

## TEMA 2: DEFINICIONES BÁSICAS

### INTRODUCCIÓN

En este apartado se introducirán conceptos y definiciones básicas de topografía altimétrica, se mencionarán brevemente los distintos métodos de nivelación, así como los instrumentos asociados, para luego estudiar en detalle cada uno de ellos.

### DESNIVEL

El desnivel entre dos puntos, es la distancia vertical entre las superficies equipotenciales que pasan por dichos puntos. El desnivel también puede definirse como la diferencia de elevación o cota entre ambos puntos:  $\Delta_h = Q_B - Q_A$

### COTA

Se denomina cota del punto a la distancia medida sobre la normal, entre éste y una superficie de referencia. Dependiendo de la superficie de referencia, se denominará la cota. Las cotas pueden referirse a superficies o planos de referencias arbitrarios (el cero de una obra) o superficies convenidas o decretadas (cero oficiales, geoide, etc)

### PLANO DE REFERENCIA

En topografía clásica, las superficies de referencia pueden llegar a considerarse como planas, es por ello que serán análogas a la definición de una superficie de referencia, con la salvedad de que el ámbito de definición se encuentra acotado a los límites topográficos; en geodesia lo correcto es hablar de superficies de referencia.

### PLANILLA DE NIVELACIÓN

Los datos tomados en el campo se anotan en un registro o libreta de nivelación para tener constancia de ellos y luego efectuar los cálculos y comprobaciones pertinentes. La planilla de nivelación debe contar como mínimo con los siguientes datos: Punto, lectura atrás, lectura intermedia, lectura adelante, cotas y observaciones. Un ejemplo de planilla de nivelación es el de la figura.



## TIPOS DE NIVELACIÓN E INSTRUMENTOS

### Nivelación Barométrica

La nivelación barométrica se utilizó en el pasado para los trabajos en donde se requería abarcar grandes extensiones, o en zonas montañosas donde las diferencias de elevación eran importantes.

Se basa en el fenómeno físico de la presión atmosférica, la cual disminuye al aumentar la altura respecto al nivel del mar.

Como aplicación a la topografía, se puede calcular el desnivel entre 2 puntos, midiendo la presión atmosférica en cada uno de ellos. Si la densidad del aire que rodea la tierra fuese constante, el decrecimiento de la presión atmosférica respecto a la altitud obedecería una ecuación lineal.

Experimentalmente se demuestra que cuando la temperatura es de 0° centígrados:

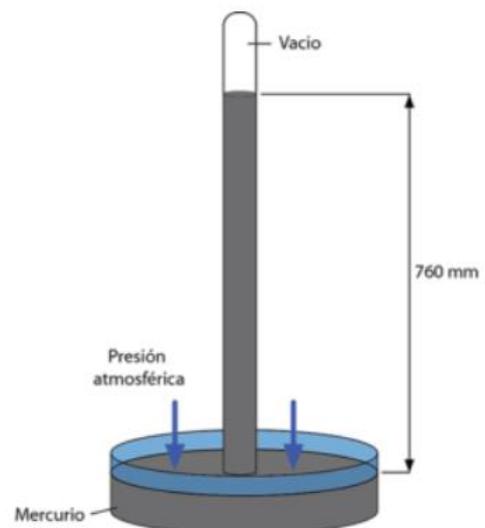
$$\Delta h = 10,5\Delta P \text{ (Ecuación lineal patrón)}$$

- $\Delta h$  = diferencia de altitud (m)
- $\Delta P$  = diferencia de presión atmosférica (mmhg)

Sin embargo, existen distintos parámetros que afectan la ecuación lineal patrón como, por ejemplo, La humedad (provoca un aumento de la densidad de aire) y La temperatura (dilata el aire y disminuye su densidad).

### Barómetro de mercurio:

Inventado por Torricelli en 1643, está formado por un tubo de vidrio, cerrado por el extremo superior y abierto por el inferior. El tubo se llena de mercurio, se invierte y se coloca el extremo abierto en un recipiente lleno del mismo líquido. Si se destapa, se verá que el mercurio del tubo desciende unos centímetros, dejando en la parte superior un espacio vacío (cámara barométrica o vacío de Torricelli).



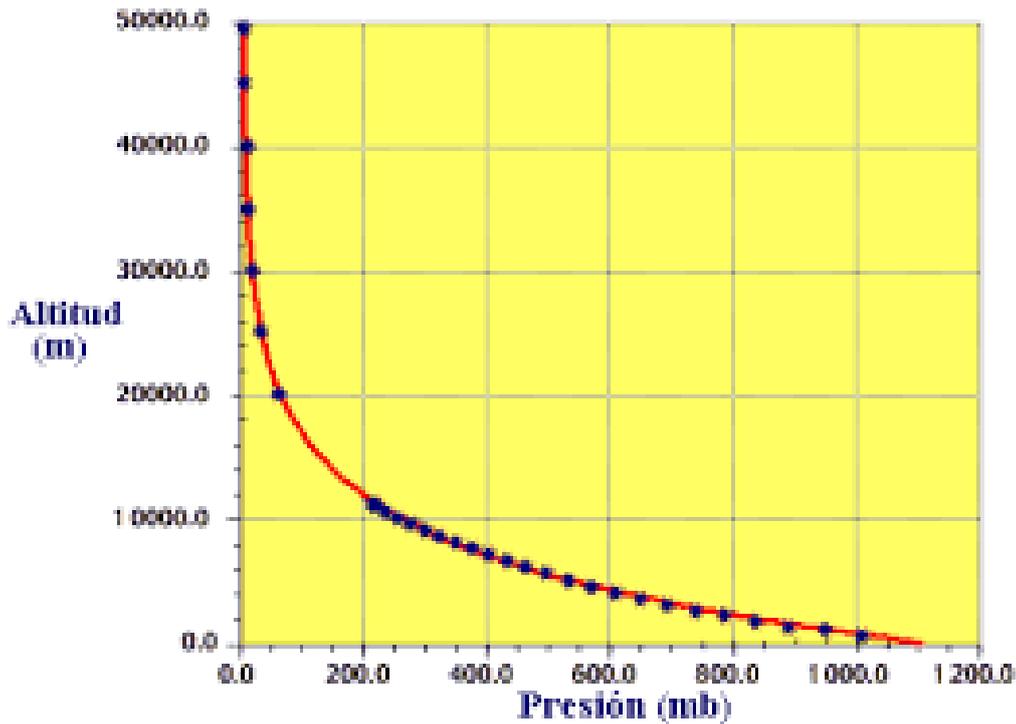
### Barómetro Aneroide:

Mide la deformación experimentada por una capsula parcialmente al vacío al ser sometida a presión atmosférica.

Esta deformación por medio de métodos mecánicos se transforma en el movimiento de la aguja, la cual marca en un tablero graduado la presión existente a la altura correspondiente



Aproximadamente, la presión atmosférica disminuye un milímetro cada 11 metros.



#### FORMULA DE BABINET:

$$Z = 16000 \times \left( \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2} \right) \times \left( 1 + 0.004 \left( \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \right)$$

Donde:

- Z = Diferencia de nivel entre los 2 puntos
- B1 y B2 = Lecturas barométricas en p1 y p2 (mm(Hg))
- t1 y t2 = Temperatura en p1 y p2 (C°)

#### FORMULA DE LAPLACE:

$$Z = 18400 \times \left( \frac{\log B_1}{\log B_2} \right) \times \left( 1 + 0.004 \left( \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \right)$$

Donde:

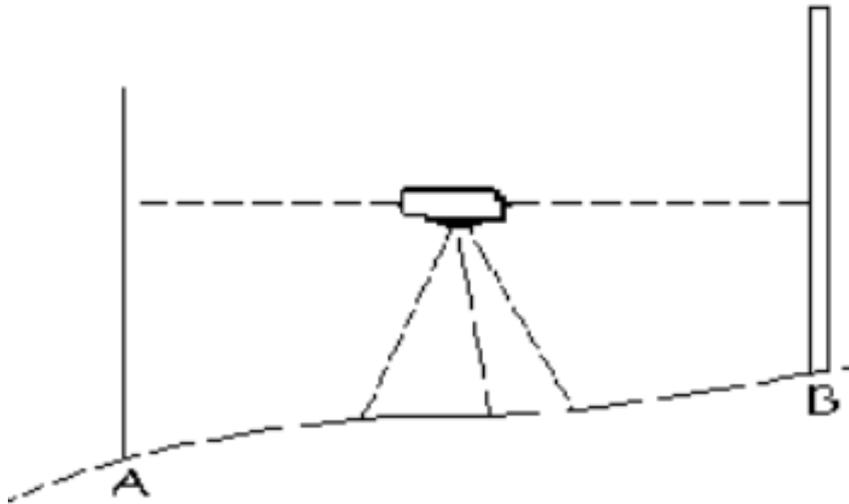
- Z = Diferencia de nivel entre los 2 puntos
- B1 y B2 = Lecturas barométricas en p1 y p2 (mm(Hg))
- t1 y t2 = Temperatura en p1 y p2 (C°)

## Nivelación Geométrica

Consiste dicho método en determinar las diferencias de alturas entre dos o más puntos mediante visuales horizontales generadas por instrumentos llamados **equialtímetros**, o simplemente niveles, dirigidas a **miras** (reglas) verticales colocadas sobre dichos puntos. Este método recibe el nombre de **nivelación geométrica o por alturas**.

### Nivelación geométrica simple:

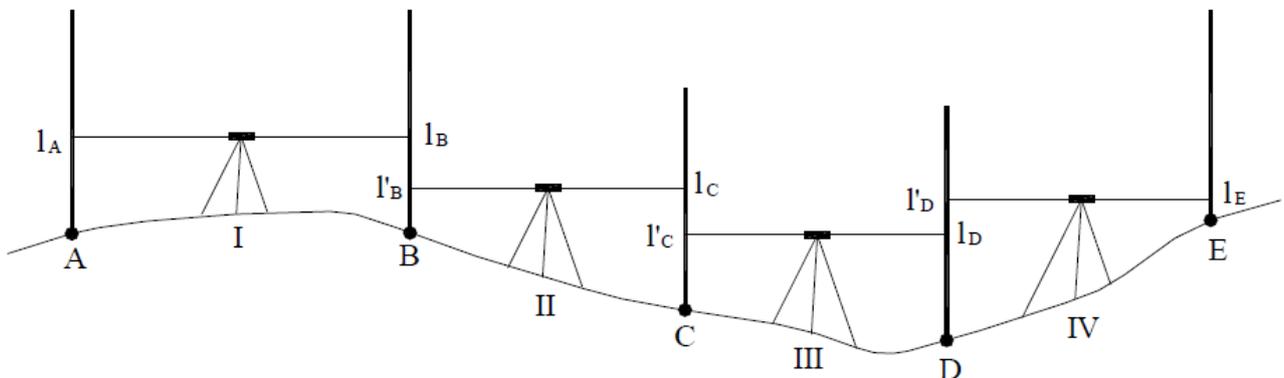
Cuando el área en estudio está comprendida dentro del alcance del instrumento y basta sólo una puesta en estación del mismo.



El desnivel será:  $\Delta H = l_A - l_B$

### Nivelación geométrica compuesta:

Cuando la distancia entre los puntos cuyo desnivel se quiere hallar, o no son visibles entre sí, o bien su diferencia de nivel es mayor que la que puede salvarse con una sola estación, es necesario recurrir al método de **nivelación geométrica compuesta** o **itinerario altimétrico**, tomando una serie de puntos intermedios llamados **puntos de cambio**.



El desnivel será:  $\Delta H_{AE} = l_A - l_B + l'_B - l_C + l'_C - l_D + l'_D - l_E$

## Nivel de anteojo o equialtímetro

Un nivel de anteojo, nivel óptico o equialtímetro es un instrumento topográfico que permite determinar el desnivel entre dos puntos mediante visuales horizontales dirigidas a miras verticales. En su forma más elemental, está constituido por un nivel tubular adosado a un anteojo astronómico, de forma tal que el eje de colimación de éste, sea paralelo al eje del nivel tubular. Este instrumento va montado sobre un trípode mediante un tornillo ad-hoc y gira alrededor de un eje de rotación.



### Tipo de niveles

Los niveles de anteojo o equialtímetros se pueden clasificar en niveles de plano, niveles de línea, niveles automáticos y niveles digitales (también automáticos).

Si bien todos tienen por cometido definir visuales horizontales, el procedimiento varía en cada uno de ellos, de acuerdo a sus características particulares.

Podemos decir que constan esquemáticamente de 3 ejes (salvo los automáticos que poseen 2):

- **eje de giro del instrumento**
- **eje de colimación**
- **eje del nivel tórico (no los automáticos)**

Poseen, al igual que las estaciones totales un anteojo astronómico con un retículo mediante el cual se realizan las visadas.

En los equialtímetros de plano y de línea, el nivel tórico es solidario al anteojo.

Algunos, poseen además un círculo graduado horizontal.

#### 1) Niveles de plano

##### Niveles de plano (tipo "wye")

En estos instrumentos el anteojo conjuntamente con el nivel tórico van montados sobre soportes en forma de Y (de donde proviene su nombre, y en inglés "wye"), y sujetos mediante abrazaderas. Esto permite que pueda desmontarse el anteojo, girarlo 180° y volver a apoyarlo en los soportes. Actualmente han caído en desuso.

### Niveles de plano (tipo “dumpy”)

En este tipo de instrumento, el anteojo está rígidamente unido al “cuerpo” del equialtímetro, así como el nivel tórico.

La horizontalidad de la visual se logra centrando la burbuja del nivel tórico mediante los tornillos calantes, procedimiento similar al de estacionamiento de la estación total.

Para que el instrumento esté en regla, debe cumplir la condición de que el eje del nivel tórico debe ser paralelo al eje de colimación, y ser a su vez ambos normales al eje principal o eje de giro del instrumento.

Una vez centrada la burbuja del nivel tórico, al girar el instrumento, el eje de colimación describirá un plano horizontal, de ahí su denominación.

### 2) Niveles de línea

Estos instrumentos poseen, además de los tornillos calantes, otro que permite bascular verticalmente el anteojo (solidario al nivel tórico). Los tornillos calantes se emplean para una primera aproximación, efectuándose posteriormente, en cada visual, el centrado de la burbuja, y por tanto su horizontalidad, por medio del tornillo basculante.

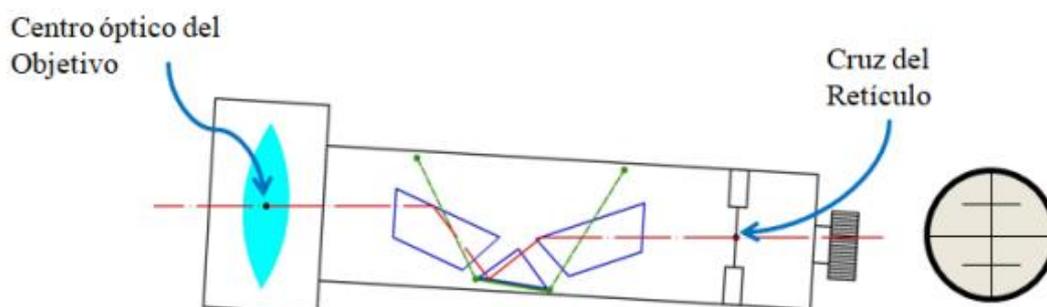
Estos, permiten obtener, en definitiva, visuales (líneas) horizontales, lo que define también su categorización

### 3) Niveles automáticos

Estos instrumentos poseen la característica de ser “autonivelantes”, sólo es necesario centrar un nivel esférico mediante los tornillos calantes. Un sistema de prismas compensadores ubicados entre el lente objetivo y el retículo, que actúan por gravedad, nivelan automáticamente las visuales. Están basados en el mismo principio de los juguetes “tentempié”

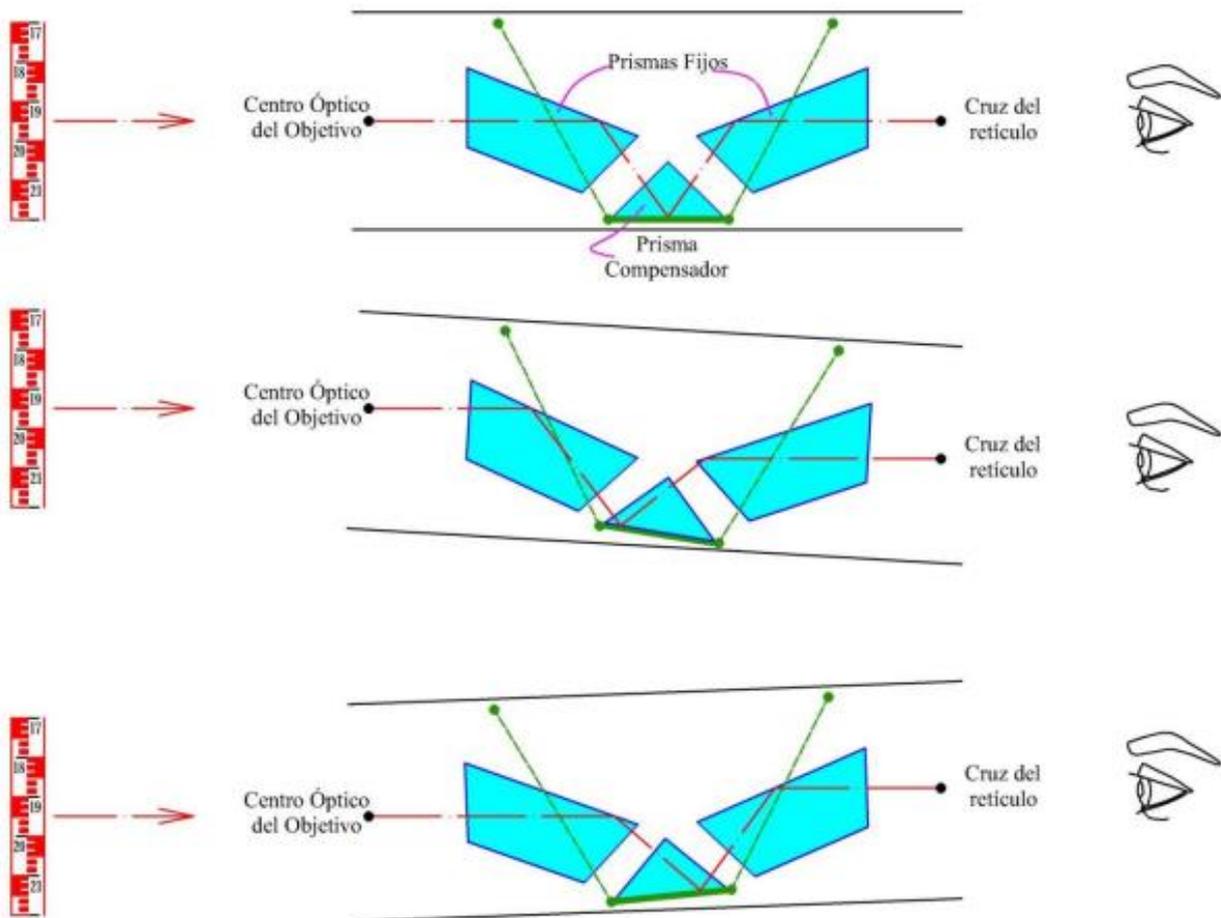
En un nivel Automático, mediante un sistema compensador se fuerza a la visual horizontal que atraviesa el centro óptico del objetivo a pasar por el centro del retículo. Esto se consigue mediante un compensador automático que se compone por espejos y prismas capaces de disponerse de acuerdo a la dirección de la gravedad. Un compensador automáticamente refleja y refracta al haz de luz horizontal que ha atravesado el centro óptico del objetivo, dirigiéndolo al punto de intersección de los hilos vertical y horizontal del retículo. Los compensadores de los niveles automáticos tienen un rango de trabajo de unos pocos minutos, (ej.: 2') por lo tanto previamente debe ser centrada la burbuja del nivel esférico.

La siguiente imagen es un esquema de un nivel Automático. Estando calado el nivel esférico, el anteojo no está perfectamente horizontalizado. El compensador automático provoca que la visual que atraviesa la cruz del retículo sea horizontal.



A continuación, se muestra un esquema del sistema compensador de un nivel Automático en tres posiciones diferentes.

Calado el nivel esférico, el sistema compensador estará dentro de su rango de trabajo. Entonces, la visual horizontal que pasa por el centro óptico del objetivo, por acción del compensador, atravesará siempre la cruz filar del retículo. *Imagen: Wolf y Ghilani – Topografía – 11 edición, 2008 - página 90.*



#### 4) Niveles automáticos digitales

Estos instrumentos poseen un dispositivo electrónico que permite la lectura a miras provistas de un código de barra. Una vez enfocada la mira, se presiona un botón y la medida (lectura de hilo medio y distancia) aparece directamente en la pantalla del instrumento. Algunos, disponen además de una memoria interna para almacenar los datos medidos y no tener que anotarlos en una libreta a mano. Son muy útiles en aquellos trabajos donde un gran número de puntos deben ser levantados, ahorrando importante parte del tiempo. La visual horizontal se consigue del mismo modo que en los niveles automáticos, la principal diferencia radica en el sistema de lectura digital. Se debe tener precaución en que las miras con código de barras no son coincidentes de acuerdo a las distintas marcas, y existen distintas precisiones y costos de este tipo de instrumentos en el mercado.

#### 5) Niveles láser

Existen en el mercado distintos modelos comerciales y distintas formas, pero en función de la emisión se pueden clasificar en: Niveles de plano o rotativos, Niveles de línea, Adaptador-ocular láser.

### Niveles de plano o rotativos

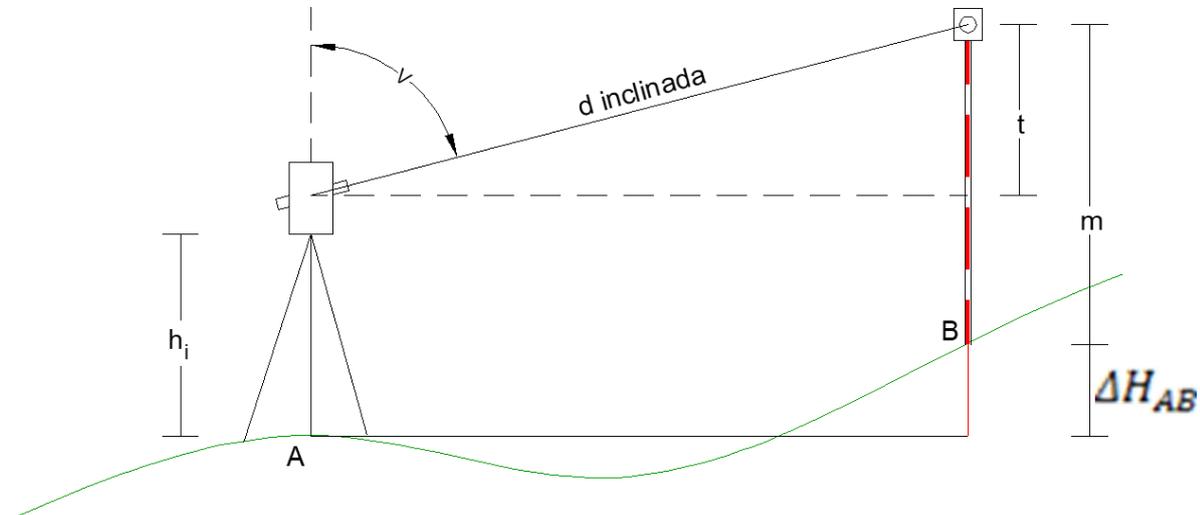
Se genera un haz, que por medio de un sistema rotativo crea un plano con el haz. La estructura general está formada por la unidad principal y el detector. La unidad principal está formada por una carcasa emisora con un sistema de niveles esféricos o tubulares, y un mecanismo de compensación automática para emitir en un plano horizontal. La cabeza del instrumento lleva un motor eléctrico con un prisma pentagonal giratorio del rayo láser, generalmente con velocidad regulable. Algunos equipos llevan un adaptador vertical formando  $90^\circ$  con la horizontal, y otros equipos llevan un adaptador de inclinación en cualquier plano de referencia.

El nivel-láser genera un plano de referencia emitiendo el rayo con un prisma pentagonal rotativo y usando un detector, se toman las medidas sobre una mira, operando una sola persona. Pueden generar planos horizontales y verticales.

El detector es un sensor de recepción que por medio de sistemas fotoeléctricos determina el eje del haz de luz recibido, que se visualiza en el panel del diodo de cristal líquido para su lectura, generalmente acompañado de señales acústicas. Es el elemento que toma la lectura en la mira, pudiendo además marcar señales en los muros, alinear, etc.

### Nivelación Trigonométrica

El método consiste en hallar la diferencia de altura entre dos puntos, A y B, mediante la resolución trigonométrica de un triángulo rectángulo vertical, formado por la línea horizontal que pasa por el centro analítico del instrumento, estacionado sobre uno de los puntos, la vertical que pasa por el otro punto y la visual dada por el eje de colimación del referido instrumento.



$$\Delta H_{AB} = h_i + t - h_m = h_i + d \times \cos(V) - h_m$$

Siendo:

- $h_i$ = Altura del instrumento
- $d$ = Distancia inclinada
- $V$ = Angulo Vertical
- $h_m$ = Altura de mira

## Nivelación por Sistemas de Posicionamiento Global

Los receptores GNSS calculan coordenadas XYZ. Estas coordenadas son convertidas a latitud, longitud y altura elipsoidal. Mediante la incorporación de MODELOS GEOIDALES se puede obtener alturas ortométricas (referidas al geoide) De acuerdo a la fórmula  $h=H+N$

## BIBLIOGRAFÍA

- Chueca Pazos, Manuel; Herráez Boquera José y Berné Valero José Luis: tratado de topografía 1- redes topográficas y locales. microgeodesia. editorial parainfo s.a. o dossat sa. Madrid.
- Chueca Pazos, Manuel; Herráez Boquera José y Berné Valero José Luis: tratado de topografía 2- métodos topográficos. editorial parainfo s.a. o dossat sa. Madrid.
- M. Chueca Pazos. J.Herráez Boquera. J.Berné Valero. Tratado de Topografía 1. Teoría de Errores e Instrumentación
- Jordan, W.: tratado general de topografía (ed. gilli). Dominguez Garcia Tejero, Francisco. topografía general y aplicada. (ed. dossat. Buenos Aires. 1984)