longitudinal**

En la porción de superficie cubierta por dos fotografías consecutivas en el sentido de la línea de vuelo y es del 60%.

### **Traslape transversal**

Cada línea de vuelo vuelve a cubrir el 30% aproximadamente del área fotografiada por la línea anterior, llamándosele traslape o recubrimiento transversal.

### **Traslocación**

Es la técnica de corrección diferencial, mediante la cual se puede determinar o calcular la posición de uno o más puntos que se desconocen, partiendo de un punto conocido, con coordenadas bien definidas en X, Y y Z.

### **Triángulo geodésico**

El polígono geométrico compuesto de tres vértices.

### **Triangulación**

Constituye el método clásico y universalmente conocido para el desarrollo de los levantamientos geodésicos horizontales, mediante un procedimiento que determina la longitud de los lados de un sistema de triángulos interconectados, con base en la medida de algunos lados y de todos los ángulos.

### **Triangulación cósmica**

Aquella en que se emplean a la vez de los satélites artificiales y las estrellas como puntos fijos de referencia.

## **Triangulateración**

Este método combina el de triangulación y el de trilateración, mediante la medida directa de ángulos y distancias. Permite una mayor elasticidad en el diseño y proporciona mayor rigidez y confiabilidad a los levantamientos.

## **Trilateración**

Método de levantamiento geodésico horizontal, mediante el cual se miden directamente los lados de una triangulación y de ahí, se derivan los valores angulares, excepto que para efectos de control de dirección se requiere la medida de algunos ángulos.

Método para la medida de una triangulación, determinando la longitud de sus lados por medios ópticos o electrónicos.

## **Tripié**

Un sostén de teodolito compuesto de tres patas.

## **Tropósfera**

Zona inferior de la atmósfera, donde se desarrollan los cambios y/o fenómenos meteorológicos o del tiempo, tales como, condensación, lluvia, nieve, granizo, y algunos fenómenos eléctricos. Se deriva de los vocablos griegos TROPOS = CAMBIO y SPHAIRA = ESFERA. Su límite superior es la tropopausa que va de los 6 a los 18 km. en los polos y Ecuador respectivamente.

## **Unidad**

Conjunto de elementos que mantienen un orden entre sí.

## **Unidad astronómica**

Longitud de referencia utilizada en astronomía, para medir distancias dentro del sistema solar que es igual a la distancia media entre el Sol y la Tierra, cuyo valor aproximado es de 149 600 000 km.

## **Vector**

Línea recta que contiene un sentido, una dirección y una magnitud.

## **Vectorización**

Acción de unir puntos generando vectores para integrar polígonos durante las actividades de restitución u otras técnicas de representación gráfica.

## **Ventana de observación**

Es el campo de visión o recepción de señales de una antena GPS en la Tierra, enviadas por satélites.

## **Vertical**

La dirección en la que actúa la fuerza de gravedad.

## **Vértice**

Lugar en que se hace una medida de ángulos para una triangulación.

## **Vértice geodésico**

Marca de la red geodésica horizontal nacional, que proporciona datos de latitud y longitud de puntos en el Territorio Nacional con precisión de primer orden.

Lugar en donde se hace una medida de ángulos para una triangulación en el cual se instala un monumento para estacionar un instrumento de medición. Por métodos geodésicos se ubica en lugares sobresalientes, donde haya visibilidad en todos los sentidos. Deben estar referidos geográficamente para que sean localizados a través de los años. Representa un punto geográfico del más alto valor.

**Vértice topográfico**

Marca de la red geodésica nacional horizontal, que proporciona datos de latitud y longitud de puntos en el Territorio Nacional, con menor precisión que los vértices geodésicos.

**Visión estereoscópica**

Se basa en el hecho de que debido a la separación de los ojos (60-75 mm.) las imágenes que recibe cada retina no son idénticas y el cerebro transforma las diferentes impresiones, dando una percepción espacial o en tercera dimensión de la mirada.

**Vuelo alto**

Se realiza para obtener fotografías de escalas menores a 1:50 000.

**Vuelo bajo**

Se realiza para obtener fotografías a escalas mayores.

**Zona**

Terreno delimitado con fines administrativos, políticos u otros más específicos.