

FACULTAD DE INGENIERIA

CATEDRA: TOPOGRAFIA

**TRABAJO DE INVESTIGACION  
DE TOPOGRAFIA.**

MARACAIBO, 30 de septiembre de 2004

**ESQUEMA**

**TOPOGRAFIA– CONCEPTO.**

**CLASIFICACION DE LA TOPOGRAFIA.**

**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.**

**ESCALAS, TIPOS DE ESCALAS Y SUS APLICACIONES.**

**TEODOLITOS, TIPOS DE TEODOLITOS, USOS Y SUS  
PARTES.**

**SISTEMA AXIAL Y SUS ERRORES.**

**CONCEPTOS:** JALON, FICHAS O AGUJAS, CINTA METRICA, MIRA, NIVEL, BRUJULA, TAQUIMETRIA, PLANO DE MENSURA, AZIMUT, NIVELACION, TRIANGULACION REPLANTEO, OBSERVACION SOLAR.

**DESARROLLO**

**TOPOGRAFÍA:**

Conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de una parte de la Superficie Terrestre, con sus formas y detalles tanto naturales como artificiales. Procede de topo (lugar) y grafos (descripción).

**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO:**

Se denomina levantamiento al conjunto de operaciones necesarias para representar topográficamente un terreno. Aunque en general todo levantamiento ha de hacerse con precisiones ya establecidas, hay ocasiones en que, por la índole del trabajo, puede aligerarse éste aún cuando lleguen a cometerse errores sensibles en el plano, e incluso, a veces, basta un ligero bosquejo, con rápidas medidas, constituyendo un croquis.

De aquí la clasificación de levantamientos regulares e irregulares; en los primeros se utilizan instrumentos, más o menos precisos, que con fundamento científico permiten obtener una representación del terreno de exactitud variable, pero, de tal naturaleza, que se compute siempre como de igual precisión en cualquier punto de la zona levantada. La exactitud de los levantamientos regulares depende, desde luego, de la habilidad del operador, pero es debida, principalmente, a la precisión de los instrumentos empleados.

## **ESCALA:**

Relación que existe entre la medida de un segmento sobre el papel y la medida de su homólogo en la realidad.

Escala = Plano /Terreno = $1/D$  (Denominador de la Escala):

$$E = P / T = 1/D$$

Esta fórmula también es válida para superficies:

$$E_2 = S_{\text{Plano}} / S_{\text{Terreno}} = 1/D_2$$

## **TIPOS DE ESCALAS:**

Ø ESCALAS NUMÉRICAS: En el terreno tenemos que considerar tres distancias entre dos puntos (ver gráfico):

- Distancia NATURAL, REAL o TOPOGRÁFICA: la que separa los punto A y B medida sobre el suelo: ADB
- Distancia GEOMÉTRICA: la que separa A y B medida sobre la recta imaginaria que los une.
- Distancia REDUCIDA u HORIZONTAL: la que resulta de medir la proyección de los puntos A y B sobre el plano horizontal, correspondiéndose la distancia medida en el plano con la distancia horizontal del terreno.
- Las escalas MILITARES REGLAMENTARIAS en España son: 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:200.000, 1:250.000, 1:400.000 y 1:800.000.

Ø ESCALAS GRAFICAS: Representación de una escala numérica sobre una recta; o lo que es lo mismo su representación geométrica.

Sabiendo que: 1Km= 20 mm, 50m = 1mm. A la parte izquierda se le llama talón y se marcará con 500 m la división central.

Ø APRECIACIÓN GRAFICA: Teniendo en cuenta que el valor mínimo del grosor de trazo empleado para representar los detalles del terreno es de 0.2 mm, la Apreciación Gráfica se obtiene mediante la fórmula:  $Apr = 0.2 \times D$ , siendo D el denominador de la escala.

## **1. EL TEODOLITO METEOROLOGICO**

### **1.1 Descripción breve.**

Un teodolito es un instrumento destinado a ubicar un objeto a cierta distancia mediante la medida de ángulos con respecto al horizonte y con respecto a los puntos cardinales. El teodolito meteorológico está diseñado de tal manera que facilita la ubicación de un globo piloto o de radiosonda durante el ascenso. Con la ubicación del globo y la tasa de ascenso puede calcularse la velocidad y dirección del viento.

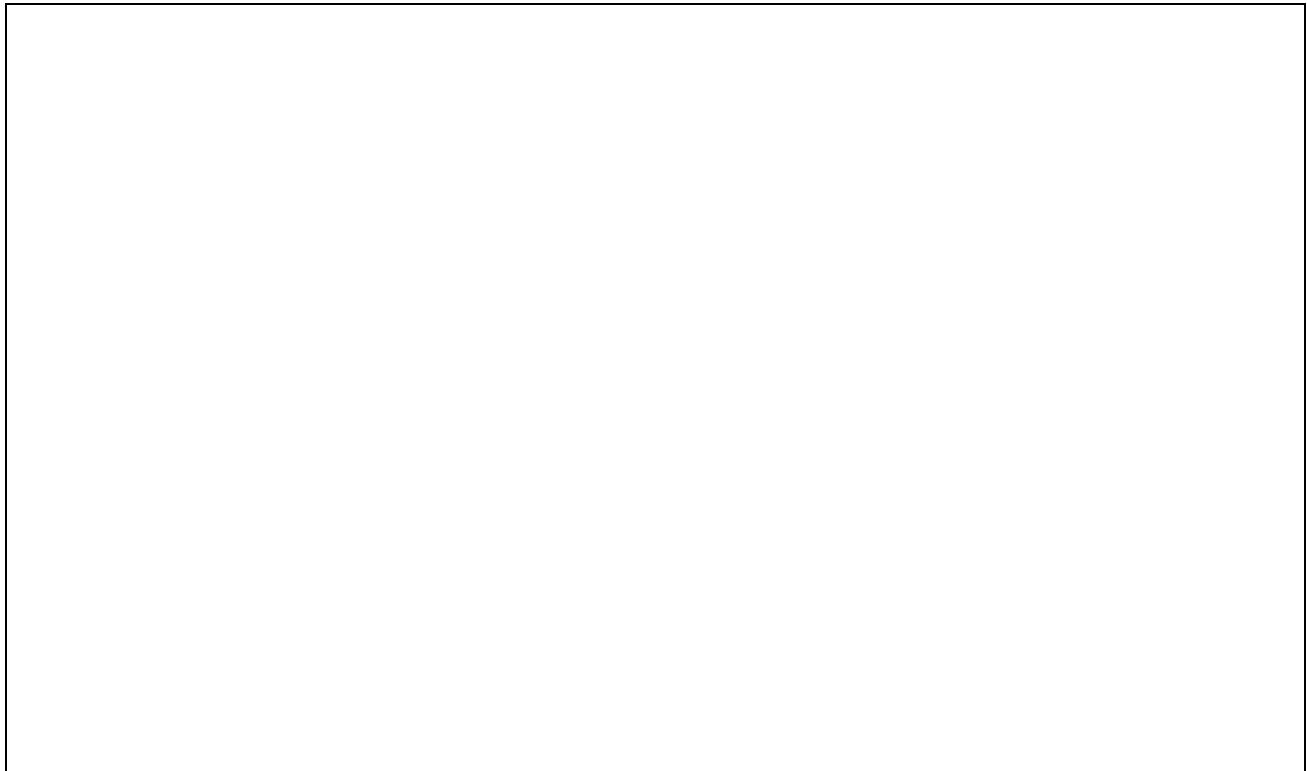
El ángulo de elevación es el ángulo con respecto al horizonte. Cero grados indica la posición del horizonte y  $90^\circ$  indica la posición del cenit o punto ubicado verticalmente sobre el observador. El ángulo azimutal es el ángulo con respecto al norte geográfico. Este ángulo es igual a cero hacia el norte,  $90^\circ$  hacia el este,  $180^\circ$  hacia el sur y  $270^\circ$  hacia el oeste. Observar la figura 1.

El teodolito requiere ser montado en un trípode que es un accesorio aparte. Hacer las mediciones consta en leer el ángulo azimutal y el de elevación con cierta frecuencia desde el lanzamiento del globo hasta que se le pierda de vista. Generalmente esta frecuencia es de 30 segundos durante los primeros 8 minutos luego del lanzamiento, y de 1 minuto posteriormente.

## **1.2 Partes del teodolito.**

### **1.2.1 Esquema de partes del teodolito.**

En la figura 2 a continuación puede encontrarse un gráfico del teodolito a utilizarse en el experimento del SALLJEX y sus partes:





**Figura 2.** Teodolito meteorológico y sus partes.

### 1.2.2 Breve descripción de las partes del teodolito observadas en la figura 2.

El teodolito debe ser montado sobre un trípode para su instalación. El trípode no se considera parte del teodolito, es un accesorio separado. Puede conseguirse un trípode arbitrario pero debe tenerse en cuenta que la rosca de la parte inferior del teodolito sea compatible con la rosca del trípode. Existen adaptadores en el caso de que no sean compatibles. La rosca se ubica en la parte inferior de la base del teodolito y no se muestra en la figura 2.

Sobre la base del teodolito pueden ubicarse unos tornillos. Estos son los tornillos que servirán para la nivelación del teodolito. Encima de estos tornillos y debajo del plato (hacia la derecha en la figura 2) puede observarse una llave tipo hélice. Esta sirve para ajustar o aflojar el disco principal o plato del teodolito de modo que se pueda rotar para orientar el teodolito con respecto al norte. El tornillo de ajuste fino para este procedimiento se encuentra al mismo nivel que la llave tipo hélice: debajo del teodolito.

Yendo hacia arriba se observa el plato del teodolito. Dentro del plato se encuentra el círculo horizontal que permite girar el teodolito alrededor de su eje (de manera horizontal) y así poder leer el ángulo acimutal. Sobre el plato (a la mano derecha en la figura 2) se encuentra el vernier para medir el ángulo acimutal. Junto al vernier se encuentra el tornillo del acimut, tornillo que permite girar finamente el círculo horizontal que se encuentra dentro del plato del teodolito.

Sobre el plato pueden distinguirse los niveles que constan en dos tubos con burbujas. Para que el teodolito esté nivelado las burbujas tienen que estar en el centro del tubo. También existen dos amortiguadores (de color blanco) para evitar que tubo del lente de alta magnificación se golpee con el plato.

Por encima del plato existen dos soportes que sostienen la parte superior del teodolito. El soporte ubicado hacia la derecha en la figura 2 sostiene el círculo vertical. El giro de este círculo permite girar el teodolito verticalmente y medir el ángulo de elevación. El vernier para la lectura del ángulo de elevación no se aprecia en la figura 2, pero debe encontrarse detrás del tubo del objetivo. El tornillo de elevación no se encuentra en este caso junto al vernier vertical y puede observarse en la figura.

El tubo del objetivo se encuentra en el eje de rotación del círculo vertical (prominencia hacia la derecha en la figura 2). En este tubo se encuentran las partes del teodolito que permitirán visualizar el globo. El objetivo se encuentra al extremo del tubo. A través de él debe mirarse para seguir el globo.

El teodolito tiene dos opciones: seguir al globo con la opción de baja magnificación (un ligero acercamiento) y con la opción de alta magnificación (gran acercamiento). El lente de baja magnificación se localiza sobre el tubo del objetivo y puede observarse en la figura 2. El lente de alta magnificación es el tubo grande que se ubica a la izquierda del círculo vertical.

Para hacer la transición entre alta y baja magnificación puede utilizarse la perilla de alta–baja magnificación que se ubica en la parte superior del tubo del objetivo.

Para el enfoque en alta magnificación puede manipularse un tornillo en el tubo del objetivo (no visible en la figura 2). Para el enfoque en baja magnificación puede girarse el objetivo.

Finalmente otra parte importante del teodolito es la mira, que se ubica sobre el lente de alta magnificación. Se utiliza durante los primeros minutos de lanzamiento hasta que el globo ha sido ubicado precisamente mirando por el objetivo.

### **1.2.3 Iluminación para lanzamientos nocturnos.**

El teodolito también tiene la opción de iluminar los vernieres durante la noche. En esta versión del manual no tocamos este punto con detalle ya que no se han hecho pruebas recientes al respecto. Como en el SALLJEX van a realizarse algunos lanzamientos en horas de la noche va a ser necesario tener cierta luminosidad que no sea tan fuerte como para no cegar al observador que debe estar atento a seguir el globo, pero al mismo tiempo que no sea tan débil como para evitar que éste pueda leer los ángulos. Algunas opciones: Puede utilizarse una linterna de iluminación débil o los conocidos glowsticks que son unas varillas que brillan en la oscuridad al quebrar el producto químico que llevan en su interior.

## **1.2.4 Glosario de partes**

**Círculo vertical**

**Cruces**

**Lente de alta magnificación**

**Lente de baja magnificación**

**Llave tipo hélice**

**Mira**

**Niveles o burbujas**

**Objetivo**

**Perilla de alta–baja magnificación**

**Plataforma**

**Plato de ángulos**

**Plato vertical de ángulos**

**Tornillo de ajuste del plato**

**Tornillo de nivelación**

**Tornillo del acimut**

**Tornillo de elevación**

## **Tornillo de enfoque para alta magnificación**

### **Vernier**

## **2. UTILIZACION DEL TEODOLITO**

### **2.1. Instalación del teodolito.**

Es necesario instalar el teodolito antes de realizar cada medición. Esto se hace siguiendo los siguientes pasos:

#### **2.1.1 Instalación del trípode.**

El trípode debe colocarse para montar encima el teodolito. Las tres piernas deben colocarse a una distancia suficiente como para que tenga estabilidad. Pero esta distancia tampoco debe ser lo suficientemente grande como para que afecte la movilidad de los observadores. Observar en la Figura 18.

**Figura 18. Forma adecuada de colocar el trípode.**

Asimismo se recomienda colocar el trípode lo más nivelado posible, esto quiere decir que la plataforma superior en donde va a colocarse el teodolito posteriormente, debe estar lo más horizontal posible. Conviene colocar una piedra pequeña u otro objeto debajo del trípode de modo de marcar el lugar exacto en donde se armó ya que para siguientes mediciones debe armarse en el mismo lugar.

#### **2.1.2 Montado del teodolito.**

El teodolito se enrosca en la parte superior del trípode hasta que quede firme. En algunas ocasiones va a ser necesario contar con un adaptador ya que no todos los trípodes tienen roscas compatibles con las de los teodolitos.

#### **2.1.3 Nivelación del teodolito.**

Inicialmente debe verificarse que la plataforma teodolito-trípode esté lo más horizontal posible (como se mencionó anteriormente). Luego se procede a nivelar el teodolito manipulando los tornillos que se encuentran en la parte inferior. El objetivo es que las burbujas de los dos niveles ubicados en la plataforma del teodolito se localicen en el centro de los tubos. En la figura 19 se ilustra este procedimiento.

#### **2.1.4 Alineamiento del teodolito: Fijación de un ángulo acimutal.**

Cuando el teodolito esté completamente nivelado debe alinearse, es decir, orientarse con respecto a los puntos cardinales. Para ello debe conocerse el ángulo acimut de algún punto del horizonte, ya sea un punto de referencia conocido o un punto cardinal (por ejemplo, el norte geográfico tiene un ángulo acimut de  $0^\circ$  mientras el sur de  $180^\circ$ ). Más información de cómo definir un punto de referencia en el horizonte puede encontrarse en el punto 2.2 en este mismo manual.

Cuando ya se conoce el ángulo acimutal de un punto de referencia este debe **fijarse** en el teodolito. Esto se hace siguiendo los siguientes pasos.

- **Aflojar la llave tipo hélice** (ubicada en la parte inferior del teodolito). Esto permite aflojar el plato. De este

modo puede rotarse hasta que el ángulo acimut coincida aparezca en el vernier.

- **Aflojar el tornillo de ajuste fino para el ángulo acimut.** Esto permitirá liberar también la plataforma y así girar con mayor libertad los lentes.
- **Hacer que el vernier apunte exactamente en el ángulo acimut del punto de referencia.**
- **Ajustar el tornillo de ajuste fino para el ángulo acimut.** Esto fija el plato con respecto a la plataforma. Cuando el plato está suelto (ya que la llave tipo hélice esté suelta), al girar la plataforma el ángulo acimutal que aparece en el vernier no se modificará. De este modo queda fijado el ángulo acimutal del punto de referencia.
- **Apuntar el teodolito hacia el punto de referencia.** Debe identificarse con la mira el punto de referencia y apuntar hacia el.
- **Ajustar la llave tipo hélice.** Esto permite fijar nuevamente el plato. A partir de este momento el plato queda fijo y la única forma de mover la plataforma será a través del tornillo del acimut.
- **Localizar nuevamente el punto de referencia** utilizando el tornillo de ajuste fino para el ángulo acimut. El teodolito debe apuntar hacia él con la mayor precisión posible.
- **Fijar el ángulo acimutal con precisión.** Esto se hace manipulando el tornillo de ajuste fino del plato hasta que el vernier apunte hacia el ángulo acimutal con la mayor precisión posible.

Culminado este procedimiento, el teodolito debe encontrarse correctamente alineado con los puntos cardinales y se encontrará listo para iniciar las mediciones.

#### 2.1.5    Ajustes finales.

Para dejar al teodolito totalmente listo para el lanzamiento debe verificarse que la mira esté desplegada, que los tornillos del acimut y de elevación se encuentren aflojados y que el teodolito se encuentre fijado en la opción de baja magnificación. Luego de estos ajustes finales, el teodolito debe encontrarse listo para el lanzamiento del globo.

## **2.2 Alineamiento inicial del teodolito y el punto de referencia.**

### **2.2.1 Qué es alinear el teodolito?**

Alinear el teodolito consiste en orientarlo con respecto a los puntos cardinales. El ángulo de  $0^\circ$  del disco horizontal del teodolito debe estar orientado hacia el norte, el de  $90^\circ$  hacia el este, el de  $180^\circ$  hacia el sur y el de  $270^\circ$  hacia el oeste. Observar la figura 20.

**Figura 20. Esquema de relación entre los puntos cardinales y el ángulo acimutal.**

La primera vez que se quiera instalar el teodolito en una estación va a ser necesario alinearla, procedimiento que no es tan simple por que no existe un punto de referencia. Este procedimiento se describe en el punto 2.2.3. en este manual.

### **2.2.2 Punto de referencia.**

Cuando se haya realizado el alineamiento inicial del teodolito debe buscarse un punto de referencia en el horizonte que tenga las siguientes características:

- Que sea inamovible.
- Que sea visible en días nublados o con neblina.
- Que no se encuentre muy cerca del teodolito.

La información (ángulo acimutal) de este punto de referencia permitirá alinear rápidamente el teodolito en futuras mediciones evitando así tener que repetir el tedioso procedimiento del alineamiento inicial. Ejemplos de puntos de referencia: Antenas, postes, cerros, montañas, árboles, torres, etc.

### **2.2.3 Alineamiento inicial del teodolito.**

El alineamiento inicial debe hacerse la primera vez que se utilice el teodolito en la estación meteorológica y

consiste en definir exactamente en que parte del horizonte se encuentran los puntos cardinales, es decir, hacia donde está el norte exactamente. Este alineamiento puede hacerse de tres formas básicamente:

- Utilizando GPS.
- Utilizando información de la posición de los astros.
- Utilizando un punto de referencia con ángulo acimutal desconocido\*.

Hay otras maneras de realizar este alineamiento como utilizando una brújula, observando la dirección hacia la que apunta la caseta meteorológica, etc. Sin embargo estas opciones no son confiables ni muy exactas, por lo que se recomienda recurrir a las tres opciones listadas y que van a ser explicadas a continuación.

#### **2.2.3.1 Alineamiento utilizando GPS.**

Es la manera más común de alinear un teodolito en la actualidad. El GPS es un instrumento que permite obtener datos de la latitud, longitud y altitud del punto donde se ubica el observador. Estos datos tienen un rango de error de 20 metros, lo que tiene que considerarse cuando se quiere definir la localización exacta de los puntos cardinales.

El procedimiento para hallar el norte es el siguiente:

1. Encontrar la latitud y longitud del punto en el que se ha ubicado el teodolito.
2. Caminar en línea recta hacia el norte (siguiendo una línea de longitud constante) una distancia determinada. Esta distancia debe ser lo mayor posible para reducir el error del GPS (como se observa en la figura 21). Mientras más lejos se ubique la persona que cargue el GPS del punto de localización del teodolito menor será el error.
3. Al haber encontrado un punto lo suficientemente lejos del teodolito debe verificarse que la longitud medida por el GPS sea la misma que la longitud medida en el punto de localización del teodolito.
4. Cuando se encuentra el norte geográfico, el observador localizado junto al teodolito debe capturar el norte observando por el objetivo y fijar el ángulo acimutal en  $0^\circ$ . Entonces el teodolito estará alineado. El procedimiento para fijar un ángulo acimutal ha sido descrito en el punto 2.1.4 de este manual. Es muy importante que al final del alineamiento la llave tipo hélice esté bien ajustada y el plato inmóvil.

El procedimiento descrito también puede ser realizado con los otros puntos cardinales: Caminar hacia el sur siguiendo una línea de longitud constante y fijar el ángulo de 180°; caminar hacia el este siguiendo una línea de latitud constante y fijar el ángulo de 90°; caminar hacia el oeste siguiendo una línea de latitud constante y fijar el ángulo de 270°.

#### **2.2.3.2 Alineamiento utilizando la posición de los astros.**

Es la manera más exacta de alinear un teodolito, pero requiere conocer la posición exacta de los astros con respecto a los puntos cardinales, es decir, sus ángulos acimutales.

La manera más fácil de hacer esto sin tener que recurrir a tablas con información astronómica es observando la posición del sol al medio día solar. El medio día solar es el momento del día exactamente entre el amanecer y el atardecer. Esto significa que es el momento del día en el que el sol se encuentra exactamente sobre el eje norte-sur del cielo. No necesariamente coincide con las 12:00 hora local pero ocurre muy cerca de esta hora.

En localidades ubicadas en latitudes medias como Argentina y el centro de Chile, al medio día solar la sombra estará inclinada siempre hacia el sur. Esto significa que a esta hora puede orientarse el teodolito hacia la dirección en la que apunta la sombra y fijar el ángulo acimutal en 180°.

Sin embargo en localidades ubicadas en el trópico (a latitudes menores que 23.5°S), este no será siempre el caso. En Bolivia y Perú por ejemplo, al medio día solar la sombra estará inclinada hacia el sur durante la mayor parte del año, sin embargo durante la primavera y el verano pueden ocurrir fechas en las que la posición del sol no proyecte sombra, o incluso épocas en las que la sombra se dirija hacia el norte. Por ello no siempre será fácil aplicar esta técnica. Esto puede observarse en la figura 22.

Por ello en las estaciones descritas en la región A de la figura, es probable que si se desea fijar el norte geográfico con la posición de los astros, sea necesario recurrir al uso de tablas o mapas celestes en donde se indique el ángulo acimutal del sol a cierta hora del día para poder fijar un ángulo siguiendo la sombra con el teodolito.

El programa pide las coordenadas de la localidad (latitud y longitud). Observar que la latitud debe ser entrada con un signo negativo para el hemisferio sur. Sin embargo la longitud debe ser entrada sin signo para el hemisferio occidental. Ejemplo: Latitud = -12.00 y longitud = 77.00 para Lima, Perú. También debe especificarse la fecha y hora GMT del día. Por ejemplo, para Bolivia las 22:00 GMT equivalen a las 18:00

hora local (4 horas de diferencia).

La figura 23 muestra un ejemplo de la salida de este programa. En este caso se ha hallado la posición de los astros para la ciudad de Uyuni en Bolivia, para el domingo 24 de noviembre de 2002 a las 16:00 hora local. Puede encontrarse el ángulo acimutal del sol en la tabla (como se indica en la figura), pero si se coloca el cursor sobre el sol que aparece en el mapa estelar, se podrá obtener el ángulo acimutal con mayor precisión.

Conociendo el ángulo acimutal del sol, puede apuntarse el teodolito hacia el sol y fijar el ángulo acimutal. Otra opción es apuntar al teodolito hacia la dirección en la que apunta la sombra, y fijar el ángulo como sigue:

$$\text{Angulo opuesto al acimutal} = \text{Angulo acimutal} - 180^\circ$$

Recordar que al terminar el alineamiento del teodolito la llave tipo hélice debe estar bien ajustada de modo de que el plato esté inmóvil.

#### 2.2.3.3 Alineamiento utilizando un punto de referencia con ángulo acimutal desconocido.

Este método no es recomendable ya que requiere muchos cálculos geométricos para encontrar el verdadero ángulo acimutal. Debe utilizarse solamente en casos extremos, cuando no haya manera de encontrar la localización exacta de los puntos cardinales.

Ya que no hay forma de ubicar el norte verdadero y tampoco se conoce el verdadero ángulo acimutal de los puntos ubicados en el horizonte, debe apuntarse el teodolito hacia un punto de referencia que vaya a ser visible durante todas las observaciones y asignarle un ángulo acimutal arbitrario.

Cuando se hagan las observaciones se alinearán el teodolito utilizando este ángulo acimutal, y posteriormente será necesario corregir los resultados con el verdadero ángulo acimutal.

El verdadero ángulo acimutal puede encontrarse hallando la posición exacta del punto de referencia con respecto a la estación del teodolito. Pueden utilizarse varias técnicas como la una carta topográfica de alta resolución (en caso de puntos de referencia como montañas), posición exacta del punto por triangulación, etc. Para del ángulo acimutal verdadero deben tomarse en cuenta los efectos de la geometría de la tierra como la variabilidad de la distancia entre los meridianos con la latitud.

Es por ello que no se recomienda esta técnica, es la más tediosa de las tres recomendadas.

#### **2.2.4 Determinación del ángulo acimutal del punto de referencia.**

Luego de haber alineado el teodolito por primera vez, es posible encontrar el ángulo acimutal de un punto de referencia. Hacer esto es ahora una muy fácil ya que el teodolito se debe encontrar alineado. Ya que esta tarea fue difícil, no está de más medir los ángulos acimutales de más de un punto de referencia.

#### **2.3 Partes del teodolito que pueden manipularse luego de haberlo alineado.**

Luego de haber instalado, nivelado y alineado el teodolito, este se encuentra totalmente listo para tomar datos de ángulos. No está demás verificar que las burbujas estén en el centro de los niveles y que el plato se encuentre fijo (llave tipo hélice ajustada). Si todo está en orden, las partes del teodolito manipulables son:

- **Perilla de alta–baja magnificación:** Ella permite cambiar de alta a baja magnificación o viceversa. La baja magnificación suele utilizarse cuando el objeto el movimiento del globo es muy veloz aún y se requiere un campo visual relativamente amplio para no perderlo. Ver figura 26.

En general no puede manipularse todo lo que esté por encima del plato del teodolito. No debe tocarse nada de lo que esté por debajo del plato.

#### **2.4 Cómo seguir el globo con el teodolito.**

Hay tres formas de seguir al globo luego de tener el teodolito nivelado y bien orientado:

1. A través de la mira.
2. A través del lente de baja magnificación,
3. A través del lente de alta magnificación.

#### **2.4.1 A través de la mira.**

Estas lecturas se hacen durante los primeros segundos del lanzamiento por que la posición del globo cambia mucho. La mira no permite hacer un acercamiento al globo, sin embargo tiene un campo visual mucho más amplio. Estas lecturas se hacen mirando a través de la parte posterior del tubo del lente de alta magnificación, a través de la mira (ver figura 27). Mientras una persona mira, la otra puede ir tomando nota de las lecturas que aparecen en el vernier. Durante los instantes de lectura, deben leerse cuidadosamente los ángulos antes de girar el teodolito para evitar perder el globo. Por ello se necesita concentración, velocidad, precisión pero sobre todo calma por parte del observador. Algunas veces sucede que por desesperación el observador hace la lectura incorrectamente.

#### **2.4.2 A través del lente de baja magnificación.**

Estas lecturas se hacen cuando la posición del globo cambia menos dentro del campo visual. Si se observa por la mira y el globo no cambia mucho de posición, pueden iniciarse este tipo de lecturas siguiendo los siguientes pasos:

- Ajustar el tornillo de elevación y el tornillo del acimut. Esto permitirá tener un movimiento más controlado del teodolito ya que ahora estamos observando el globo con acercamiento (ver figura 25).
- Empezar a hacer las observaciones a través del objetivo. Si no se encuentra el globo dentro del campo visual pueden hacerse dos cosas: Verificar que la perilla de baja–alta magnificación se encuentre posicionada en baja magnificación (ver figura 28). Si no es el caso, puede observar el globo por la mira y manipular el tornillo de elevación y el del acimut hasta ver el globo cerca al centro de su campo visual. En el caso de que no se pueda capturar el globo utilizando el lente de baja magnificación, se recomienda aflojar nuevamente el tornillo de elevación y el del acimut para poder

mover con mayor velocidad el teodolito y encontrar el globo utilizando la mira.

#### **2.4.3 A través del lente de alta magnificación.**

Luego de algunos minutos del lanzamiento (alrededor de cinco minutos), empieza a ser difícil observar el globo a través del lente de baja magnificación, por ello es necesario utilizar el lente de alta magnificación. Este permitirá observar el globo aún más de cerca, aunque también reducirá el campo visual. Por ello es importante tener al globo bien centrado en el campo de baja magnificación.

Para cambiar de baja a alta magnificación solamente es necesario girar la perilla de alta–baja magnificación. En caso de no encontrar el globo se puede regresar a la baja magnificación e ir jugando suavemente con el tornillo del acimut y el de elevación hasta encontrar el globo.

El globo suele seguirse hasta que se pierda. Mientras más datos se obtenga mejor. Más información sobre el lanzamiento puede encontrarse en el punto 3.2.2. de este manual.

#### **2.5 Cómo hacer las lecturas.**

Leer el teodolito significa leer el ángulo acimutal y el ángulo vertical. Cuando se sigue un globo en ascenso, debe tenerse en cuenta antes de hacer una lectura que el globo esté bien localizado con el teodolito en el momento de la lectura y no mover el teodolito durante la ella. Mantener el teodolito quieto mucho tiempo durante la medida de ángulos puede ocasionar la pérdida del globo, por lo que se recomienda cierta rapidez en hacer las lecturas. Es importante no perder la calma y que tanto el observador como la persona encargada de apuntar los datos se preoculen de seguir el globo. En el caso de que el globo desaparezca del campo visual del observador, se puede recurrir a campos visuales más amplios como el de la mira para encontrar el globo.

Con respecto a la lectura de ángulos, estos se leen simultáneamente cuando lo indica el cronómetro. En el caso de un globo en ascenso, las lecturas deben hacerse con intervalos de 30 segundos durante los primeros ocho minutos y posteriormente con intervalos de 1 minuto. Esto se hace ya que durante los primeros minutos del lanzamiento la posición del globo cambia mucho y se requiere una mayor cantidad de datos para encontrar

una buena representación de la realidad, mientras que cuando el globo se encuentra en altura los cambios su posición con respecto al teodolito varía muy poco. El ángulo acimutal puede leerse en el vernier colocado en posición horizontal. El ángulo vertical puede leerse en el vernier colocado en posición vertical.

El resultado al terminar la medición será una hoja de datos que contenga:

- Tipo del globo (peso y color). Esto sirve para obtener la velocidad de ascenso estimada.
- Nombre de la estación.
- Fecha del lanzamiento.
- Número de lanzamiento.
- Hora del lanzamiento. Indicar si es hora UTC u hora local (se recomienda colocar la hora UTC).
- Tabla que contenga el tiempo (en minutos), el ángulo de elevación y el ángulo azimut.

Para complementar la lectura se recomienda agregar:

- Viento y nubosidad a la hora del lanzamiento. Mejor aún si se especifican estas condiciones al final del lanzamiento.
- Razón de perder el globo.
- Nombre de los observadores.

### 2.5.1 Cómo leer el vernier?

Tanto el vernier vertical como el horizontal tienen las mismas características. La lectura del ángulo incluyendo un decimal puede hacerse en el mismo vernier, leyendo el dato que coincide con la flecha. El segundo decimal puede leerse en el tornillo respectivo (tornillo del acimut para el ángulo acimutal, le corresponde al vernier horizontal; tornillo de elevación para el ángulo vertical, le corresponde al vernier vertical). A continuación unos ejemplos de cómo leer los vernieres ilustrados en las figuras 30 y 31.

#### El Sistema Axial:

Es un conjunto de ejes imaginarios los cuales tienen que cumplir ciertas condiciones entre si para poder realizar una buena medición de este sistema compuesto por tres ejes; el eje vertical, el eje horizontal y el eje de colimación.

## **ERRORES SISTEMATICOS O ACUMULATIVOS**

Son los que para condiciones de trabajo fijas en el campo son constantes y por lo tanto son acumulativos, tales como las mediciones de ángulos con teodolitos mal graduados, cuando hay arrastre de graduaciones, en las mediciones de distancias y de niveles con cintas mal graduadas, cintas inclinadas, errores en la alineación, errores por temperaturas, tensiones en las mediciones con cinta, etc. Los errores sistemáticos se pueden corregir si se conoce la causa y la manera de cuantificarlo mediante la aplicación de leyes físicas.

Eje Vertical: se materializa en el teodolito cuando el nivel azimutal (circulo vertical) se encuentra colocado y coincide con la vertical del punto estacionario, V–V.

Eje Horizontal: se materializa en el centro eclímetro o circulo vertical, H–H.

Eje de Colimación: es el que pasa por el centro del eclímetro, C–C. Condiciones V–V sea vertical. V–V perpendicular a H–H. Error de inclinación. H–H perpendicular a C–C error de colimación.

## **CONCEPTOS**

### **JALONES:**

Son de metal o de madera y tienen una punta de acero que se clavan en el terreno. Sirven para indicar la localización de puntos o la dirección de líneas.

### **FICHAS O AGUJAS:**

Son unas varillas de acero, terminadas en puntas de unos 30 cms de longitud, para ir señalando el extremo de la cinta métrica a medida que esta se va extendiendo sucesivamente sobre el terreno para determinar una distancia.

### **CINTA METRICA**

Las cintas métricas se hacen de distintos materiales, con longitud y pesos muy variables. Se usan para medir distancias.

### **MIRA O ANTEOJO:**

En el siglo XVI se difundió el uso del anteojos aunque el invento había sido anterior. Después Kepler en 1611 inventó el "anteojos astronómico", que es el usado en topografía. Este anteojos nos daba una imagen invertida. En los últimos años los avances de la óptica han permitido conseguir una imagen directa intercalando más lentes y sin que apenas se pierda claridad en la imagen.

Un anteojos astronómico consta de 2 lentes convergentes (en la actualidad 2 sistemas de lentes convergentes) montadas en un tubo, con separación variable: ocular y objetivo.

La primera imagen es real, invertida y más pequeña.  $M' N'$ .

La segunda es virtual invertida y ampliada. Para conseguir este efecto la lente ocular debe estar situada de forma que la primera imagen se forme entre la lente ocular y su foco (para que funcione como anteojos astronómico).  $M'' N''$

El resultado es que el objeto lejano lo vemos invertido y amplificado a la distancia de la visión distinta, unos 25 cm

Posteriormente se añadió el retículo –cristal con 2 hilos de la cruz filar y otros 2 hilos para la medida estadimétrica de distancias. Su imagen debe superponerse con la imagen del objeto.

#### **NIVEL:**

También llamado nivel de burbuja, instrumento que se usa en construcción y en carpintería para determinar un nivel o plano horizontal. El aparato consiste en un tubo de cristal horizontal y ligeramente curvado, lleno de alcohol o éter, con una sola burbuja de aire. El tubo está dentro de una base de madera con su cara convexa hacia arriba, y está marcada con una escala. Cuando el tubo se sitúa en una superficie nivelada, la burbuja de aire sube hacia la parte superior, indicando que existe equilibrio. Cualquier cambio en la inclinación del ángulo se muestra en la escala con el movimiento de la burbuja. En ingeniería y geodesia se utiliza un nivel denominado de ingeniero.

#### **BRUJULA:**

Instrumento que indica el rumbo, empleado por marinos, pilotos, cazadores, excursionistas y viajeros para orientarse. Hay dos tipos fundamentales de brújula: la brújula magnética, que en versiones primitivas se utilizaban ya en el siglo XIII, y el girocompás o brújula giroscópica, un dispositivo desarrollado a comienzos del siglo XX. En la brújula magnética el rumbo se determina a partir de una o varias agujas magnetizadas que señalan al polo norte magnético bajo la influencia del campo magnético terrestre. El girocompás, que no resulta afectado por el magnetismo terrestre, consiste en un giroscopio cuyo rotor gira alrededor de un eje confinado al plano horizontal de forma que dicho eje se alinea con la línea Norte–Sur paralela al eje de rotación terrestre, con lo que indica el norte verdadero.

#### **BRÚJULA MAGNÉTICA:**

En su forma más sencilla este tipo de brújula está formado por una aguja magnetizada montada en un pivote situado en el centro de un círculo graduado fijo (denominado rosa de los vientos) de modo que la aguja pueda oscilar libremente en el plano horizontal. El compás náutico, una brújula magnética utilizada en la navegación, tiene varios haces de agujas magnetizadas paralelas fijados a la parte inferior de la rosa que pivota sobre su centro en un recipiente de bronce cubierto de vidrio. El recipiente está montado en un balancín, por lo que la rosa mantiene una posición horizontal a pesar del balanceo y cabeceo del barco.

#### **TAQUIMETRIA:**

La taquimetría es el sistema de levantamiento que resulta de determinar la posición de los puntos, principalmente por radiación y en que las medidas elementales se hacen como sigue:

- a.– Los ángulos horizontales por un limbo horizontal.
- b.– Los ángulos verticales por un limbo vertical.
- c.– Las distancias horizontales y verticales, por medio de la estadía, con utilización de las medidas angulares.

El instrumento que más se acomoda a este trabajo es el taquímetro que no es sino un teodolito provisto de una estadía en el anteojos.

#### **PLANO DE MENSURA O AGRIMENSURA:**

En el antiguo Egipto, los desbordamientos periódicos del río Nilo producían constantes confusiones en la delimitación de las propiedades agrarias. Como consecuencia de ello hubieron de idearse procedimientos y aparatos de medición que permitieron precisar los esquemas necesarios para la reposición de las lindes y

constituyeron el origen de la moderna Agrimensura.

La agrimensura es la rama de la Topografía destinada a la delimitación de superficies, la medición de áreas y la rectificación de límites. A lo largo de la evolución de esta disciplina los agrimensores se han servido de diversos instrumentos específicos de su actividad. Entre ellos destaca durante siglos la escuadra de agrimensor, integrada por dos varillas perpendiculares de cuyos extremos pendían filamentos empleados y que presentaba un orificio en el pie para diferenciar las líneas visuales. El mecanismo permitía establecer las dimensiones de diferentes ángulos en varias dimensiones. En la práctica de la agrimensura se introdujeron sucesivamente nuevos recursos tecnológicos como la cadena de agrimensor, ligadura metálica de eslabones largos destinada a la medición de superfiestas irregulares; la alidada, regla aplicada al establecimiento de la dirección de visuales; a los diferentes tipos de brújulas.

En la moderna agrimensura presenta especial importancia la aplicación matemática de los procedimientos de triangulación, que agrupan en conjunto de operaciones cuya finalidad es la determinación de puntos en una superficie en función de los triángulos de los que son vértices.

En la medición de agrimensura resulta, así mismo, básico el conjunto de teorías y técnicas fotogramétricas, cuyo campo de aplicación cumple la determinación de las dimensiones reales de una superpie a partir de las perspectivas ofrecidas por fotografías generalmente aéreas.

#### **AZIMUT:**

También escrito acimut, es el ángulo que forma la vertical del pto con la meridiana geográfica .Tienen como origen la meridiana geográfica,

Oscilan entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$ , y pueden ser:

"topo -gráficos (  $\delta$  ) " o "geodésicos (  $\delta$  ) ".  $\delta$  y  $\delta$  difieren  $180^\circ$

#### **NIVELACION:**

El teodolito se nivela por aproximación mediante los tornillos nivelantes; se aflojan a continuación dos de estos tornillos consecutivos (en los de cuatro) o el tornillo de unión (en los de tres) y se corre el teodolito a uno u otro lado hasta que la plomada quede exactamente sobre el clavo.

#### **TRIANGULACION:**

este consiste en tomar una base lo mas derecha posible (Ej.: borde de aceras, cunetas, etc.) esta se divide en partes iguales indicando puntos sobre esta y sobre la cual se construirán triángulos imaginarios hacia los puntos, se elige un punto a ubicar entonces con la huincha me ubico en el punto a medir y mido desde un punto de la base y luego desde otro punto de la base de modo que puedo ubicar un punto tomando la medida desde 2 puntos de la base formando el triángulo imaginario.(figura 3) . En el plano se realiza la transformación de escalas para poder llevar las medidas tomadas en terreno a nuestra representación gráfica y para ubicar los puntos se utiliza el compás que representa las medidas tomadas por la huincha

#### **REPLANTEO:**

#### **REPLANTEO DE UN ÁNGULO POR REPETICIÓN:**

Cuando se quiere replantar o tomar en campo un ángulo dado con más precisión que por una sola medida, es posible hacer uso del método anterior de la manera siguiente: sea OA, en la figura 4 una alineación dada, y sea AOB el ángulo que hay que tomar para determinar la alineación OB. Se estaciona el teodolito en O, se pone el

nonio en  $0^\circ$  y se mira hacia el punto A. Se dispone el nonio la más exactamente posible en la lectura correspondiente al ángulo dado y se toma un punto B, que esté en la línea de mira en la nueva posición del anteojos; se mide el ángulo  $AOB'$  por repetición y se mide también la distancia  $OB'$ . Se corrige el ángulo  $AOB$  en la cantidad angular  $BOB$ , para tener el verdadero ángulo  $AOB$ . Pero esta corrección es muy pequeña para poderla aplicar con exactitud por una observación angular, por lo cual es mejor calcular la distancia  $BB' = OB' \cdot \operatorname{tg} B'OB$  (o  $BB' = OB' \operatorname{sen} B'OB$ ), tomándose así el punto B en vez del  $B'$ .

Conviene recordar que la tangente o el seno de  $1'$  es con mucha aproximación igual a 0,0003. Como comprobación del replanteo, se mide por repetición el ángulo  $AOB$ .

*Ejemplo:* Supongamos que hay que replantear un ángulo de  $30^\circ 00'$  medido con precisión de  $5''$  y que el teodolito empleado aprecia el minuto. El valor total de  $AOB'$ , después de seis repeticiones, ha sido de  $180^\circ 02'$ , con precisión de  $30''$ . El valor observado de  $AOB'$  será, pues de  $180^\circ 02' : 6 - 30^\circ 00'20''$ , aproximación de  $5''$  y la corrección que hay que aplicar a  $AOB'$  será  $20''$ . Si suponemos que la longitud de  $OB'$  es de 120 m, la distancia  $BB'$  será igual a  $120 \times \operatorname{tg} 20'' = 120 \times 0,0001 = 12$  mm.

#### OBSERVACION SOLAR:

Las medidas del sol no se pueden tomar con tanta precisión como la de las estrellas. Sin embargo, el sol se puede observar a horas cómodas y con suficiente precisión para la mayor parte de los trabajos topográficos, para determinar la latitud y el azimut.