



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

TOPOGRAFÍA II

Del 04 al 13 de Septiembre de 2006

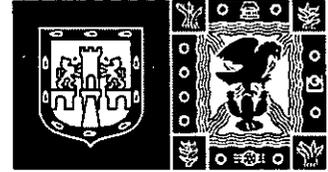
APUNTES GENERALES

CI - 176

Instructor: Ing. German Garcia Gonzalez
Delegación Xochimilco

SEPTIEMBRE DE 2006

Palacio de Minería, Calle de Tacuba No. 5, Primer piso, Delegación Cuauhtémoc, CP 06000, Centro Histórico, México D.F.,
APDO Postal M-2285 • Tels: 5521.4021 al 24, 5623.2910 y 5623.2971 • Fax: 5510.0573



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNAM**

TOPOGRAFÍA II.

Módulo II: Topografía II 15 Horas.

Duración del Módulo: 15 Horas.

1. INTRODUCCIÓN.
2. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES EN TOPOGRAFÍA.
3. EJERCICIOS EN SALÓN Y PRÁCTICAS EN CAMPO PARA REAFIRMACIÓN DE CONOCIMIENTOS.
4. ESTACIÓN TOTAL.
5. INTRODUCCIÓN AL GPS.

**Periodo total de impartición del Módulo:
Del 04 al 13 de Septiembre de 2006.**

**Nombre del Capacitador:
Ing. German García Gonzalez**

TOPOGRAFÍA II

OBJETIVO:

Al término del curso, el participante reafirmará para su aplicación los conocimientos básicos de topografía para el manejo de herramientas fundamentales para la ejecución de los levantamientos topográficos.

DURACIÓN: 15 Horas.

CONTENIDO TEMÁTICO:

- 1.- INTRODUCCIÓN.**
- 2.- PRINCIPIOS FUNDAMENTALES EN TOPOGRAFÍA.**
- 3.- EJERCICIOS EN SALÓN Y PRÁCTICAS EN CAMPO PARA REAFIRMACIÓN DE CONOCIMIENTOS.**
- 4.- ESTACIÓN TOTAL.**
- 5.- INTRODUCCIÓN AL GPS.**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

TALLER DE TOPOGRAFIA
AVANZADA

- PRIMER MODULO:

TOPOGRAFIA AUTOMATIZADA CON
LAS ESTACIONES TOTALES

- LEICA
- SOKKIA
- TOP CON

PRIMER MODULO:

TOPOGRAFIA AUTOMATIZADA CON
ESTACION TOTAL

OBJETIVO:

EL PARTICIPANTE ADQUIRIRA LOS
CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES
FUNDAMENTALES PARA QUE REALICE
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS
EMPLEANDO ESTACION TOTAL

CARACTERISTICAS DE LA ESTACION

LA ESTACION TOTAL ES UN INSTRUMENTO TOPOGRAFICO QUE REUNE EN UNA SOLA UNIDAD, TRES COMPONENTES BASICOS

- TEODOLITO ELECTRONICO DIGITAL
- DISTACIOMETRO ELECTRONICO
- MICROPROCESADOR O COMPUTADOR

DONDE ESTA?

ESTACION ORIGEN

A QUIEN TIENE ATRÁS?

- INDICAR LA DIRECCION DEL NORTE
- INDICAR LA ESTACION ANTERIOR
(BACKSIDE)

EL PRINCIPIO DE OPERACIÓN
ANGULAR DE LOS TEODOLITOS
DIGITALES CONCISTE EN HACER
PASAR UN HAZ DE LUZ A TRAVES DE
UN SISTEMA DOBLE DE CODIGO
BINARIO O DE BARRAS

LOS TEODOLITOS ELECTRONICOS
DIGITALES Y ESTACIONES TOTALES
CUENTAN CON DOS SISTEMAS
SIMILARES AL DESCRITO, UNO PARA
MEDIR LOS ANGULOS
HORIZONTALES Y OTRO PARA
MEDIR LOS ANGULOS VERTICALES

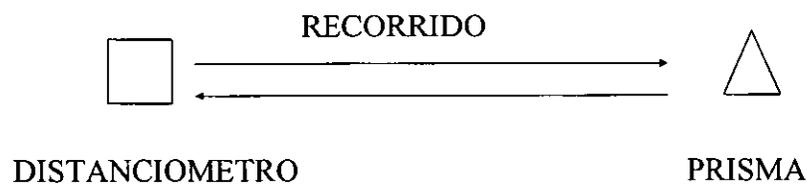
EL MANEJO Y CONTROL DE LA ESTACION TOTAL SE REALIZA POR MEDIO DE LA PANTALLA DE CRISTAL LIQUIDO Y DEL TECLADO ASOCIADO.

EL FORMATO DE PRESENTACION EN PANTALLA DE LOS VALORES ANGULARES TAMBIEN VARIA ENTRE LOS DIFERNTES INSTRUMENTOS Y DEPENDIENDO DE LAS NECESIDADES DEL OPERADOR

EL DISTANCIOMETRO ELECTRONICO
INCORPORADO A LAS ESTACIONES
TOTALES DETERMINA LA DISTANCIA
DE MANERA INDIRECTA EN BASE AL
TIEMPO QUE TARDA LA ENRGIA
ELECTROMAGNETICA EN VIAJAR DE
UN EXTREMO A OTRO DE UNA LINEA
Y REGRESAR

EL HAZ DE LUZ INFRARROJA
MIDE LA DISTANCIA EN BASE
A LA FORMULA

$$V = D / T$$



EL MICROPROCESADOR DE LOS
TAQUIMETROS ELECTRONICOS
EJECUTA UNA GRAN VARIEDAD DE
FUNCIONES Y CALCULOS ENTRE LOS
QUE DESTACAN LOS SIGUIENTES

- REPLANTEO
- INTRODUCCION MANUAL DE COORDENADAS
- ORIENTACION DEL CIRCULO HORIZONTAL
- CALCULO DE LA DISTANCIA DE ENLACE ENTRE
LOS DOS PUNTOS
- RESECCION Y TRISECCION
- MEDIDA DE DISTANCIAS REMOTAS EN FORMA
CONTINUA O RADIAL
- DETERMINACION DE ALTURAS DE PUNTOS
INACCESIBLES

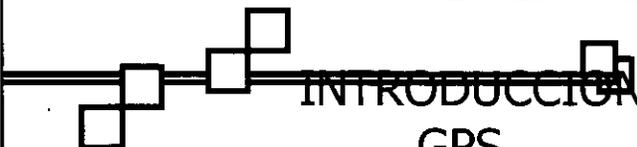
ALAMCENAMIENTO DE DATOS EN LAS
SIGUIENTES MODALIDADES

- MEMORIA INTERNA DEL INSTRUMENTO
- MODULO DE MEMORIA INTERCAMBIABLE

LEVANTAMIENTOS
PLANIMETRICOS Y
ALTIMETRICOS CON ESTACION
TOTAL

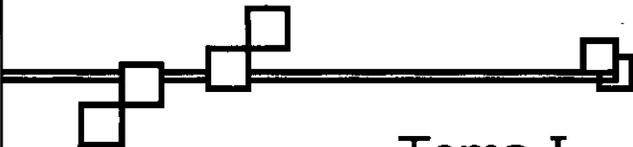
CAMPO DE APLICACIONES DE LA
ESTACION TOTAL

- OBRA CIVIL
- MONTAJE INDUSTRIAL
- LEVANTAMIENTO DE TUNELES Y
CAVERNAS
- CAMINOS
- EXPLORACION MINERA



INTRODUCCIÓN GPS

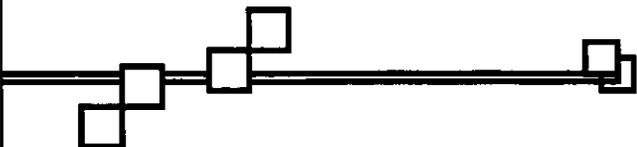
- Aplicaciones del GPS en otras áreas
 - Modelos de equipos GPS
 - Procedimientos de navegación GPS
- 



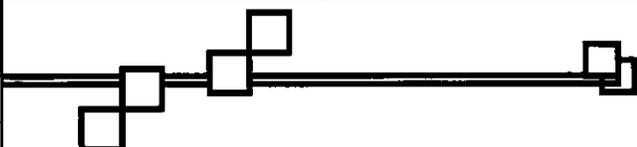
Tema I

GLOSARIO DE SIGLAS Y TÉRMINOS

- GPS: Global Positioning System
 - NAVSTAR: Navigation Satellite Timing and Range
 - C/A: Coarse/ Acquisition, código de adquisición burdo
 - GLONASS: Global Navigation Satellite System. (Sistema Mundial de Navegación Satelital)
- 



- **EFEECTO DOPPLER:** Es la magnitud en el cambio de la frecuencia.
- **LATITUD GEOGRÁFICA:** Es el ángulo que se mide a partir de Ecuador, hacia el Norte o hacia el Sur y varía de 0° a 90° .
- **LONGITUD GEOGRÁFICA:** Es el ángulo que se mide a partir del meridiano origen, hacia el Este o hacia el Oeste y varía de 0° a 180° .



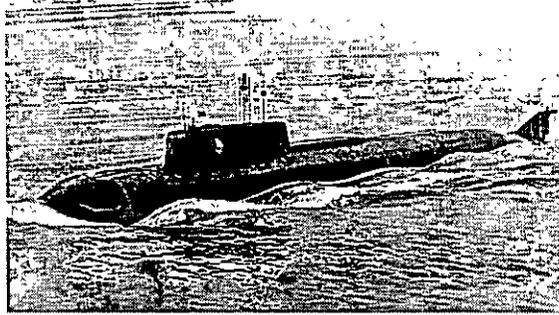
- **ELIPSOIDE:** Es la superficie geométrica que se obtiene al girar una elipse alrededor del eje polar de la Tierra.
- **EFEMÉRIDES:** Es un archivo de datos mediante el cual es posible calcular las órbitas y la posición de cada uno de los satélites.

ERRORES DEL GPS

- Errores en las efemérides del satélite
- Errores por condiciones atmosféricas
- Errores de sincronización
- Errores en el receptor
- Errores por trayectorias múltiples
- Errores en el centrado de la antena y en la medición de su altura.

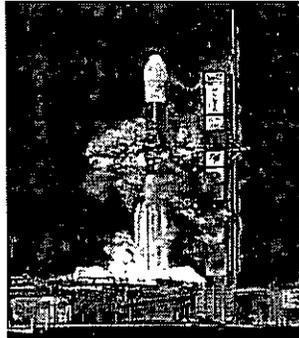
- CODIGO P: Es un código satelital preciso, usado sólo por las Fuerzas Armadas.
- CONSTELACION: Conjunto de satélites que giran alrededor de la Tierra en órbitas preestablecidas.
- NAVEGADOR: Es un sistema en movimiento que permite conocer las coordenadas geográficas de cualquier punto en la superficie terrestre en base a señales satelitales.

- Específicamente de investigaciones de la marina estadounidense, relacionadas con la navegación de los submarinos Polaris.



- La primera generación de sistemas de posicionamiento por satélite operó con el efecto Doppler, y utilizó los satélites llamados TRANSIT.
- Al principio los instrumentos eran voluminosos y caros, las sesiones de observación eran largas y poco precisas.

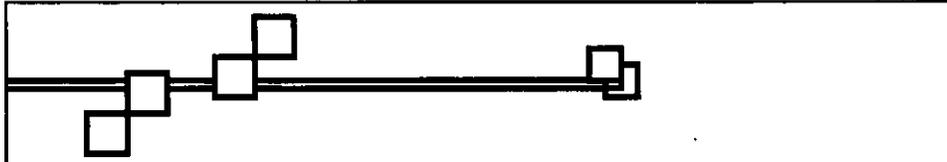
- El primer satélite NAVSTAR para el sistema GPS se lanzó en 1978, y satélites adicionales se agregaron en años sucesivos.



- La explosión durante el despegue del transbordador CHALLENGER en enero de 1986 demoró en forma considerable la implantación del sistema hasta diciembre de 1993.



- En ese mismo año el GPS se utilizó en la determinación de coordenadas geográficas de cada una de las radio ayudas y umbrales de pista de los principales aeropuertos de la República Mexicana.



- Los sistemas NAVSTAR y GLONASS fueron desarrollados en forma independiente durante la Guerra Fría.
- Muestran similitudes considerables.

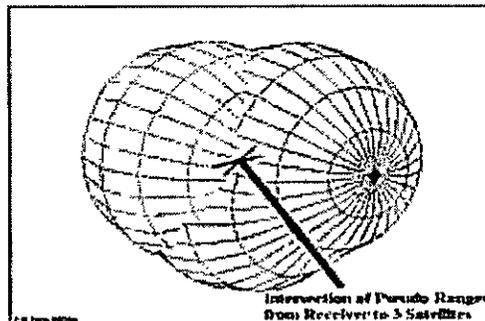
TEMA III

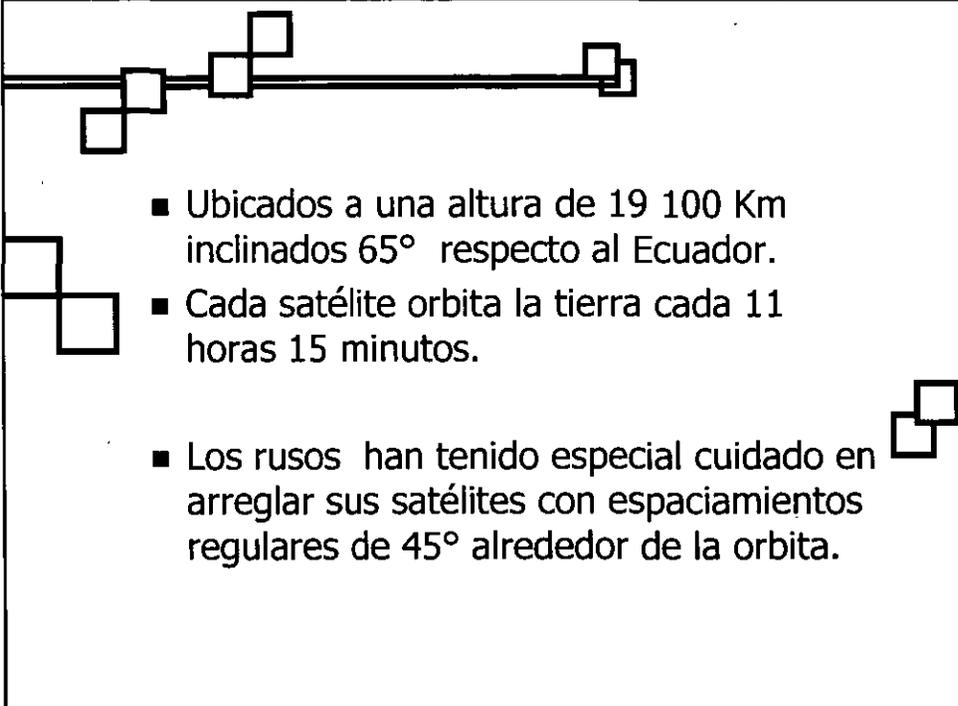
SISTEMA GPS

- El sistema NAVSTAR (GPS), cuenta con 28 satélites en órbita alrededor de la tierra.



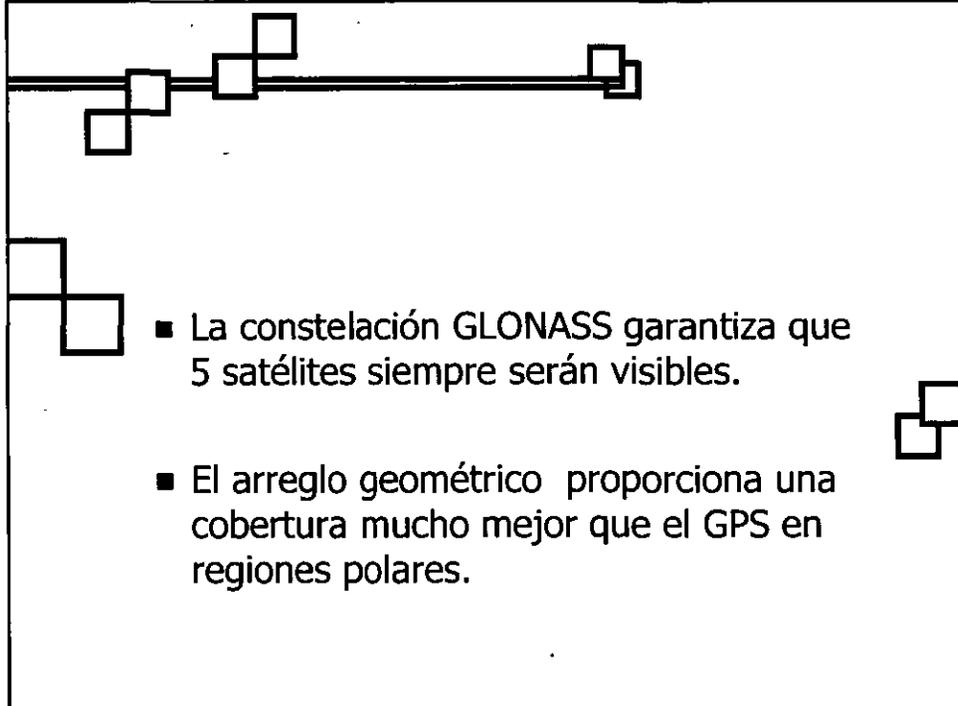
- 24 satélites se encuentran a una altura de 20 200 Km y están colocados en 6 planos orbitales inclinados a 55° respecto al Ecuador.





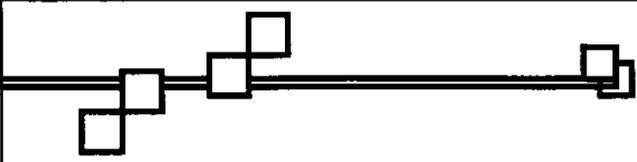
The diagram shows a horizontal line representing the Earth's surface. Above it, several small squares represent satellites in orbit. The orbits are inclined at an angle relative to the Earth's surface. The satellites are distributed along the length of the Earth, with some positioned higher and some lower, illustrating the orbital geometry.

- Ubicados a una altura de 19 100 Km inclinados 65° respecto al Ecuador.
- Cada satélite orbita la tierra cada 11 horas 15 minutos.
- Los rusos han tenido especial cuidado en arreglar sus satélites con espaciamientos regulares de 45° alrededor de la orbita.

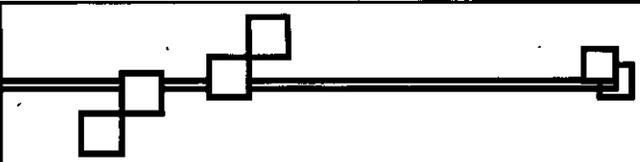


The diagram shows a horizontal line representing the Earth's surface. Above it, several small squares represent satellites in orbit. The orbits are inclined at an angle relative to the Earth's surface. The satellites are distributed along the length of the Earth, with some positioned higher and some lower, illustrating the orbital geometry.

- La constelación GLONASS garantiza que 5 satélites siempre serán visibles.
- El arreglo geométrico proporciona una cobertura mucho mejor que el GPS en regiones polares.



- Estas baterías impulsan 4 relojes atómicos, 2 de rubidio y 2 de cesio, cruciales para la exactitud del sistema.



- Un oscilador a bordo trabaja a una frecuencia fundamental de 10.23 MHz.
- Transmite de manera continua dos señales portadoras.
- Emite con una potencia de 700W



- $P = 10.23 \text{ MHz}$ (igual al oscilador)
- $C/A = 1.023 \text{ MHz}$ (1/10 del oscilador)

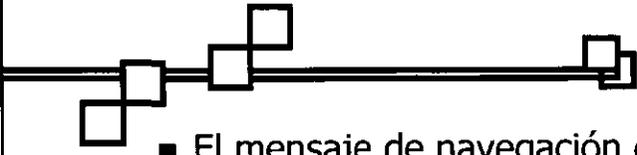


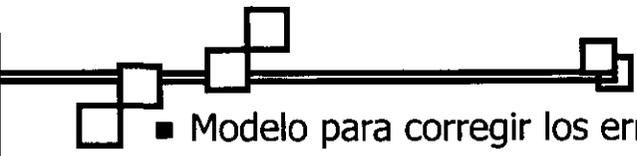
- El código P es un servicio de posicionamiento preciso y es de uso exclusivo del Ejército de los E.U.
- El código P es unas 10 veces más preciso que el código C/A.

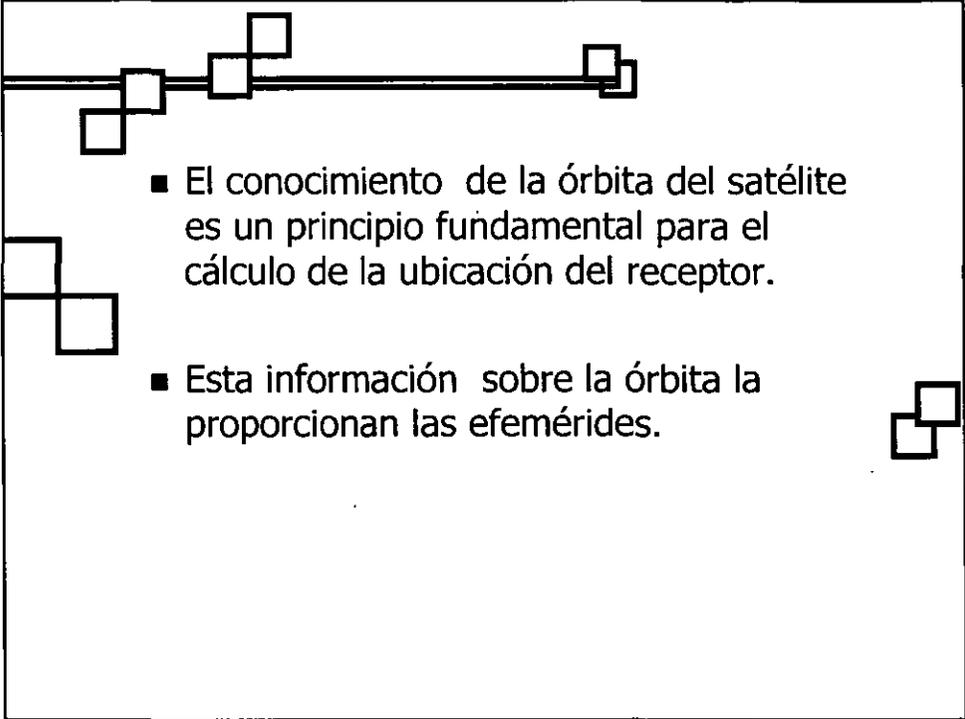
- El código C/A llamado código burdo de adquisición es accesible a todos los usuarios.

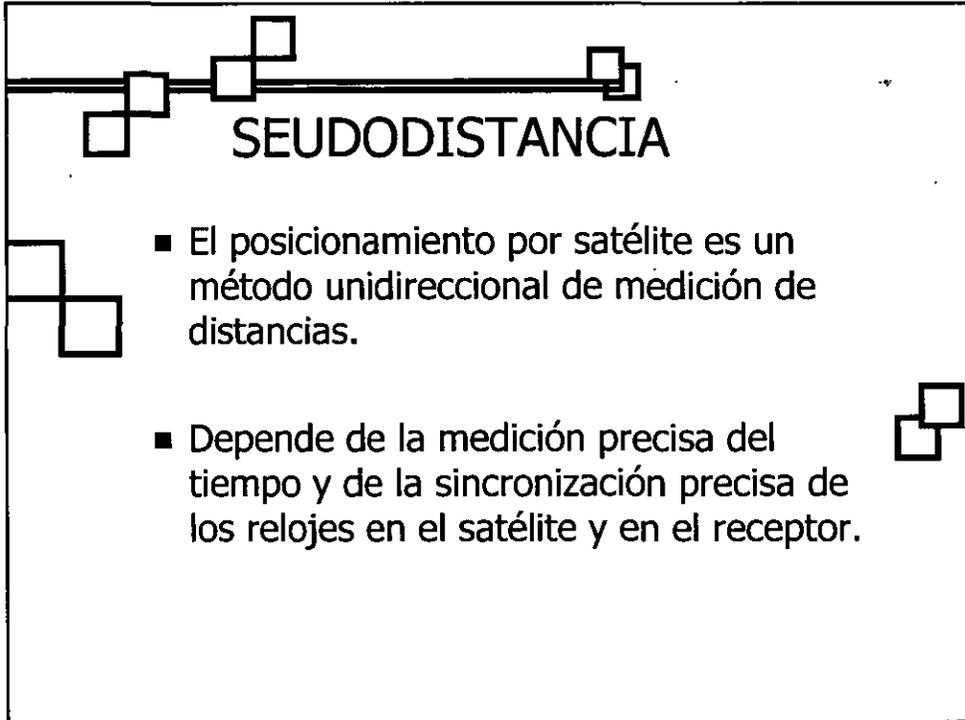


PRN	Code	Chip Rate
1	C/A	10230000
2	C/A	10230000
3	C/A	10230000
4	C/A	10230000
5	C/A	10230000
6	C/A	10230000
7	C/A	10230000
8	C/A	10230000
9	C/A	10230000
10	C/A	10230000
11	C/A	10230000
12	C/A	10230000
13	C/A	10230000
14	C/A	10230000
15	C/A	10230000
16	C/A	10230000
17	C/A	10230000
18	C/A	10230000
19	C/A	10230000
20	C/A	10230000
21	C/A	10230000
22	C/A	10230000
23	C/A	10230000
24	C/A	10230000
25	C/A	10230000
26	C/A	10230000
27	C/A	10230000
28	C/A	10230000
29	C/A	10230000
30	C/A	10230000
31	C/A	10230000
32	C/A	10230000

- 
- El mensaje de navegación está constituido por los siguientes elementos:
 - Efemérides (son los parámetros orbitales del satélite).
 - Información del tiempo (horario) y estado del reloj del satélite.
 - Modelo para corregir los errores del reloj del satélite.
 - se tarda 12.5 min en enviarlo completamente.
- 

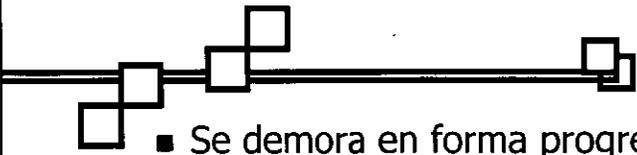
- 
- Modelo para corregir los errores producidos por la propagación en la ionosfera y la troposfera.
 - Información sobre el estado de salud del satélite.
 - Almanaque, que consiste en información de los parámetros orbitales (constelación de satélites).
 - Se transmite a un régimen binario de 50 bps y se tarda 12.5 min en enviarlo completamente.
- 

- 
- El conocimiento de la órbita del satélite es un principio fundamental para el cálculo de la ubicación del receptor.
 - Esta información sobre la órbita la proporcionan las efemérides.



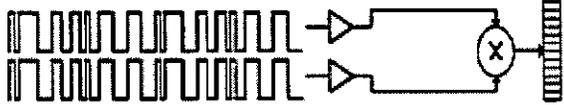
SEUDODISTANCIA

- El posicionamiento por satélite es un método unidireccional de medición de distancias.
- Depende de la medición precisa del tiempo y de la sincronización precisa de los relojes en el satélite y en el receptor.



■ Se demora en forma progresiva hasta que los 2 patrones coincidan en fase.

■ Este desplazamiento de fase indica el tiempo de viaje de la señal.



■ Puede convertirse en una distancia multiplicándola por la velocidad de la luz.

The diagram shows two horizontal lines representing signal paths. The top line has a square pulse that is progressively delayed from left to right. The bottom line has a square pulse that is progressively advanced from left to right. Below this, a circuit diagram shows two sine waves entering a multiplier block (a rectangle with an 'X' inside). The output of the multiplier is a square wave.



WGS 84

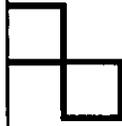
■ Las coordenadas que resultan de las mediciones GPS están en el sistema DATUM del satélite, WGS 84 (World Geodetic system).

■ Es un sistema de coordenadas cartesianas (X,Y,Z) cuyo origen es el centro de la tierra.

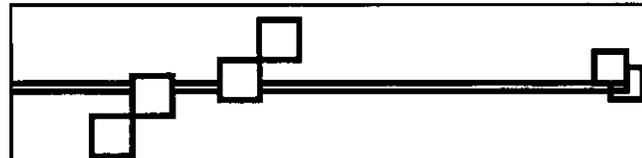
The diagram shows two horizontal lines representing signal paths. The top line has a square pulse that is progressively delayed from left to right. The bottom line has a square pulse that is progressively advanced from left to right.



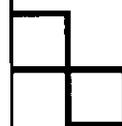
SEGMENTO DE CONTROL



- El control del GPS se realiza desde cinco estaciones de monitoreo
- Una estación maestra (Master Control Station), en Colorado Springs E.U. (Base Fuerza Aérea), y otras cuatro alrededor de la tierra.



- En la isla Ascensión (Atlántico Sur)
- Diego García (Océano Índico)
- Kwajalein (Pacífico Occidental)
- Hawaii (Pacífico Central)

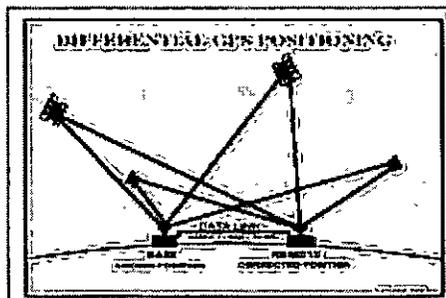


SEGMENTO DE USUARIO

- Consiste de receptores GPS que proporcionan instantáneamente la posición, altitud, velocidad y tiempo preciso al usuario desde cualquier parte del mundo.

Sistema GPS diferencial

- Esta forma de GPS esta siendo probada y llevándose a cabo la certificación para sistemas de aproximación y aterrizaje de precisión.



NAVEGADORES

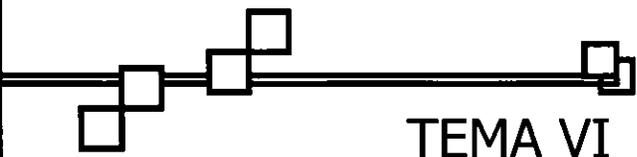
■ TERRESTRE



TEMA V MODELOS DE EQUIPOS GPS

■ FIJO

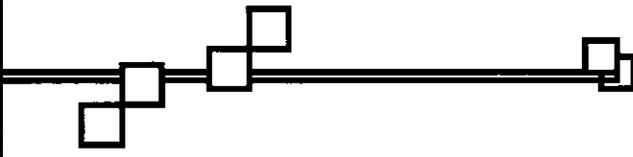




TEMA VI PROCEDIMIENTOS DE NAVEGACIÓN GPS

- ESTÁTICO

Se caracteriza por la determinación de las coordenadas de un punto estacionario.



- ESTÁTICO RÁPIDO

- Método en el que se lleva a cabo una ocupación por corto tiempo con equipo de 2 bandas y activación del código de precisión.





■ CINEMÁTICO EN TIEMPO REAL

■ Requiere de un receptor que opere simultáneamente con 5 satelites.

■ Un receptor ocupa una estación de referencia y radiodifunde obsevaciones GPS a la unidad movil (radio-modem).

■ En el receptor movil, las mediciones GPS de ambos receptores se procesan en tiempo real por la computadora interna de la unidad para producir una determinación inmediata de su posición.





FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

TOPOGRAFÍA II

Del 04 al 13 de Septiembre de 2006

APUNTES GENERALES

—COMPLEMENTO—

CI-176

Instructor: Ing. German Garcia Gonzalez

Delegación Xochimilco

SEPTIEMBRE DE 2006

TOPOGRAFÍA II.

1.- Introducción.

2.- Principios fundamentales de Topografía.

- Levantamiento Topográfico.

Al conjunto de procedimientos para determinar la posición de puntos sobre la superficie de la Tierra se le llama *Levantamiento Topográfico*, 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, trigonometría rectilínea y esférica, además de otros conocimientos matemáticos.

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

- a) Recopilación de documentación u orden de trabajo.
- b) Reconocimiento en campo y marcaje de vértices.
- c) Selección del método de levantamiento y del instrumental.
- d) Realización de mediciones y registros de datos en campo.
- e) Elaboración de cálculos con base en datos registrados para determinar la ubicación de puntos y obtener áreas y volúmenes.
- f) Dibujo o representación de las medidas para obtener un plano, mapa o gráfico de forma tradicional o ayudándose con métodos modernos computarizados.

- ◆ Tipos de levantamiento topográfico.

Existen muchos tipos de levantamiento, siendo cada uno tan especializado que alguien con amplia experiencia en diferentes áreas de la misma difícilmente los abarcaría en su totalidad. Sin embargo la persona dedicada a la topografía debe tener conocimientos complementarios de Astronomía 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.* Consiste 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.

• Medición angular.

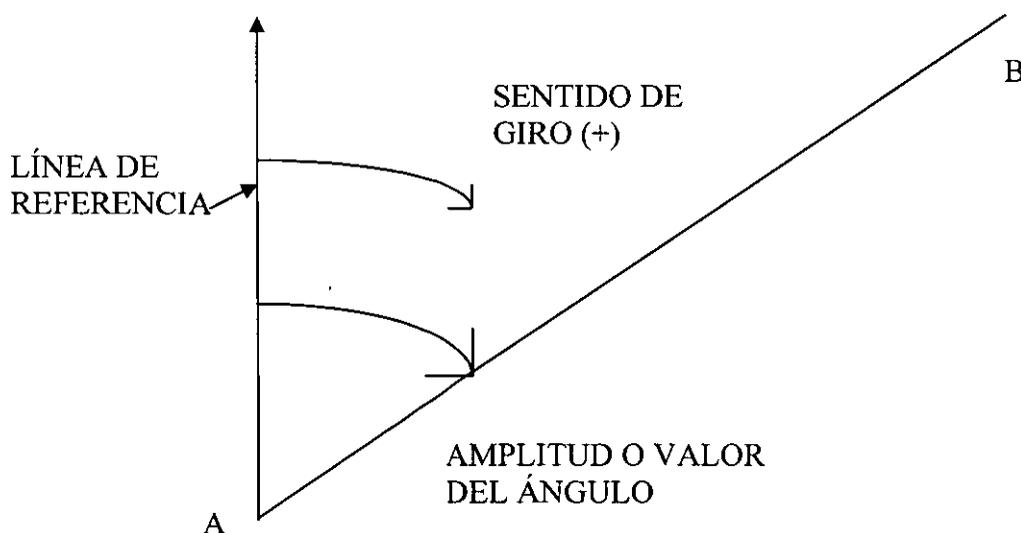
La unidad de medida angular es el grado, que en sistema sexagesimal divide a la unidad grado ($^{\circ}$) en 60 minutos ($60'$) y el minuto en 60 segundos ($60''$).

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

♦ Ángulos.

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

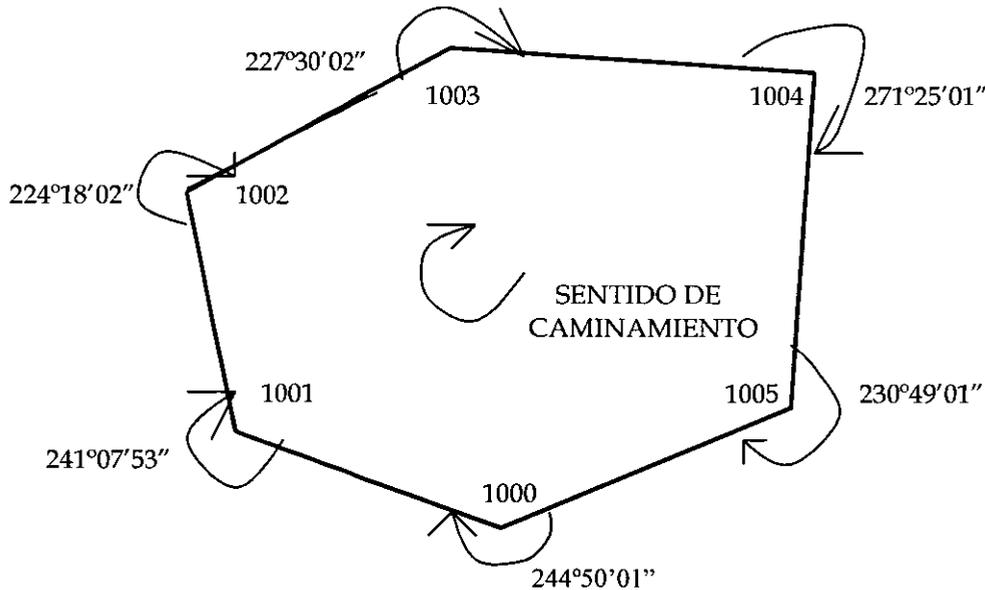


En topografía los ángulos se clasifican en horizontales y verticales. Los ángulos horizontales son las medidas básicas que se necesitan para determinar rumbos y acimutes.

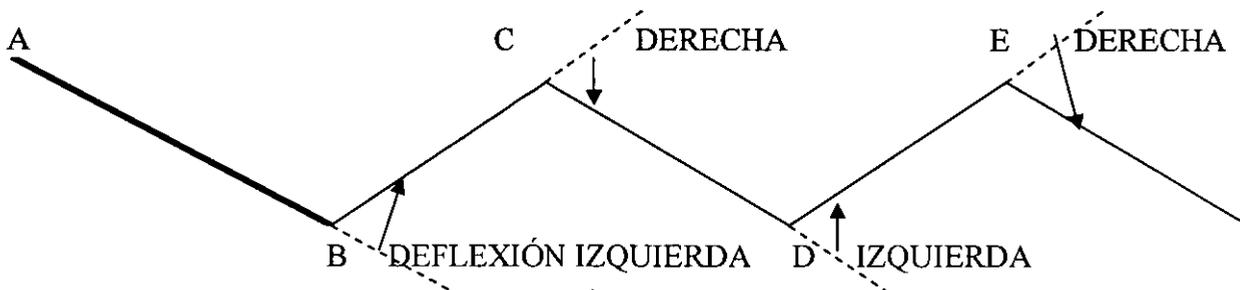
Los ángulos verticales se aplican constantemente en levantamientos que requieren el conocimiento de la altura. Conforme se va levantando una poligonal o un trazo determinado se lleva el control vertical y horizontal, si dichos trabajos así lo requieren, según se observa en la figura.

"TOPOGRAFÍA II"

- b) **Ángulos exteriores:** Son los que quedan fuera del polígono y para obtenerlos, el caminamiento es en el sentido del giro de las manecillas del reloj.



- c) **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° y debe especificarse el sentido del giro. 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.

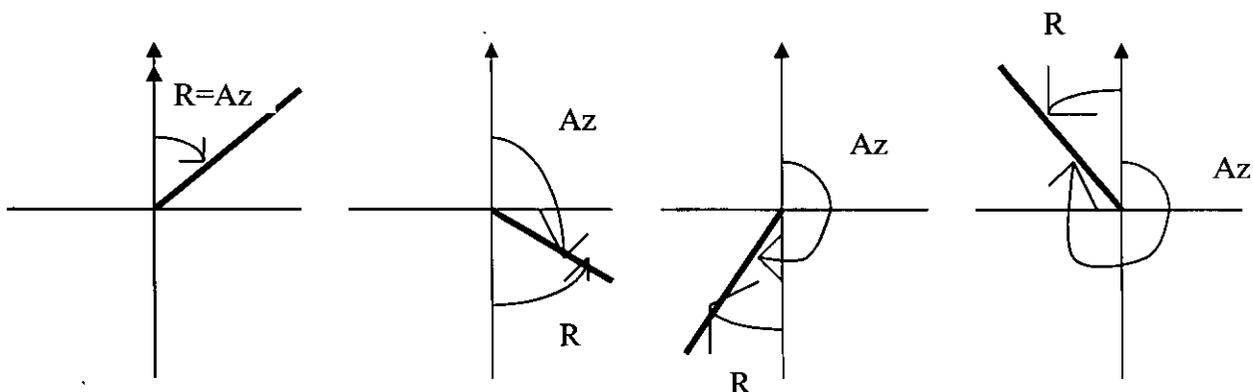
"TOPOGRAFÍA II"

♦ 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 mas el ángulo horizontal sea menor a 180° en vez de restar los 180° , hay que sumarlos, según el ejemplo siguiente:

CUADRANTE	ORIENTACION	ACIMUT	RUMBO
PRIMERO	N. E.	0° A 90°	VALOR = ACIMUT
SEGUNDO	S. E.	90° A 180°	$180^\circ - \text{ACIMUT}$
TERCERO	S. W.	180° A 270°	$\text{ACIMUT} - 180^\circ$
CUARTO	N. W.	270° A 360°	$360^\circ - \text{ACIMUT}$

♦ Acotaciones.

El dibujo de un terreno no es suficiente si no va acompañado de las medidas correspondientes. La acotación es la operación de dimensionar un dibujo correctamente y de acuerdo con una serie de reglas establecidas. La acotación requiere contacto directo con las operaciones en campo.

Una buena acotación requiere que sea fácilmente interpretable y que ofrezca la máxima claridad. Para conseguir estos fines, los principios generales serán los siguientes:

- 1.- El acotamiento se colocará en forma clara y perfectamente visible.
- 2.- No se omitirán medidas, pero tampoco se repetirán innecesariamente.
- 3.- El acotamiento se hará preferentemente por el exterior del terreno. Puede, sin embargo, colocarse por el interior si con ello no se perjudica la claridad del dibujo.
- 4.- Las medidas se consignaran en el dibujo siempre en milímetros.

"TOPOGRAFÍA II"

a) Errores instrumentales.

- 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 anteojo promediando lecturas en posición directa e inversa.

- 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.

- 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 delante tienen ángulos diferentes de inclinación, resultarán ángulos horizontales con error. Estos errores pueden eliminarse promediando las lecturas directas e inversas.

b) Errores climatológicos y atmosféricos.

- 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. En estos casos, ayuda mucho usar la plomada óptica.

- Cambios de temperatura.

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

- 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 posponerse las observaciones hasta que mejoren las condiciones atmosféricas.

c) Errores personales.

- 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.

"TOPOGRAFÍA II"

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 2 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 1:20000.

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.

a) Cálculo del cierre angular (error angular)

Conociendo la fórmula para κ interior = $180^\circ (N - 2)$

κ exterior = $180^\circ (N + 2)$

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

Comprobación cierre angular $720^\circ 00' 00''$

Valores de ángulos internos 719°59'56"

00°00'04" = * error angular

b) Cálculo de tolerancia angular

El error angular permisible se obtiene de la formula

Donde:

$$A \sqrt{N}$$

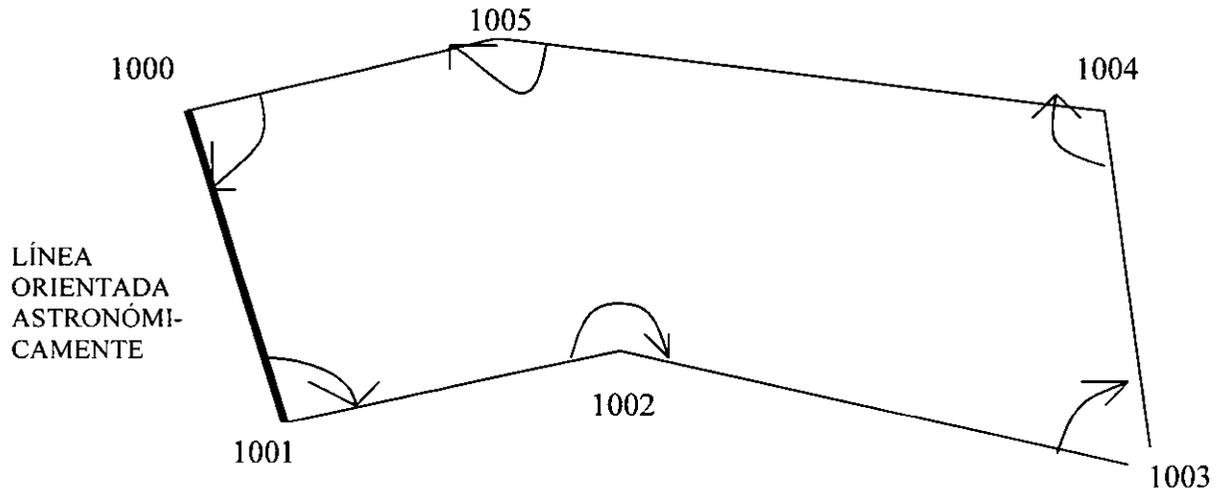
A = Precisión del aparato

N = Número de lados

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

Error angular 04" menor a la tolerancia 4.8"

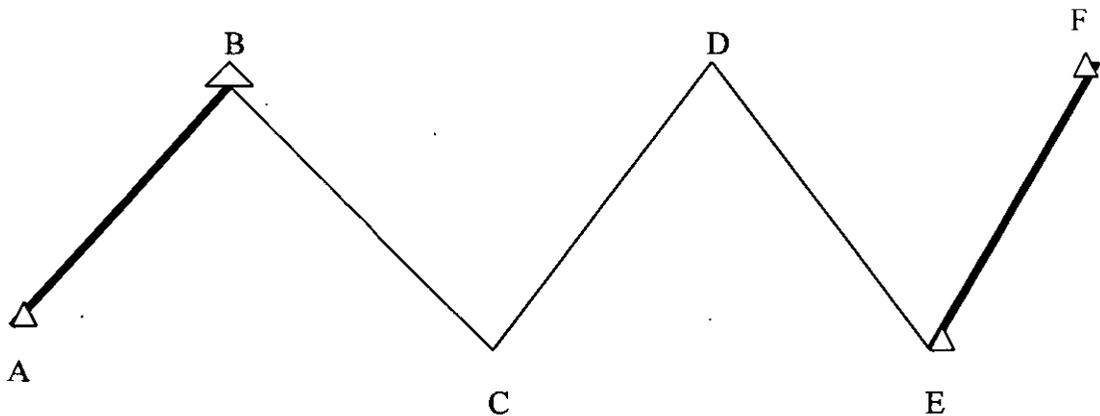
"TOPOGRAFÍA II"



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.

b) 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 del inicio, formando un polígono geométricamente abierto, pero analíticamente cerrado.



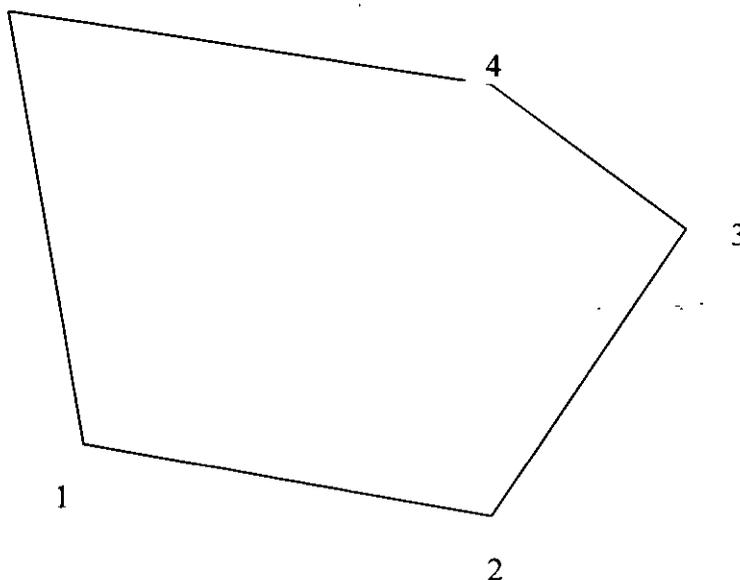
Según la figura las líneas (A - B y E - F) están orientadas astronómicamente por procedimientos topográficos o geodésicos, de los cuales se obtuvieron las coordenadas para después realizar el comparativo de ambas coordenadas quedando así geométricamente abierta y analíticamente cerrada.

• Aplicación de alguno 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

"TOPOGRAFÍA II"



b) Medición por ángulos interiores

Este método es usual en poligonales para levantamientos catastrales y ejidales. 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 evitaras 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	-	-	▲ N 17°35'35"W	Rumbos de inicio
1	2	▲ 79°31'01"	▲ 94.211	* N 61°55'26"E	EST. _____ 1
2	3	▲ 40°12'32"	▲ 106.670	* N77°52'02"W	P.R. _____ 3
3	1	▲ 60°16'27"	▲ 70.054	* 17°35'35"E	
▲ DATOS OBTENIDOS EN CAMPO					
* DATOS CALCULADOS EN GABINETE					

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

● 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.
- Para el cálculo de proyecciones, utiliza los siguientes pasos:

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

Donde: D = distancia

"TOPOGRAFÍA II"

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

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

- Sustituyendo tenemos:

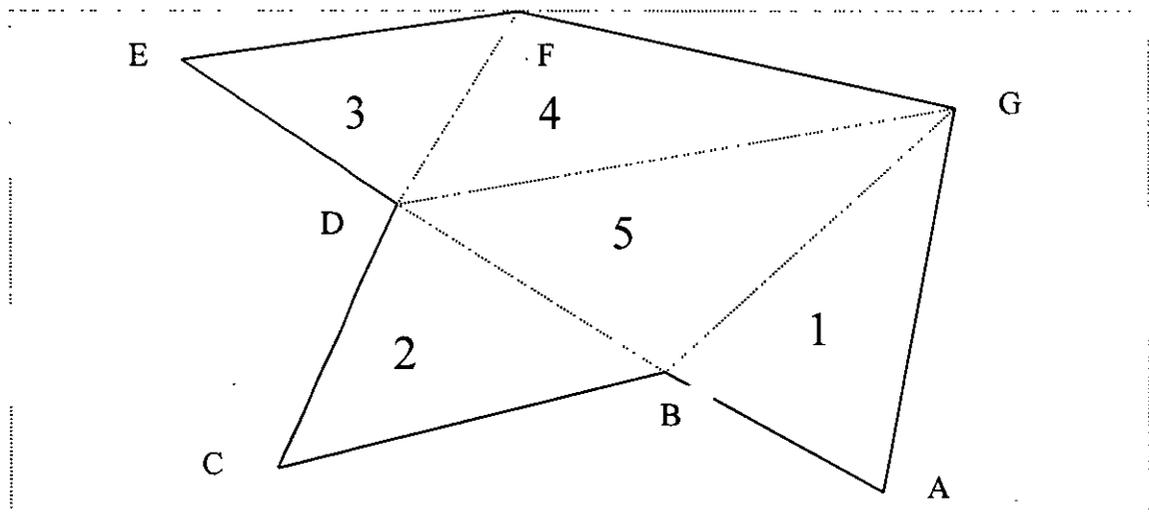
$$A = \sqrt{173.364(173.364 - 143.400)(173.364 - 113.016)(173.364 - 90.312)}$$

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

$$A = \sqrt{26035845.41}$$

$$A = 5102.533$$

- 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.



b) 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, ($1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ m}^2$) y se desea conocer la superficie.

1º Determinar la unidad planimétrica en un cuadro de $10 \times 10 \text{ cm}$.

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

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

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

"TOPOGRAFÍA II"

Si observamos como esta 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			566469.93	5657064.43	

$$2 (\text{área}) = 7585.50$$

$$\text{Área} = \frac{7585.50}{2} = 3792.75 \text{ m}^2$$

● Escala.

La escala es la relación existente entre las dimensiones de los elementos representado en el mapa y sus magnitudes en el terreno

Generalmente se expresa con una razón (2: 50 000) o una fracción $\frac{1}{50000}$, lo que significa que 50 000

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 mas pequeña es aquella cuyo denominador es mayor, ya que implica una fracción menor:

Por ejemplo:

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

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

$$\frac{1}{10000} > \frac{1}{50000}$$

$$\frac{1}{50000} > \frac{1}{100000}$$

$$\frac{1}{250000} < \frac{1}{100000}$$

"TOPOGRAFÍA II"

Sustituyendo valores en la fórmula:

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

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

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

$$DT = 20\,000 \times 5.3$$

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

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

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

2. Obtención de la distancia en el mapa:

– Valores conocidos:

$$Esc. = 1: 20\,000$$

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

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

– Sustituyendo valores en la fórmula:

$$\frac{1}{20\,000} = \frac{dm}{1\,060}$$

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

$$dm = \frac{1\,06\,000 \text{ cm}}{20\,000 \text{ cm}}$$

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

3. Obtención de la escala del mapa:

– Valores conocidos:

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

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

– Sustituyendo valores en la fórmula:

$$\frac{1}{ESC} : \frac{5.3}{1\,060} = \frac{1\,060 \times 1}{5.3}$$

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

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

$$ESC = 20\,000$$

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

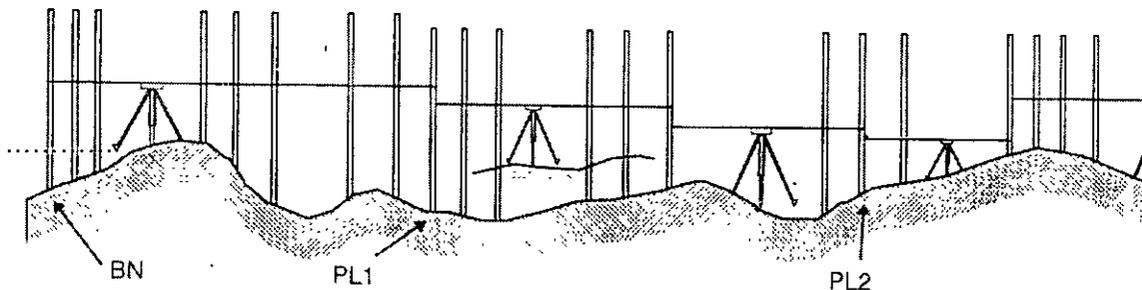
$$\therefore \text{Escala} = 1: 20\,000$$

"TOPOGRAFÍA II"

- **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 o 10 mts.



El perfil así trazado se usa para varios fines, como:

- 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.

- ◆ **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 topografías de detalle, para fijar vértices (de perímetros ejidales, parcelas, asentamientos humanos y perímetro 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 (z) al interconectar los vértices de la poligonal, ya que las tolerancias verticales en relación a la horizontal es de $1:20\,000 = 0.13\text{ K}$ y de $1:10\,000 = 0.020\text{ K}$.

"TOPOGRAFÍA II"

REGISTRO 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	

◆ Registro 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 de 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.

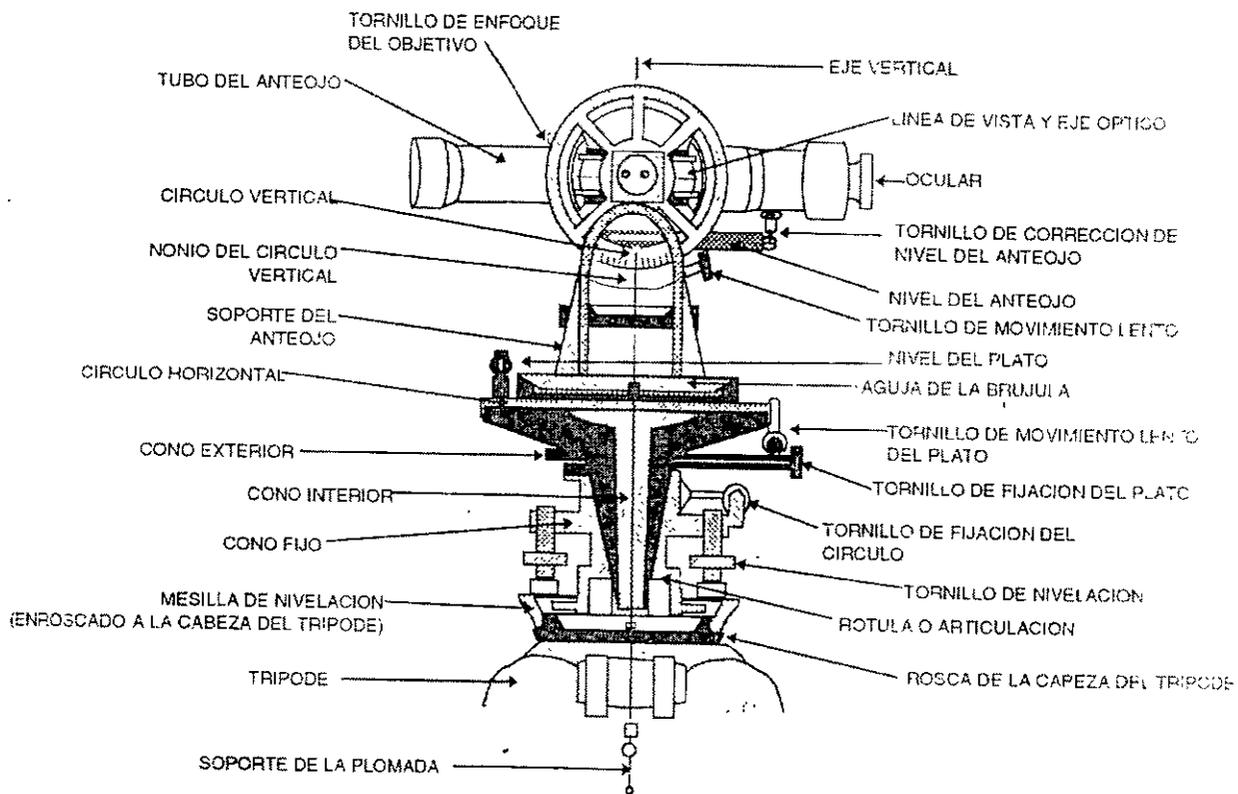
Todas las notas deben ser registradas en una libreta de campo y los datos siempre deben ser exactos, completos, legibles, claros y ordenados. Si se requieren notas aclaratorias, estas deben colocarse del lado derecho en el mismo renglón donde los datos requieran explicación. Así mismo:

- Fecha, hora del día y momento del inicio y término
- Condiciones climatológicas
- Nombre de la brigada con sus integrantes y nombre del responsable para poder aclarar situaciones futuras
- Numero 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
- Cruzar con una raya suave cualquier valor incorrecto, pero conservando su legibilidad
- Llevar regla y transportador
- Anotar descripciones y dibujos en líneas 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

"TOPOGRAFÍA II"



El tránsito mas completo consta de un disco superior o disco de 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; esta tiene abajo una articulación de rodilla que fija el aparato al plato de base, pero permitiendo la rotación, quedando la misma articulación como centro.

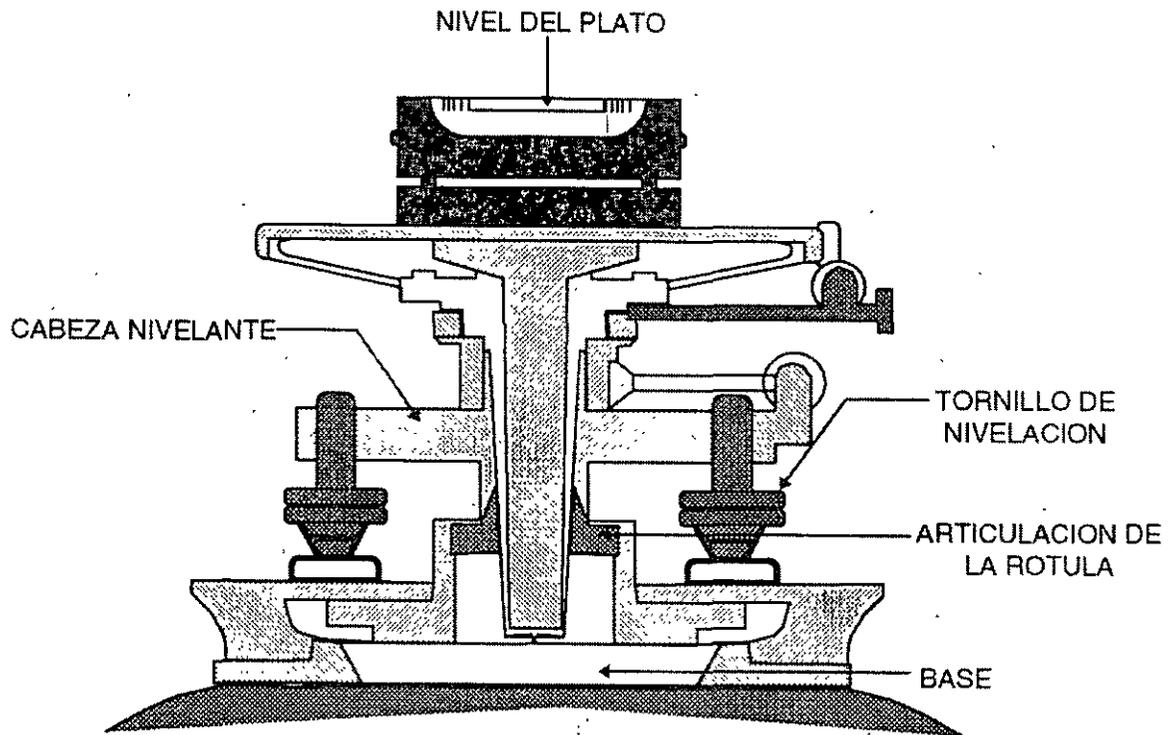
Cuando se gira el disco inferior, su carrete exterior gira dentro de su propio soporte en la cabeza de nivelación; a este movimiento se le llama movimiento general. Este carrete exterior del disco inferior puede fijarse en cualquier posición apretando el tornillo de sujeción inferior o tornillo de movimiento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

De modo similar, el eje interior que queda dentro del carrete exterior, puede fijarse a este promedio 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, accionado los tornillos de movimiento tangencial o de aproximación; pero éstos 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.

"TOPOGRAFÍA II"

**● 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 la 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.